

# 國立交通大學

## 理學院應用科技學程

### 碩 士 論 文

利用克拉德尼圖樣研究不同材質平板的聲學色散  
關係：鋁、黃銅、無氧銅、不鏽鋼、玻璃、木材、  
壓克力

Exploring acoustic dispersion relations of various thin plate with  
Chladni figures: Aluminum、Brass、Copper、Stainless steel、  
Glass、Wood and PMMA

研 究 生：蕭凱威

指導教授：陳永富 教授

中 華 民 國 一 百 零 二 年 十 二 月

利用克拉德尼圖樣研究不同材質平板的聲學色散關係：鋁、黃銅、  
無氧銅、不鏽鋼、玻璃、木材、壓克力

Exploring acoustic dispersion relations of various thin plate with Chladni  
figures: Aluminum、Brass、Copper、Stainless steel、Glass、Wood and  
PMMA

研 究 生：蕭凱威

Student：Kai-Wei Siao

指導教授：陳永富

Advisor：Yung-Fu Chen

國 立 交 通 大 學  
理學院應用科技學程  
碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Applied Science and Technology

College of Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Degree Program of Applied Science and Technology

December 2013

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零二年十二月

利用克拉德尼圖樣研究不同材質平板的聲學色散關係：

鋁、黃銅、無氧銅、不鏽鋼、玻璃、木材、壓克力

學生：蕭凱威

指導教授：陳永富教授

國立交通大學理學院應用科技學程碩士班

## 摘要

本論文期望提出一套方法以簡潔的理論快速且精準分析平板振盪實驗的結果以重建材質的共振模態與色散關係。過去，共振模態的建立需仰賴數值疊代方法逼近實驗量測之共振頻率數據。欲決定該材質的色散關係更需優先量測出關鍵的彈性係數。然而，數值疊代方式往往耗時且計算量龐大，彈性係數的決定也須透過大量實驗數據統計才能得出相對精準的結果。這也使得傳統方式難以至針對個別狀況進行快速分析。在本文方法中，我們透過解析的理論模型計算出各共振頻率下克拉德尼平板振盪實驗的節線圖案。藉由與實驗結果一對一的完美對應以確認共振模態的重建。我們進一步聯結重建共振波數與實驗共振頻率的關係建構出鋁、黃銅、純銅、不鏽鋼、玻璃、木板和壓克力等常見材質的聲學色散關係。

# **Exploring acoustic dispersion relations of various thin plate**

**with Chladni figures: Aluminum 、 Brass 、 Copper 、**

**Stainless steel 、 Glass 、 Wood and PMMA**

Student : Kai-Wei Siao

Advisor : Dr. Yung-Fu Chen

**Degree Program of Applied Science and Technology**

**National Chiao Tung University**

## **Abstract**

This thesis propose a method to rapidly and accurately reconstruct the resonant modes and dispersion relationships of thin plates in different materials. In the past, the reconstructions of resonant modes are usually fulfilled by utilizing some approximative method based on numerical iteration to match the experimental resonant frequency spectrum. Besides, the measurements of key elastic coefficients of material, e.g. the Young's modulus and Poisson ratio, are necessary for the determination of acoustic dispersion relationship. However, not only the numerically iterative process requires tedious calculations which takes lots of time, but the precision of elastic coefficients depend on a large amount of statistics on experimental data. As a consequence, rapid analysis of resonant modes and dispersion relationship are hard to achieve case-by-case by the traditional method. In this work, we analytically develop a theoretical model to calculate the Chladni figures of thin plates. We show the experimental resonant modes can be perfectly reconstructed once the theoretical nodal patterns reveal one-to-one correspondence to the experimental observations. We further demonstrate the dispersion relationships of thin plates in different materials such as aluminum, brass, copper, stainless steel, glass, wood and PMMA can be easily determined by linking the resonant frequencies to the reconstructed wavenumbers.



## 誌謝

自兩年前踏入交大校園，奏起碩士的這段樂章。時間飛逝，如今論文完成，這段樂章也即將畫下落幕，在此同時也響起下一段樂章的前奏。這段時間裡，拓廣了視野，多層面的思考，人與人的相處，和自己該有的態度和堅持。由衷的感謝陳永富老師在學習、實驗上的指導、鼓勵，分享人生和生活上的所見所聞和想法。讓身為學生的我在這段學習過程有如此多的收穫。於此，再次致上最誠摯的感謝。

再者感謝父母在精神上給予我最大支持。在工作及學業要兼顧的過程中，耗費最大的是的是精神和意志力。感謝他們在精神上給我如同堡壘般的後盾，讓我安心的完成了學業。

感謝段必在實驗、論文上的幫助，指導我實驗的進行及方向，論文的架構及編排等各方面的協助，完成此篇論文。謝謝實驗室的各位學長姐和學弟妹們在我研究的過程中提供我意見、參與討論、解決我各種問題。

要感謝的人很多。很慶幸我能有這麼好的人生際遇。遇到你們，讓我在學習過程中倍感溫暖、充滿動力，順利完成學業。在完成這段人生樂章後再次讓我深深覺得，有你們真好，並再次謝謝你們。

# 目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
圖表目錄	.....	vi
一、	緒論.....	1
1.1	研究動機.....	1
1.2	論文架構.....	5
二、	實驗儀器及方法.....	6
2.1	平板振盪的歷史發展.....	6
2.2	共振頻譜的量測方法.....	11
2.3	共振節線圖樣的量測方法.....	14
三、	共振模態的理論基礎.....	16
3.1	單體振盪.....	18
3.2	單體共振.....	19
3.3	連續體振盪-繩波.....	23
3.4	二維連續體共振的理論模型.....	28
四、	平板共振模態的理論重建.....	32
4.1	共振模態的重建方法.....	32
4.2	平板色散關係的建立.....	34
五、	不同材質平板共振模態及色散關係的建立.....	38
5.1	常見材質特性.....	38
5.2	不同材質共振頻譜的量測.....	44
5.3	不同材質共振節線圖樣的紀錄.....	47
5.4	不同材質的共振模態及色散關係.....	50
5.5	反相疊加節線圖樣的理論修正.....	55
六、	結論與未來展望.....	63
6.1	結論.....	63
6.2	未來展望.....	64
參考文獻		65
附錄一	儀器本身的頻率與電流變化.....	69
附錄二	鋁平板的頻率與電流變化.....	79
附錄三	青銅的實驗共振圖樣.....	89

附錄四	黃銅的實驗共振圖樣.....	91
附錄五	無氧銅的實驗共振圖樣.....	93
附錄六	不鏽鋼的實驗共振圖樣.....	95
附錄七	玻璃的實驗共振圖樣.....	97
附錄八	壓克力的實驗共振圖樣.....	97
附錄九	木板的實驗共振圖樣.....	97
附錄十	青銅的圖樣比對.....	98
附錄十一	黃銅的圖樣比對.....	99
附錄十二	無氧銅的圖樣比對.....	100
附錄十三	不鏽鋼的圖樣比對.....	101
附錄十四	玻璃的圖樣比對.....	102
附錄十五	壓克力的圖樣比對.....	103
附錄十六	木板的圖樣比對.....	103
附錄十七	青銅反相節線圖樣比對.....	104
附錄十八	黃銅反相節線圖樣比對.....	105
附錄十九	無氧銅反相節線圖樣比對.....	106
附錄二十	不鏽鋼反相節線圖樣比對.....	107



## 圖表目錄

圖 1.1	崩毀前側拍	2
圖 1.2	扭曲的橋面	2
圖 1.3	崩毀中的橋	2
圖 1.4	崩毀後的橋	2
圖 2.1	克拉德尼(Ernst Chladni)	7
圖 2.2	克拉德尼產生平板振盪節線圖樣的方法	8
圖 2.3	不同振盪頻率下的方形平版節線圖樣	8
圖 2.4	Cymatics – 可視覺化的聲音藝術	9
圖 2.5	瑪麗·沃菴(Mary Desiree Waller)	10
圖 2.6	實驗裝置圖	11
圖 2.7	系統的頻率響應	13
圖 2.8	鋁板的頻率響應	13
圖 2.9	鋁板的共振節線圖樣	14
圖 2.9	(續)鋁板的共振節線圖樣	15
圖 3.1	彈簧諧振子	16
圖 3.2	簡諧振盪	17
圖 3.3	諧振子時間與位置關係圖	19
圖 3.4	共振時振幅隨時間增長關係	21
圖 3.5	阻尼係數對最大振幅的影響	23
圖 3.6	繩波線段示意圖	24
圖 3.7	不同 $m$ 、 $n$ 波函數強度分佈	28
圖 3.8	不同空間頻率 $k$ 驅動下理論計算結果	31
圖 4.1	鋁板實驗與理論模擬的節線圖樣比對	33
圖 4.2	彩虹-自然界最常見的色散現象	34
圖 4.3	實驗 $f$ 與理論 $k$ 的擬合曲線	36
圖 5.1	青銅禮器	39
圖 5.2	銅管樂器—法國號	39
圖 5.3	銅線	40
圖 5.4	不鏽鋼餐具	41
圖 5.5	燒杯	41
圖 5.6	招牌燈箱	42
圖 5.7	木製傢俱	43
圖 5.8	青銅頻率與電流變化關係	44
圖 5.9	黃銅頻率與電流變化關係	44
圖 5.10	無氧銅頻率與電流變化關係	44

圖 5.11	不鏽鋼頻率與電流變化關係	45
圖 5.12	壓克力頻率與電流變化關係	45
圖 5.13	玻璃頻率與電流變化關係	45
圖 5.14	木板頻率與電流變化關係	46
圖 5.15	青銅的實驗共振圖樣(節錄)	47
圖 5.16	黃銅的實驗共振圖樣(節錄)	47
圖 5.17	無氧銅的實驗共振圖樣(節錄)	48
圖 5.18	不鏽鋼的實驗共振圖樣(節錄)	48
圖 5.19	玻璃的實驗共振圖樣(節錄)	48
圖 5.20	壓克力的實驗共振圖樣(節錄)	49
圖 5.21	木板的實驗共振圖樣(節錄)	49
圖 5.22	青銅的圖樣比對(節錄)	50
圖 5.23	黃銅的圖樣比對(節錄)	51
圖 5.24	無氧銅的圖樣比對(節錄)	51
圖 5.25	不鏽鋼的圖樣比對(節錄)	51
圖 5.26	玻璃的圖樣比對(節錄)	52
圖 5.27	壓克力的圖樣比對(節錄)	52
圖 5.28	木板的圖樣比對	52
圖 5.29	青銅的色散關係圖	53
圖 5.30	黃銅的色散關係圖	53
圖 5.31	無氧銅的色散關係圖	54
圖 5.32	不鏽鋼的色散關係圖	54
圖 5.33	玻璃的色散關係圖	55
圖 5.34	壓克力的色散關係圖	55
圖 5.35	木板的色散關係圖	56
圖 5.36	同相及反相疊加係數關係圖	57
圖 5.37	青銅反相節線圖樣比對	58
圖 5.38	黃銅反相節線圖樣比對	58
圖 5.39	無氧銅反相節線圖樣比對	58
圖 5.40	不鏽鋼反相節線圖樣比對	59
圖 5.41	青銅反相色散關係圖	59
圖 5.42	青銅結合正反相色散關係圖	59
圖 5.43	黃銅反相色散關係圖	60
圖 5.44	黃銅結合正反相色散關係圖	60
圖 5.45	無氧銅反相色散關係圖	60
圖 5.46	無氧銅結合正反相色散關係圖	60
圖 5.47	不鏽鋼反相色散關係圖	60

圖 5.48	不鏽鋼結合正反相色散關係圖	60
表 2.1	儀器本身的頻率與電流變化(節錄 100Hz-198Hz)	12
表 2.2	鋁材質的頻率與電流變化(節錄 100Hz-198Hz)	12
表 5.1	不同材質色散關係	56
表 5.2	各材質正、反及結合正反相色散關係 C 值比較	61
表 5.3	各材質各項彈性、物理係數	61
表 5.4	彈性理論計算及重建擬合各材質色散關係 C 值之比較	62





# 第一章

## 緒論

### 1.1 研究動機

人的各種動作行為都透過大腦接收各感官的訊息，經過大腦思考決定後再將訊息傳遞到四肢作出相對應的動作或反應。這些訊息包括：視覺、聽覺、嗅覺、味覺、觸覺。其中尤以視覺、聽覺更為直接和敏銳。因此，過去自然科學的發展與此兩種感知密切相關。

過去，與視覺及聽覺最為密切的光學[1]和聲學[2]已奠定良好的基礎。然而，在多數的研究中，此二者的發展通常被分開，顯少有結合兩者的例子。物理研究中，1787 年 Chladni 所提出將聲音視覺化[3]的概念可說是首次將視覺與聽覺完美結合的範例。此研究開啟人們對於聲音全新的見解，並對共振現象有了更深的認識。

共振在生活中有許多相關的運用：樂器的演奏可以聽見美麗的旋律、微波爐運用水分子共振產生的熱來加熱食物、醫學上使用核磁共振來判定病灶……等。上述範例顯示共振在生活中帶給我們許多方便和幫助。然而，共振卻也有其危險及破壞的一面。1940 年，美國的 Tacoma Narrows bridge 即是由於共振現象造成結構巨大破壞的例子[4]。Tacoma Narrows bridge 在當時人眼中是一個堅固、穩定且安全的巨大

建築。在事件發生當時，風將外力不斷施加在橋上使之不斷累積能量並放大振幅。當累積的能量和過大的振幅超過機械結構所能承載的上限，橋便因此崩毀(圖 1.1)(圖 1.2)(圖 1.3)(圖 1.4)。

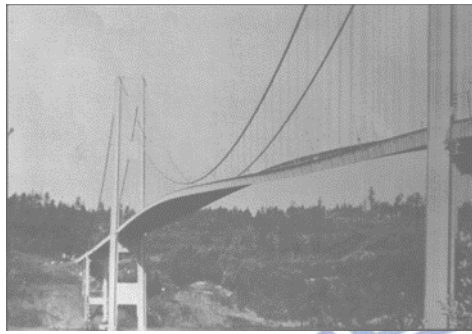


圖 1.1 崩毀前側拍



圖 1.2 扭曲的橋面



圖 1.3 崩毀中的橋



圖 1.4 崩毀後的橋

後續調查結果中，科學家指出此現象肇因於橋在建造時工程師忽略自然頻率在機械結構與環境交互作用中扮演的重要角色。由於每一個穩定平衡的系統都有其特殊的自然振盪頻率。就上例而論，當風吹動橋的頻率與橋的自然頻率吻合時，便會發生共振導致結構崩毀。這種機械共振的現象，後來成為工程學上相當重要的一部分。為了預防巨大振幅造成結構的崩毀，在設計、建構機械結構時必須避免操作頻

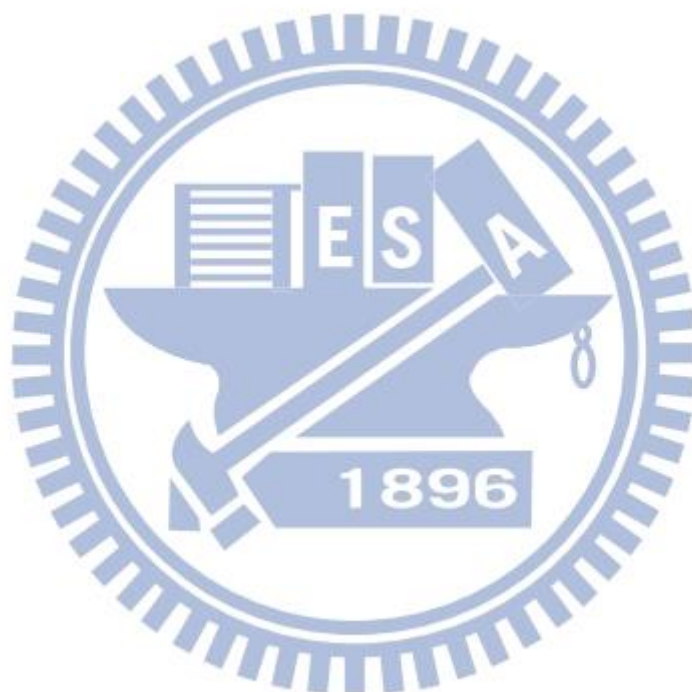


率與自然頻率相同。為了在事前取得結構共振的相關資訊，通常利用平板振盪(vibration of plate)的實驗取得共振頻率和共振模態[5]，進而使機械學家透過彈性理論分析材質應力與應變的關係[6]，並獲取楊氏係數(Young's modulus)、泊松比(Poisson ratio)...等重要的彈性參數[7, 8]。

平板振盪的實驗結果過去已透過彈性理論成功闡述。然而，過程中對於應力與應變關係的分析往往伴隨龐大且複雜的數學運算，需要相當長的時間才能對實驗數據進行完整重建。平板振盪實驗主要透過外加振盪源以正弦波的形式驅動平板。由於平板的振動與彈性波於介質內的傳遞密切相關。因此，藉由分析彈性波在平板內的穩定型態，將有助重建 vibration of plate 的實驗結果。在此研究中我們期望利用波動理論來解釋並建立平板共振的理論模型[9]。

實驗上我們利用自動化量測系統，分析平板系統輸出電流隨外加驅動頻率變化的關係，並加以分析得到平板的共振頻率值[10]。同時，利用數位相機紀錄相對應的共振節線圖樣。理論上我們從牛頓定律(Newton's law)出發，由單體共振推演至連續體共振問題，並透過非均勻性波動方程的推導出共振模態的理論模型[11, 12]。藉由調整模型中與外加頻率對應之參數，我們證實理論計算結果可以一對一重建出實驗的共振節線圖樣。此良好對應關係促使我們將此理論方法應用至分

析不同材質平板之共振模態，並透過數值方法建構共振頻率與共振波數間重要的色散關係。未來期盼能進一步推廣此方法決定材質重要的彈性參數，使此理論更加完備。



## 1.2 論文架構

本論文第二章將介紹平板振盪實驗及此研究的實驗裝置、量測方法和實驗結果。第三章介紹振盪與波動，並由單體振盪的簡諧振子出發推演至單體共振、連續體振盪、波動方程及本徵態和非均勻性的 Helmholtz 方程式以建構共振模態的理論基礎。第四章介紹如何透過理論模型重建平板振盪實驗的共振特性。第五章運用將應用前三章的結果分析不同材質平板的共振模態及色散關係。第六章為結論及未來展望。



## 第二章

# 實驗儀器及方法

### 前言

平板振盪實驗在物理學及機械學上有其相當重要的地位。在物理上，平板振盪產生的豐富節線圖樣一直是物理學家相當感興趣的課題。在機械上，以平板振盪實驗分析不同幾何形狀材質的共振頻率更直接影響了機械結構的穩定性。至今，平板振盪的相關研究仍大量出現在聲學期刊中[13-20]。

### 2.1 平板振盪實驗的歷史發展

歷史上達文西(Leonardo Da Vinci)注意到當振動木桌時，桌上的塵埃會形成各種不同形貌。而後伽利略(Galileo Galilei)描述在用鑿子刮黃銅板時，注意到銅屑會有細長、平行等距的細長條紋排列，認為是銅屑在黃銅板上跳動直到安定的節線上。1680年，虎克(Robert Hooke)在玻璃板上灑上麵粉，用小提琴弓在板緣“拉”出初次的節點圖樣。



圖 2.1 克拉德尼(Ernst Chladni)

1787年克拉德尼(Chladni)(圖2. 1)[21]用黃銅板重複Hooke的實驗，發現了大量的圓形幾何圖樣。克拉德尼最著名的就是發明克拉德尼平板振盪的技術，用以在顯示機械表面上各式各樣的振動模式。這樣的技術使人們可以觀察到聲波的振動波形。他均勻的將細砂撒在一平板上，然後以小提琴的弓在平板的邊緣拉彈，使平板產生特定頻率的振動。此時可觀察到細砂會停留在振幅為零的節線(nodal lines)上。不在節線上的細砂會隨著振盪持續跳動，直到落在穩定的節線為止(圖2.2)。若平板有均勻的密度且對稱的形狀，當頻率改變時節線圖樣會隨之呈現不同對稱且優美的圖樣變化(圖2.3)[22]。



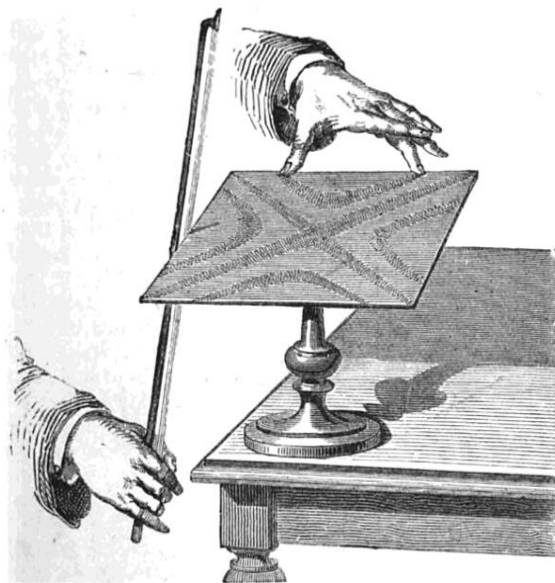


圖 2.2 克拉德尼產生平板振盪節線圖樣的方法

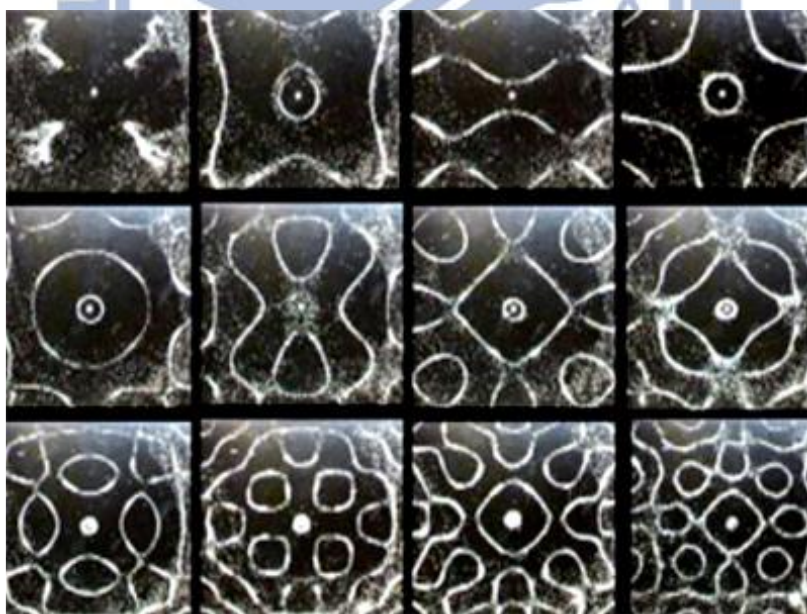


圖 2.3 不同振盪頻率下的方形平版節線圖樣

法拉第(Michael Faraday)在他 1831 年 2 到 7 月間的日記裡記錄了許多振盪水、油和細顆粒的實驗紀錄，此紀錄對此領域有相當深遠的影響。瑞利(Lord Rayleigh)在他著名的著作“Theory of Sound”一書中，對平板振盪(Vibration of plate)的課題有相當詳盡的數學探討。他認為這個課題對科學研究上有相當重要的啟發。他深入探討的模態現象(mode)後來促成新興科學 Cymatics(圖 2.4)的發展[23, 24]。Cymatic 一字由是希臘文  $\kappa\upsilon\mu\alpha$  轉變而來具有“波”的涵義。

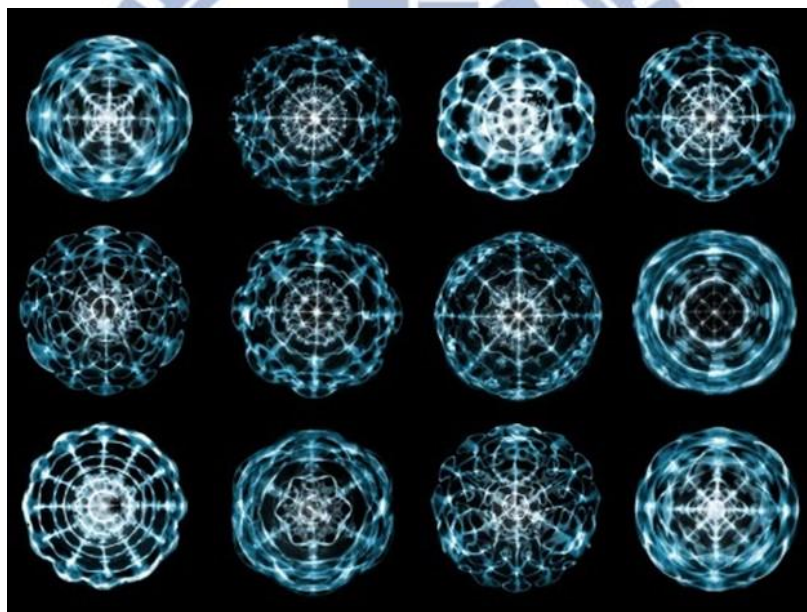


圖 2.4 Cymatics – 可視覺化的聲音藝術

克拉德尼平板振盪實驗其實就是探討波於平板介質中傳播，在大小受限的平板中產生共振，至使平板上的細砂聚集在節線上以形成各式各樣對稱的圖樣。這種美麗對稱圖樣的生成引起了相當多學者的關注。瑪麗·沃拉(Mary Desiree Waller)(圖 2.5)對 Chladni 的研究工作深

深著迷，她有系統的透過瑞利的方法詳盡分析了許多不同材質、形狀  
克拉德尼平板的節線圖樣[25-34]。在她 1961 年的著書“Chladni  
Figures”中更提出以固態二氧化碳芯片振盪平板的新方法。在此領域  
中，她嚴謹的研究工作為此重要的聲學分支提供了豐富的資源。

至此之後還有許多科學家投入在此領域進行相關研究。過去這些  
研究除了採用與 Chladni 類似的方法進行實驗外，也有人提出以更精  
準的方式來振動平板，以確實得到與共振頻率相對應的節線圖樣。在  
此論文研究中，我們即是採用此種現代化的方法來進行實驗量測和紀  
錄。



圖 2.5 瑪麗·沃菴(Mary Desiree Waller)



## 2.2 共振頻譜的量測方法

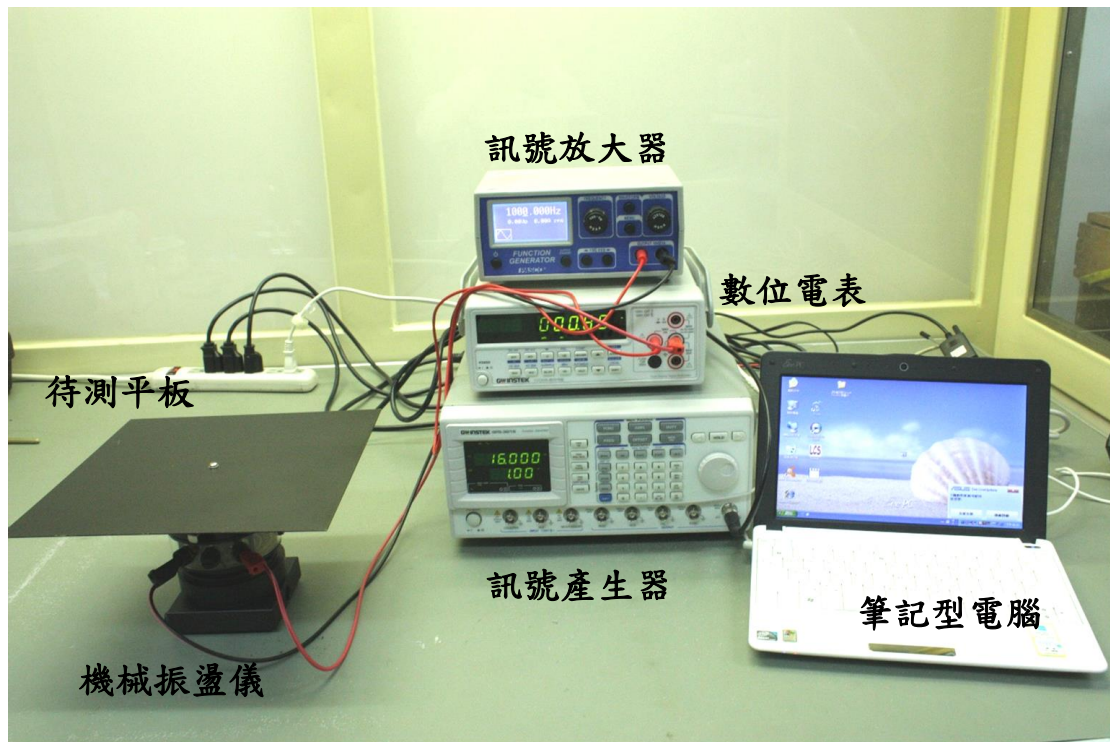


圖 2.6 實驗裝置圖

本論文研究之實驗裝置如(圖 2.6)。

首先，我們調整訊號產生器產生不同頻率的正弦波，將此訊號輸入訊號放大器來驅動機械振盪儀作為外在驅動源。接著串連安培計至機械振盪儀量測不同振盪頻率下系統的輸出電流。並透過電腦軟體自動控制訊號產生器，從 100Hz 開始至 10000Hz 結束以 2Hz/sec 的速率自動掃描、記錄各頻率下的電流響應。

欲得到平板造成的頻率響應，我們需先量測機械振盪儀固有的背景頻率響應如(表 2.1)。

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
100	35.693	120	37.789	140	38.583	160	38.998	180	39.183
102	36.025	122	37.904	142	38.628	162	39.025	182	39.198
104	36.312	124	38.008	144	38.675	164	39.047	184	39.212
106	36.564	126	38.106	146	38.719	166	39.07	186	39.224
108	36.802	128	38.194	148	38.761	168	39.092	188	39.236
110	37.005	130	38.278	150	38.8	170	39.11	190	39.248
112	37.186	132	38.35	152	38.832	172	39.126	192	39.254
114	37.361	134	38.415	154	38.905	174	39.144	194	39.262
116	37.514	136	38.475	156	38.936	176	39.158	196	39.269
118	37.654	138	38.531	158	38.967	178	39.171	198	39.274

表 2.1 儀器本身的頻率與電流變化(節錄 100Hz-198Hz)

接著再量測加上平板後整體系統之頻率響應如(表 2.2)。

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
100	38.708	120	39.561	140	39.520	160	39.501	180	38.78
102	38.966	122	39.565	142	39.501	162	39.444	182	38.627
104	39.136	124	39.579	144	39.480	164	39.321	184	38.345
106	39.232	126	39.583	146	39.454	166	39.090	186	37.929
108	39.198	128	39.580	148	39.426	168	39.127	188	37.389
110	39.176	130	39.577	150	39.389	170	38.697	190	36.398
112	39.399	132	39.571	152	39.346	172	38.159	192	34.943
114	39.481	134	39.562	154	39.593	174	38.543	194	32.010
116	39.517	136	39.55	156	39.569	176	38.818	196	26.673
118	39.489	138	39.535	158	39.539	178	38.863	198	21.710

表 2.2 鋁平板的頻率與電流變化(節錄 100Hz-198Hz)

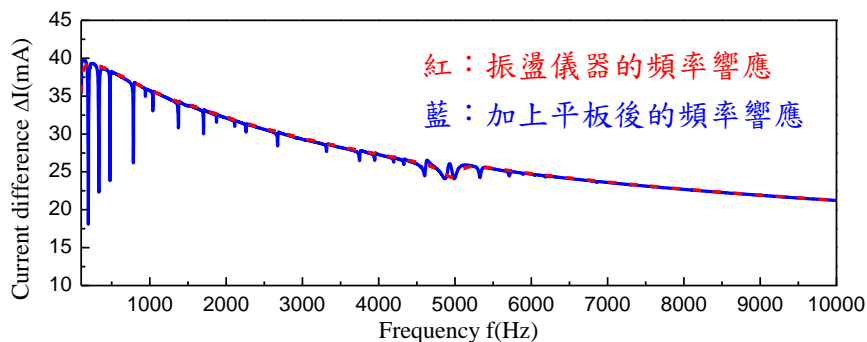


圖 2.7 系統的頻率響應

(表 2.1)和(表 2.2)量測結果作圖如(圖 2.7)所示。

觀察(圖 2.7)可發現，加上平板後輸出電流數值會在特定頻率降至區域最小值，這些頻率即為系統之共振頻率位置。為了清楚讀出共振頻率數值，我們將儀器的固有頻率響應扣除加上平板後的結果得到如(圖 2.8)的共振頻譜。分析(圖 2.8)中的峰值位置即可精確得到此平板的共振頻率數值。

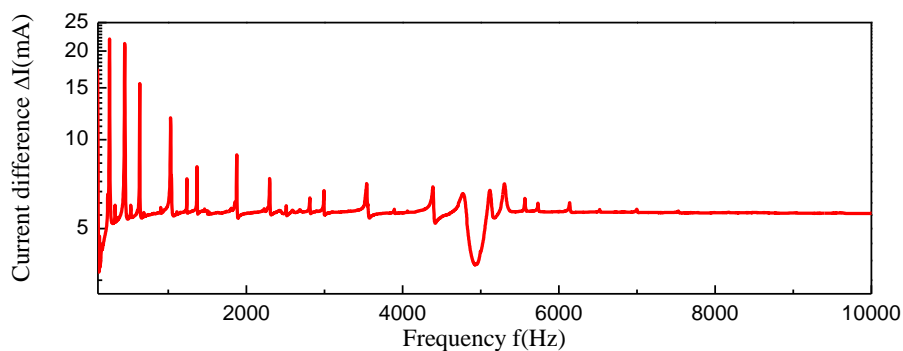


圖 2.8 鋁板的頻率響應

## 2.3 共振節線圖樣的量測方法

我們接著調整訊號產生器的頻率至共振頻率輸出，並在平板上均勻灑上粒徑約 0.3mm 的矽砂，待矽砂分佈穩定後再利用數位相機記錄此時共振節線圖樣如(圖 2.9)。

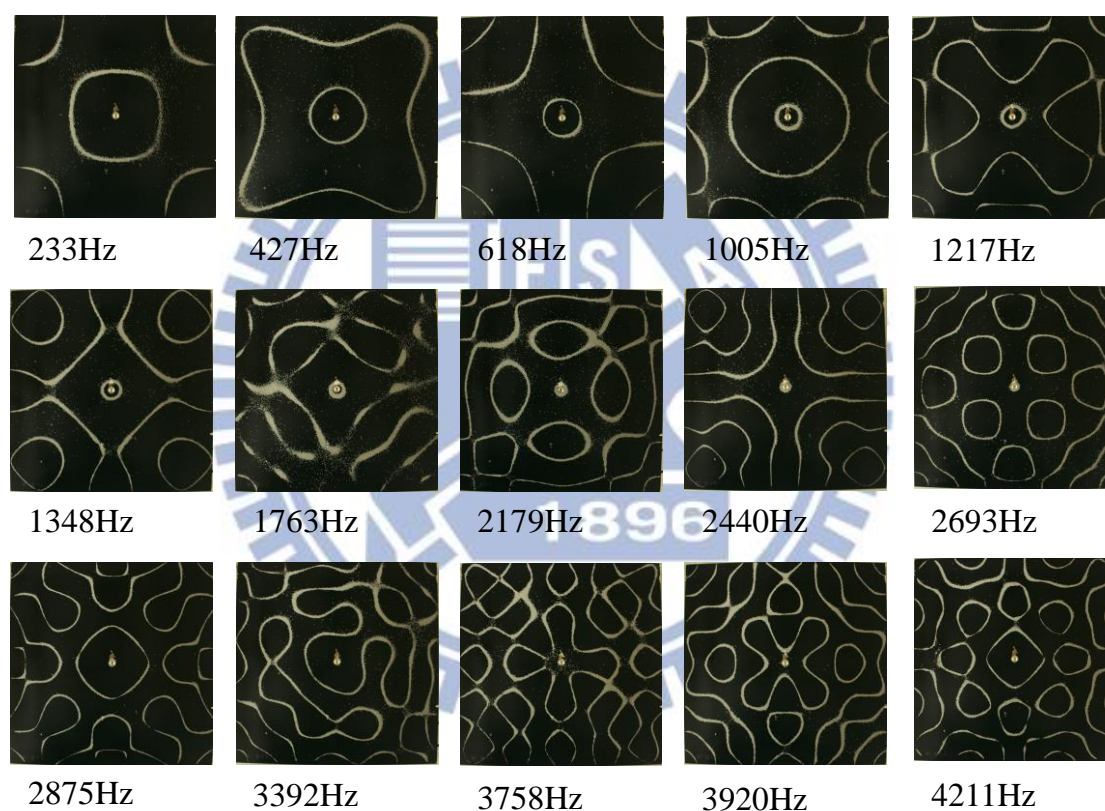


圖 2.9 鋁板的共振節線圖樣



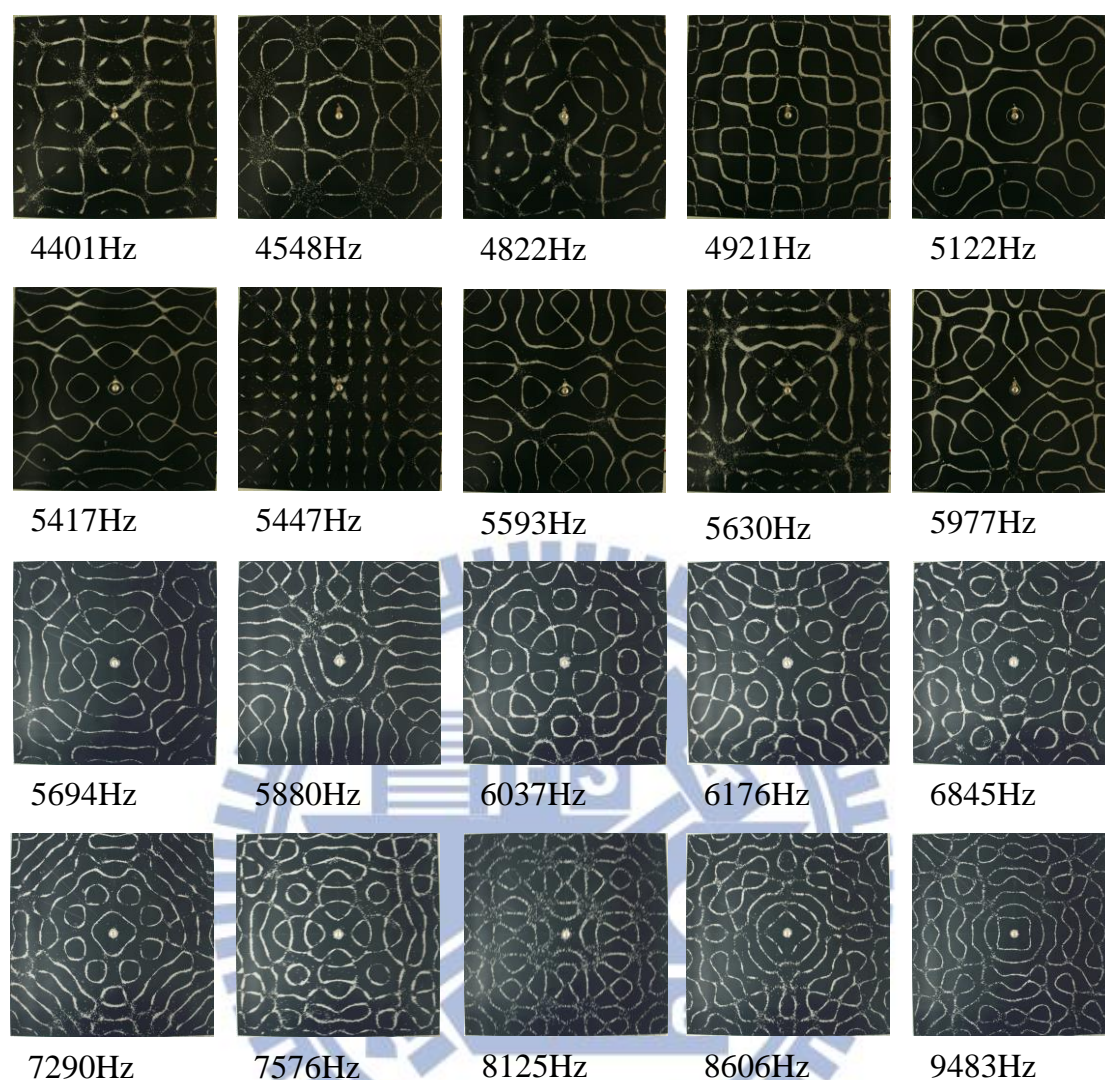


圖 2.9(續) 鋁板的共振節線圖樣

觀察實驗拍攝下的節線圖樣可發現其主要各式的曲線組成，且隨著驅動頻率變高，產生的節線結構也越趨複雜。此外，幾乎所有圖樣均完美呈現方形的對稱性。

透過此實驗方法快速且精準的決定共振節線圖樣後，接下來我們希望能從基本的振盪理論出發試圖重建實驗結果。

## 第三章

### 共振模態的理論基礎

#### 前言 振動與波動

振動，是指一物體在平衡位置附近作微小或有限的往復運動。能產生此運動行為的機械系統稱為振盪系統。最簡單的振動系統可簡化成質點和一忽略質量的彈簧所組成的諧振子(Harmonic oscillator)(圖 3.1)[35]。

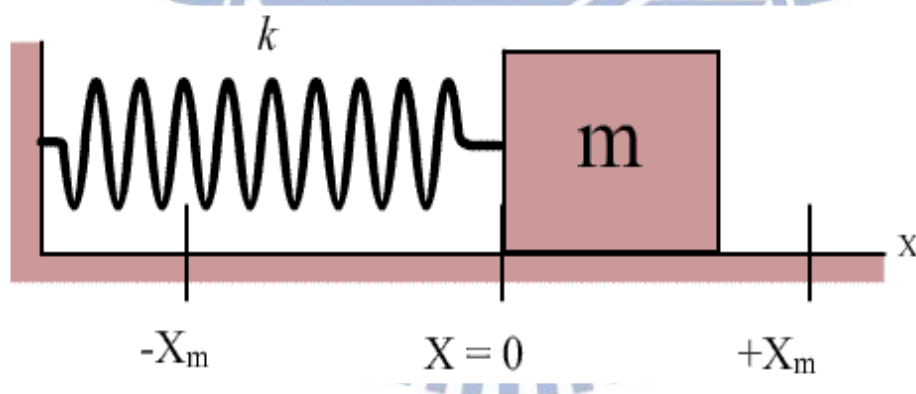


圖 3.1 彈簧諧振子

平衡狀態的振盪系統必須藉由外力輸入才能激發振動。若外力僅在初始時觸發而後不再輸入，此種振動稱為自由振動[36]。將振盪過程作紀錄，可發現振子以正弦函數的規律進行往復運動稱之為簡諧振盪(simple harmonic motion, SHM)如(圖 3.2)。

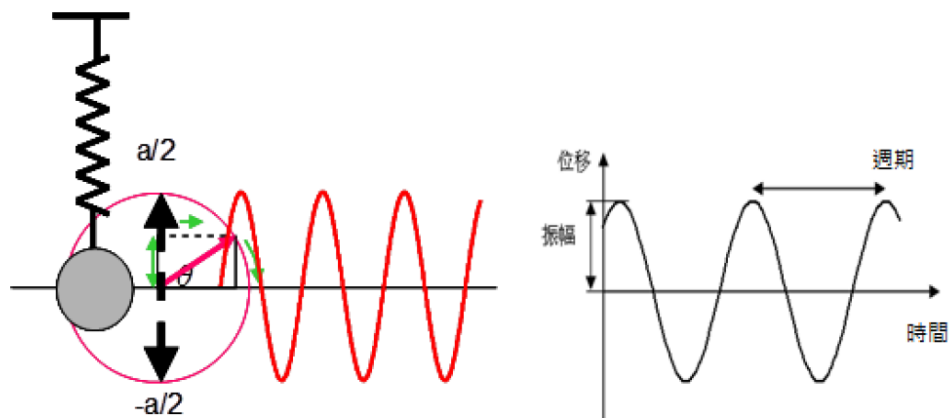


圖 3.2 簡諧振盪

此簡諧運動的所描繪的正弦波軌跡可視是最簡單的波動形式。波動，是指跨越空間或物質傳遞能量的擾動或振盪。其類型有兩種：一是不需介質傳播的電磁波；二是藉由物質的傳遞機械振動的機械波。平板振盪實驗可視為機械波在受限的空間中傳遞並相互干涉的現象[37]。以下即由力學基本理論分析單體諧振子並將之推廣至波動理論，進而將之應用於描述平板振盪的現象。

### 3.1 單體振盪

自然界中最簡單的振盪行為就是單體簡諧振子的振盪[38]。其運動方程式可透過彈性係數( $k$ )、振子質量( $m$ )來描述。依據牛頓第二運動定律在系統平衡時

$$F = ma = m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx \quad (3.1.1)$$

解此微分方程，我們可以得到此運動方程式的通解：

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi) \quad (3.1.2)$$

其中角頻率( $\omega_0$ )即振盪週期 $T$ 之關係可寫為

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.1.3)$$

給定初始條件即可求出振幅 $A$ 和相位 $\phi$ 。

此通解另一形式為

$$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \phi) \quad (3.1.4)$$

其相位與前述形式僅差 $\pi/2$ ，所以廣義諧振子的軌跡可寫成

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi) + B \sin(\omega_0 t + \phi) \quad (3.1.5)$$

假設初始位置  $x(0) = x_0$  且初始速度  $v(0) = v_0$  則式(3.1.5)可表成

$$x(t) = x_0 \cos(\omega_0 t + \phi) + \frac{v_0}{\omega_0} \sin(\omega_0 t + \phi) \quad (3.1.6)$$



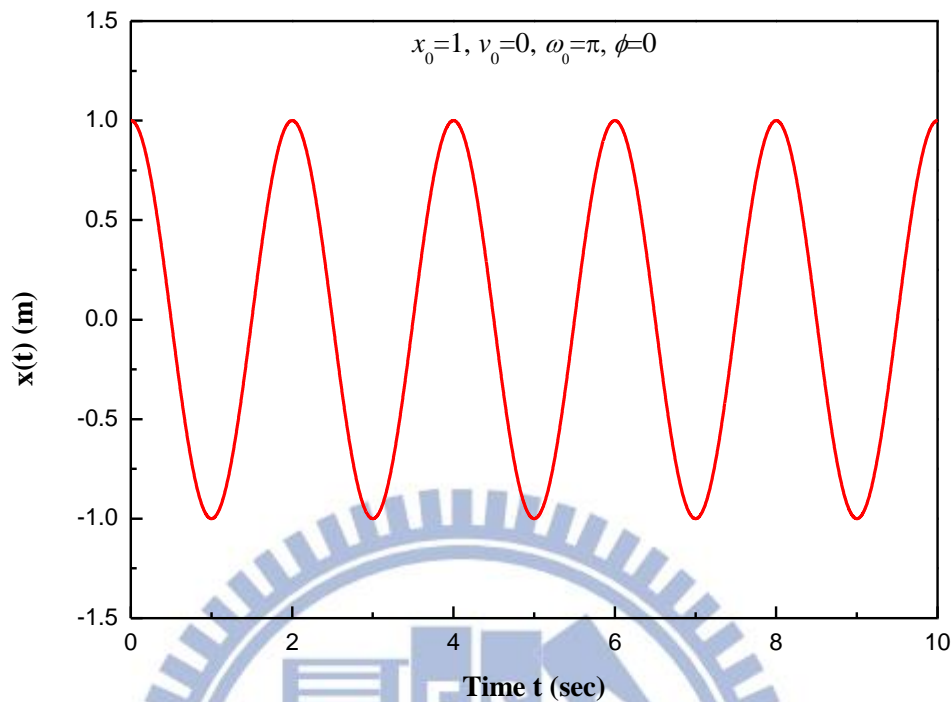


圖 3.3 諧振子時間與位置關係圖

將式(3.1.6)作圖可描繪此諧振子的位置與時間的關係如(圖 3.3)。

## 3.2 單體共振

當簡諧振子受一外力驅動時有機會產生所謂共振現象。假設施加於簡諧振子的外力為  $F_0 \cos(\omega t)$ ，則其運動方程式可寫為

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx + F_0 \cos(\omega t) \quad (3.2.1)$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos(\omega t) \quad (3.2.2)$$

令解  $x_p(t) = A \cos(\omega t + \phi)$  代入式(3.2.2)，可得

$$-\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) + \omega_0^2 A \cos(\omega t + \phi) = \frac{F_0}{m} \cos(\omega t + \phi - \phi)$$

進一步整理

$$(\omega_0^2 - \omega^2) A \cos(\omega t + \phi) = \frac{F_0}{m} [\cos(\omega t + \phi) \cos \phi + \sin(\omega t + \phi) \sin \phi] \quad (3.2.3)$$

由於無阻尼情況下振子運動可與外力作用同步，故將  $\phi = 0$  代入式

(3.2.3)得到振幅  $A = \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)}$ 。

所以可寫成  $x_p(t) = \frac{F_0}{m} \left( \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \right) \cos(\omega t)$  (3.2.4)

故完整運動方程式的解為

$$x(t) = x_0 \cos(\omega_0 t) + \frac{v_0}{\omega_0} \sin(\omega_0 t) + \frac{F_0}{m} \left( \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \right) \cos(\omega t) \quad (3.2.5)$$

式(3.2.5)顯示，當  $(\omega \rightarrow \omega_0)$  時， $x(t)$  振幅會因外力驅動項趨近無限大，

此即所謂共振現象。

利用

$$x(t) = [x_0 \cos(\omega_0 t) + \frac{v_0}{\omega_0} \sin(\omega_0 t)] e^{-t/\tau} + \frac{F_0}{m} \left( \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \right) \cos(\omega t) (1 - e^{-t/\tau})$$

模擬暫態響應隨時間衰減而穩態響應隨時間增加的狀況，可清楚看出

共振時系統能量隨外力作用時間不斷累積增長如圖(3.4)。

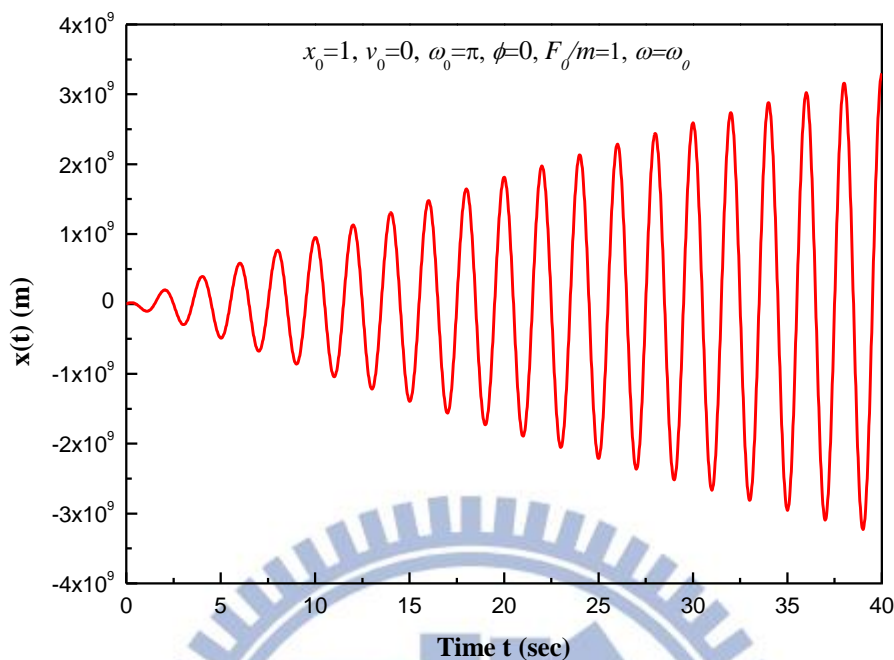


圖 3.4 共振時振幅隨時間增長關係

由於諧振子在真實環境中，系統在運動時多少存在能量損耗。

假若損耗關係正比於運動速度，其可寫為 $-bv$ 。則此時運動方程：

$$F = -kx - bv = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (3.2.6)$$

其中  $\beta = \frac{b}{2m}$  為阻尼係數(damping factor)。

令解  $x(t) = e^{\alpha t}$  代入 式(3.2.6)，可得  $\alpha = -\beta \pm \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}$

令  $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$

我們可以表示方程式的通解如下

$$x(t) = e^{-\beta t} e^{\pm i\omega_1 t} = e^{-\beta t} [A \cos(\omega_1 t) \pm B \sin(\omega_1 t)] \quad (3.2.7)$$

$A$ 、 $B$  可以利用初始條件求得。

考慮前述受迫振盪情形，若外力為  $F_0 \cos \omega t$  則

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = F_0 \cos(\omega t) \quad (3.2.8)$$

令解  $x_p(t) = A \cos(\omega t + \phi)$  代入 式(3.2.8) 得到

$$-\omega^2 A + \omega_0^2 A = \frac{F_0}{m} \cos \phi \rightarrow (a)$$

$$-2\beta \omega A = \frac{F_0}{m} \sin \phi \rightarrow (b)$$

利用以上二式，可解得

$$(a)^2 + (b)^2 \Rightarrow A = \left(\frac{F_0}{m}\right) \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}$$

$$\frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \tan \phi = \left(\frac{-2\beta \omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right) \Rightarrow \phi = \tan^{-1}\left(\frac{-2\beta \omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$$

故完整的解為

$$x_p(t) = \left(\frac{F_0}{m}\right) \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}} \cos(\omega t) \quad (3.2.9)$$

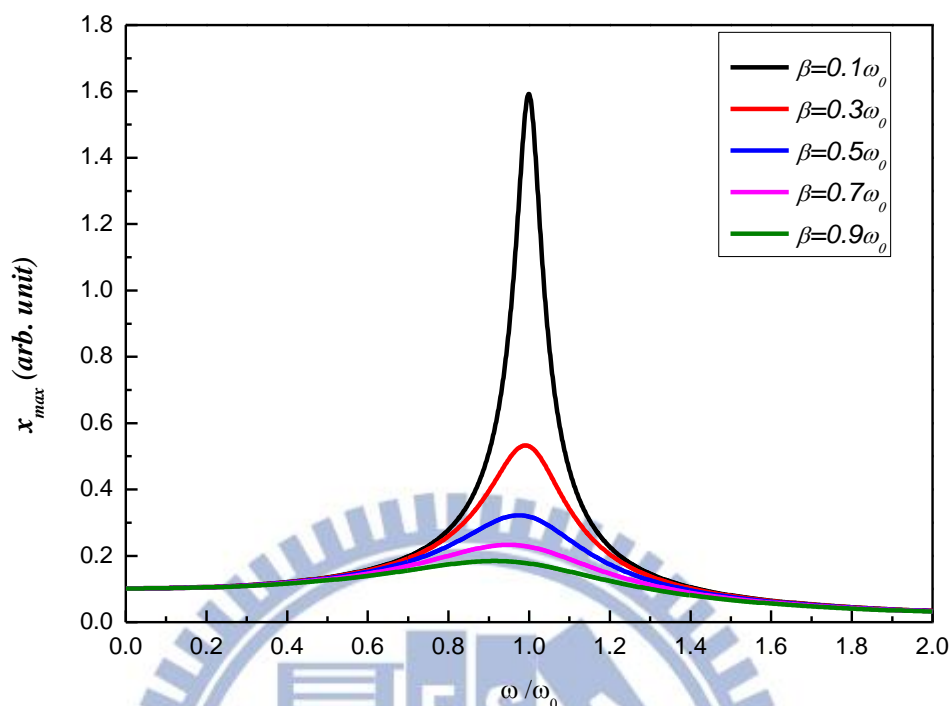


圖 3.5 阻尼係數對最大振幅的影響

由(圖 3.5)我們知道，當  $\beta$  值越小時其共振強度越強，且其共振區間越窄；反之，當  $\beta$  值越大其強度越弱，且共振區間較寬。 $\beta$  值與材質特性中的能量耗損息息相關，倘若不同材質  $\beta$  差異甚大預期應可在實驗時觀察到其顯著的差異。

### 3.3 連續體的振盪-繩波

在 3.1 節和 3.2 節我們經由力分析的方式得到不同狀況下簡諧振子的運動方程。計算振子運動軌跡可以清楚看到單體振盪與波動的強

關聯性。在本節中，我們考慮利用單體振盪結果推廣至連續體的振盪行為[39]。由於連續體可視為  $N$  個單體進行耦合振盪之結果，令  $N \rightarrow \infty$  我們可將所有單體振子集合視作一具有整體性振盪行為之連續體。

想像介質由大量的質點構成，每一質點以彈性力和其附近質點連結。當質點某一端以任何形式位移，會使旁邊質點受彈力同樣產生位移，此質點又帶動鄰近質點位移，此初始能量即透過各質點間的偶合作用以一固定速率在介質中傳播。此連續體的振盪行為可透過繩波的行為清楚說明。

假設完全彈性且均勻的繩子，在兩點的張力及斜率分別為  $T_1$ 、 $\tan \alpha$  和  $T_2$ 、 $\tan \beta$  如(圖 3.6)所示。

根據牛頓定律，靜力平衡下

水平方向受力： $\sum F_x = 0$  則

$$T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \beta = T = \text{constant} \quad (3.3.1)$$

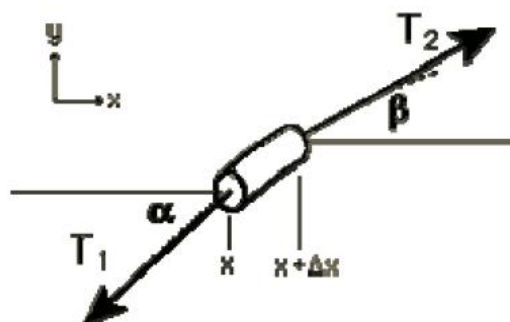


圖 3.6 繩波線段示意圖



垂直方向受力： $\sum F_y = 0$  則

$$T_2 \sin \beta - T_2 \cos \alpha = u \cdot (\Delta x) \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (3.3.2)$$

其中  $u$  為單位質量。將(3.3.1)除以(3.3.2)得到

$$\frac{T_2 \sin \beta}{T_2 \cos \beta} - \frac{T_1 \sin \alpha}{T_1 \cos \alpha} = \frac{u}{T} \cdot (\Delta x) \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$
$$\frac{u}{T} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{1}{\Delta x} \left[ \frac{\partial y}{\partial x} \Big|_{x+\Delta x} - \frac{\partial y}{\partial x} \Big|_x \right] \rightarrow \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

整理後得到

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}, \text{ 其中 } v^2 = \frac{T}{u}$$

$y$  可視為為時間( $t$ )與位置( $x$ )的耦合函數

故令  $y = \psi(x, t)$

則在繩波的振盪行為可由以下方程描述

$$\frac{d^2}{dx^2} \psi(x, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial t^2} \quad (3.3.3)$$

此即一維空間中的波動方程式。

透過時空分離令  $\psi(x, t) = \psi(x) e^{-i\omega t}$  代入 式(3.3.3)

$$\frac{d^2}{dx^2} \psi(x) e^{-i\omega t} = \frac{(-i\omega)^2}{v^2} \psi(x) e^{-i\omega t}$$

$$\frac{d^2}{dx^2} \psi(x) + \left(\frac{\omega}{v}\right)^2 \psi(x) = 0$$

且  $\omega = vk$

上式中  $\omega$  為角頻率、 $v$  為頻率、 $k$  則為波數

我們可以得到時間獨立的波動方程式

$$\frac{d^2}{dx^2}\psi + k^2\psi = 0 \quad (3.3.4)$$

考慮與平板振盪實驗相同之自由邊界條件，在數學上須滿足

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial n} \right|_{x=0 \text{ \& } x=a} = 0, \text{ 其中 } a \text{ 為繩長。}$$

一維時間獨立的波動方程式的波函數通解為

$$\psi(x) = A \cos(kx) + B \sin(kx) \quad (3.3.5)$$

將邊界條件代入(3.3.5)

$$\frac{d\psi}{dx} = -kA \sin(kx) + B \sin(kx)$$

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial x} \right|_{x=0} \rightarrow B = 0$$

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial x} \right|_{x=a} \rightarrow \sin(ka) = 0 \quad (3.3.6)$$

滿足(3.3.6)的解為

$ka = m\pi, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  則空間頻率量化條件為

$$k = \frac{m\pi}{a} = \frac{2\pi}{\lambda} \rightarrow a = \frac{\lambda}{2} m$$



將  $B=0$  和  $k = \frac{m\pi}{a}$  代回 (3.3.5) , 得到

$$\psi_m(x) = A \cos\left(\frac{m\pi}{a}x\right) \quad (3.3.7)$$

又因歸一化條件  $\int_0^a |\psi_m(x)|^2 dx = 1 \Rightarrow A = \sqrt{\frac{2}{a}}$

所以得到一維自由邊界下的波函數為

$$\psi_m(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \cos\left(\frac{m\pi}{a}x\right) \quad (3.3.8)$$

接著將一維的波動方程推演至描述平板振盪的二維平面。

在直角坐標系下，二維之波動方程可寫為

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + k^2 \psi = 0 \quad (3.3.9)$$

由於方形平板之  $x$  方向及  $y$  方向可個別可分離變數處理(separable) ,

故其解可視為兩個一維波函數之乘積：

$$\psi(x, y) = \frac{2}{a} \cos\left(\frac{m\pi}{a}x\right) \cos\left(\frac{n\pi}{a}y\right) \quad m, n = 0 \pm 1, 2 \quad (3.3.10)$$

將式(3.3.10)對不同  $m, n$  值作圖可得(圖 3.7)。

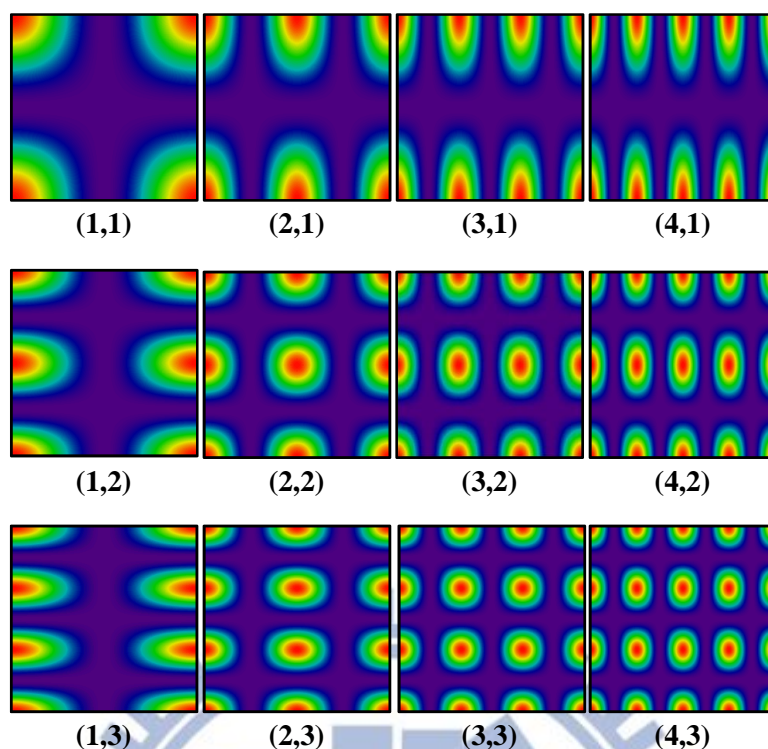


圖 3.7 不同  $m$ 、 $n$  波函數強度分佈

### 3.4 二維連續體共振的理論模型

一般而言，絕大多數的系統，欲產生波動必須有波源(外力)。

在二維條件下，根據 3.3 節所述其波動方程為(3.3.9)，波函數解為(3.3.10)。此波動方程式可以表示一邊長為  $a$  的平板，在沒有外力驅動時，平板自身的本徵態。而這本徵態構成一組完整的基底。

考慮在有外加驅動源條件下，其波動方程應改寫為

$$\nabla^2 \Phi(x, y) + k^2 \Phi(x, y) = F(x', y') \quad (3.4.1)$$

其中  $F(x', y')$  為外加波源分佈與其波函數  $\Phi(x, y)$  可以藉由本徵態構成

的基底一一組成：

$$\Phi(x, y) = \sum_n C_n \psi_n(x, y) \quad F(x, y) \Rightarrow \sum_n f_n \psi_n(x, y)$$

將之代入(3.4.1)，整理後可得

$$\begin{aligned} \sum_n (C_n \nabla^2 \psi_n + C_n k^2 \psi_n) &= \sum_n f_n \psi_n \\ \sum_n (k^2 - k_n^2) C_n \psi_n &= \sum_n f_n \psi_n \end{aligned} \quad (3.4.2)$$

利用基底的正交性， $\int \psi_m^*(x, y) \cdot \psi_n(x, y) dx dy = \delta_{mn}$ ，則

$$\int F(x, y) \psi_m^*(x, y) dx dy = f_m \quad \text{代入(3.4.2)}$$

$$\Rightarrow \int \sum_n (k^2 - k_n^2) C_n \psi_n \psi_m^* dx dy = \int f_m \psi_m \psi_m^* dx dy$$

得到

$$(k^2 - k_m^2) C_m = f_m$$

故此微分方程式的解

$$\Phi(x, y) = \sum_n \frac{f_n}{k^2 - k_n^2} \psi_n(x, y) \quad (3.4.3)$$

考慮真實環境下會有部份能量損耗，故將波向量  $k$  引進複數。

以平面波解為例  $e^{ikx}$ ，若將  $k \rightarrow k + i\beta$  帶入，則可看出  $\beta$  即為耗損係數。

此時波函數式(3.4.3)可寫為

$$\Phi(x, y) = \sum_n \frac{f_n}{k^2 - k_n^2 + 2i\beta k} \psi_n(x, y) \quad (3.4.4)$$

此外，假設在平板振盪實驗驅動源為點波源且位於 $(x', y')$ 座標，則

$$F(x', y') = \delta(x - x')\delta(y - y')$$

投影至基底可得

$$f_n = \int F(x, y)\psi_n^*(x, y)dxdy = \psi_n^*(x', y')$$

最後得到點波源驅動下二維平板振盪的波函數為

$$\psi_n(x, y) = \sum_n \frac{\psi_n^*(x', y')}{k^2 - k_n^2 + 2i\beta k} \psi_n(x, y) \quad (3.4.5)$$

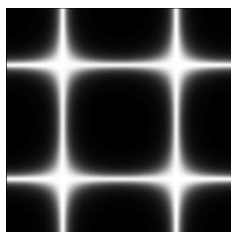
以此波動函數解作為平板振盪理論模型的基礎。透過軟體理論模擬可得不同  $k$  值時對應之板內聲波分佈如(圖 3.8)。

由此理論模型除可計算出平板之節線圖樣外，亦可得到了內部聲波的分布。此結果可進一步給出機械力學上應力應變分析及內部能量傳遞研究重要的資訊。

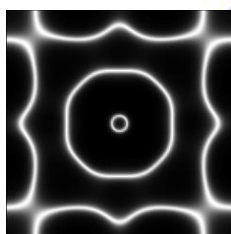
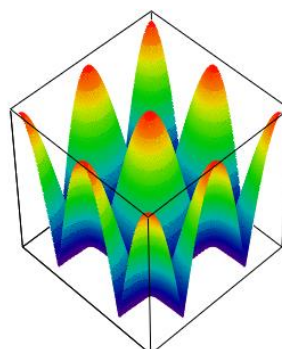
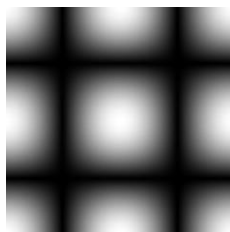
理論：  
節線圖樣

理論：  
波的分布

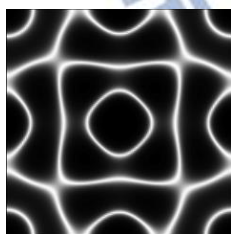
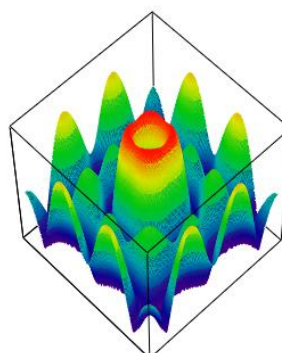
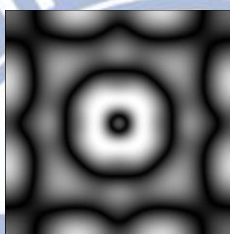
理論：  
波強度分布



$k=8.886$



$k=15.708$



$k=20.116$

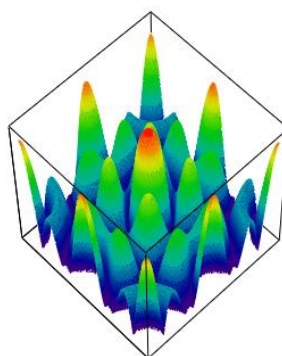
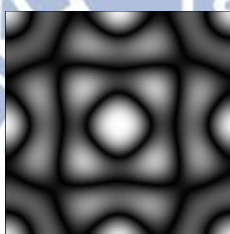


圖 3.8 不同空間頻率  $k$  驅動下理論計算結果



## 第四章

# 平板共振模態的理論重建

### 4.1 共振模態的重建方法

利用 2.3 節實驗技巧，我們可取得平板的共振頻率(圖 2.5)及相對應的節線圖樣(圖 2.6)。為了決定出平板的共振模態，在此章節中我們將利用 3.4 節中所推導的理論模型進行重建。

由於節線圖樣與共振模態間有著相當高的關聯性，透過比對理論模型計算之節線圖樣與實驗結果將有助於快速重建實驗的共振模態。在第三章末節我們提到理論節線圖樣將隨驅動波數  $k$  (driving wavenumber)的調整而變化。(圖 4.1)為實驗結果與理論計算之比較，可明顯看出此理論模型確實可完美重建出與實驗一對一對應之結果。此共振模態的重建對後續決定各共振頻率下平板內部應力應變的關係扮演相當重要的步驟。除此之外，此重建方法也幫助我們連結理論計算主要的參數  $k$  以及實驗相對應的參數  $f$  之間的關係，亦即所謂聲波的色散關係(dispersion relation)[40]。

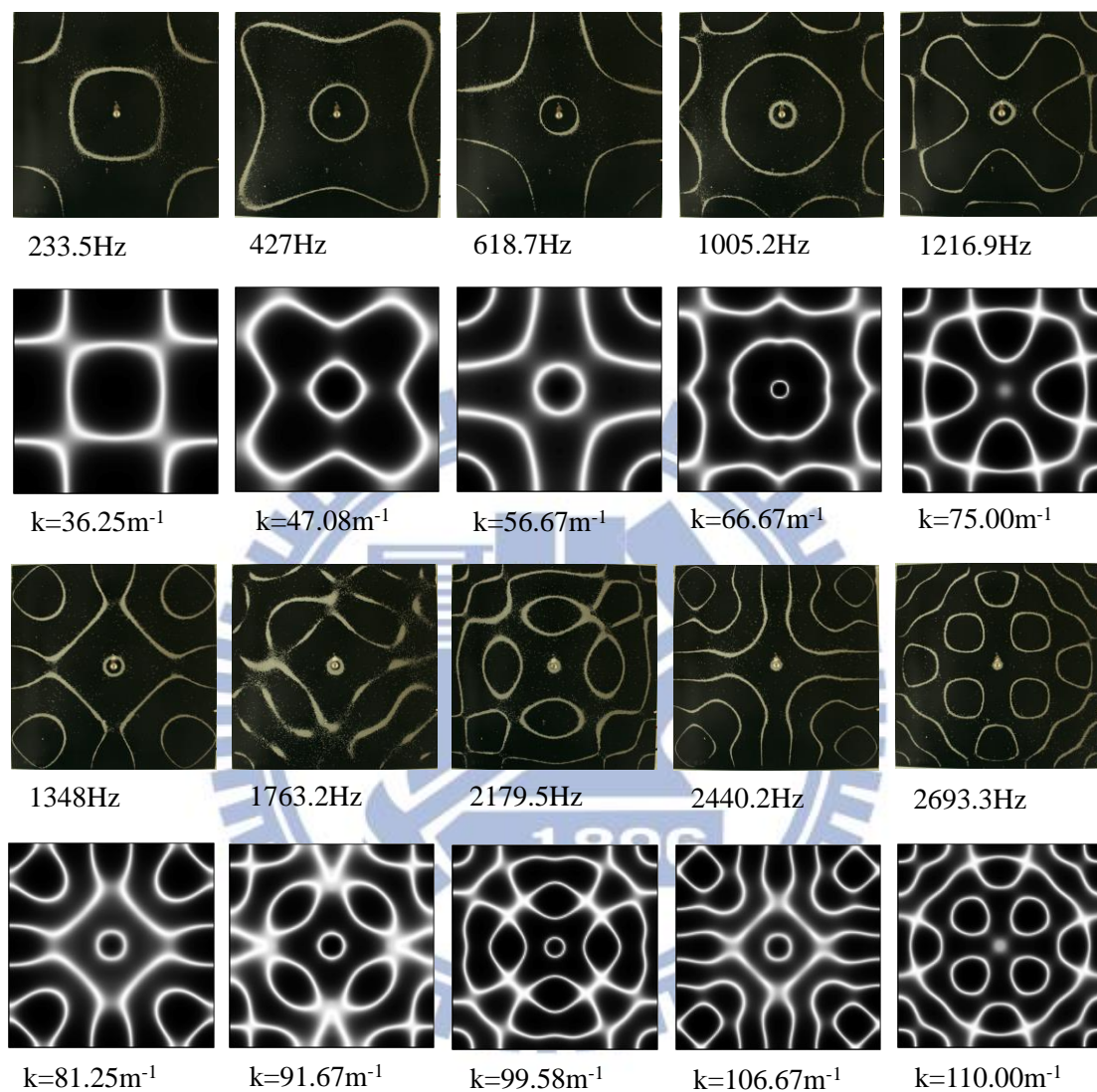


圖 4.1 鋁板實驗與理論模擬的節線圖樣比對

## 4.2 平板色散關係的建立

在物理和電子工程中，色散關係直接決定了波在介質中傳遞的行為，將波的能量、頻率、波長、波數種種重要特性進行時空上的連結。藉由此關係我們可以方便的計算相速度和群速度。此色散的成因與波和介質交互作用以及幾何邊界條件相關。彩虹即可說是自然界中最常見的色散現象(圖 4.2)。



圖 4.2 彩虹-自然界最常見的色散現象

依據過去平板理論，頻率  $f$ 、波數  $k$ 、楊氏係數  $E$ (Young's modulus) 和泊松比  $\nu$ (Poisson's ratio)之間的色散關係式可寫成

$$f(k) = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Eh^2}{12(1-\nu^2)\rho}} k^2 \quad (4.2.1)$$

式中  $h$  為平板厚度， $\rho$  為密度。

當選定材質時， $E$  和  $\nu$  可以藉查表得知，而  $h$  和  $\rho$  可以直接測量取得。

因此， $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Eh^2}{12(1-\nu^2)\rho}}$  可以視為一常數  $C_t$ 。故式(4.2.1)可以簡單的數表示成

$$f(k) = C_t k^2 \quad (4.2.2)$$

在式(4.2.1)中， $E$  和  $\nu$  直接影響係數  $C_t$  大小，為決定彈性材料的色散關係相當重要的參數。楊氏係數是材料力學中的名詞，其定義如下。彈性材料承受正向應力時會產生正向應變，在形變數沒有超過對應材料的一定彈性限度時，定義正向應力與正向應變的比值即為此材料的楊氏係數。泊松比是指當材料受拉伸或壓縮力時，材料會在與該方向垂直的另外兩個方向伸長材料會發生變形，而其橫向變形量與縱向變形量的比值就是泊松比。

楊氏係數和泊松比在固有數據的建立都是經由大量的量測統計來建立。現下測量楊氏係數的方法有許多種，如：機械力學法、脈衝激振法、聲頻共振法、聲速法等。而泊松比的量測有機械力學法、共振法等。機械力學法量測在過程中容易破壞受測物的物理性質，且僅能做一次量測。對於同一受測物無法重複量測，故量測結果無法針對個別狀況進行重複校準因而易產生誤差。共振法的好處在於不會破壞受測物故針對個別狀況進行重複量測。然而，傳統上受限於沒有解析的理論模型，使得楊氏係數及泊松比的決定過程常常須伴隨大量的



數值計算相當耗時。

實際應用時由於無法快速針對個別狀況進行彈性係數的測定，通常利用現有的數據查表得到密度、楊氏係數和泊松比，以進一步計算出色散關係中的  $C_i$  值。

除量測鋁板厚度  $h$  外，我們以現有的數據計算鋁板的  $C_i$  值。其中  $h=0.1065\text{cm}$ 、 $E=69\text{GPa}$ 、 $\nu=0.35$ 、 $\rho=2.7\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。由彈性理論計算出  $C_i=0.26419$ 。

接著我們由 4.1 節的重建結果，連結共振頻率與驅動波數之間的關係。平板理論的色散關係方程式(4.2.1)說明了頻率與波數關係將成線二次曲線的形式。因此我們將實驗  $f$  和理論  $k$  作圖並利用數值軟體以二次曲線對資料點進行擬合(fitting)，分析結果如(圖 4.3)：

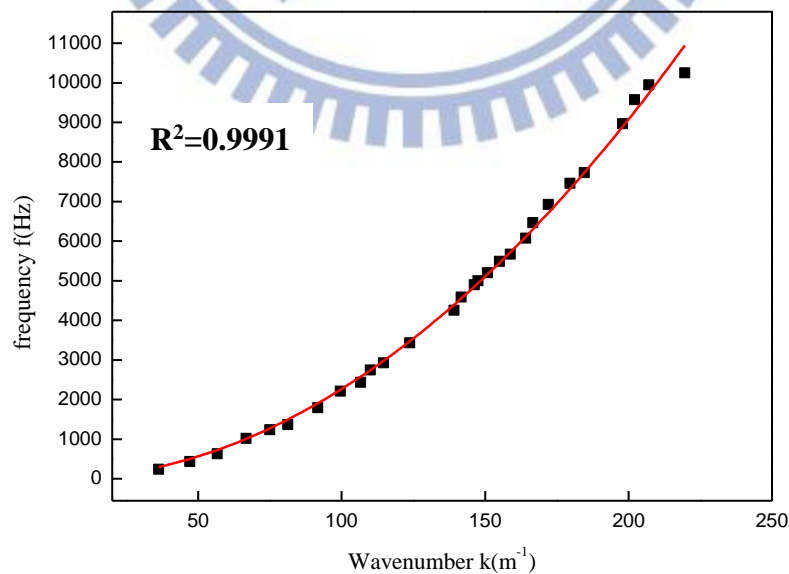


圖 4.3 實驗  $f$  與理論  $k$  的擬合曲線



其中  $f$  與  $k$  的色散關係方程式為  $f(k) = 0.22695k^2$ 。

圖中相關係數趨近於 1 證實此分析結果與平板理論的預期式 (4.2.2) 相符。

比較由現有彈性係數計算之  $C_l$  值與實驗擬合結果，可發現兩者雖接近但仍有差異。此差異說明了傳統機械方式之統計數據不能真實反應個別狀況材質平板的真實彈性係數。在前述段落我們談到即使使用共振法我們仍需要經過大量的數值計算步驟才可以決定個別平板的  $E$  和  $\nu$  並進一步計算色散關係。然而，透過共振模態重建的方式，我們不須量測出  $E$  和  $\nu$  即可以簡單、快速且準確的方法得到該材質實際的色散關係。再接下來的章節中我們將應用此方法來分析不同材質平板的共振模態及色散關係。

## 第五章

# 不同材質平板共振模態及色散關係的建立

### 5.1 常見材質特性

共振現象普遍存在日常生活中，不論共振造成的結果好與壞，其重要性在現今仍是無法忽略的一環。在機械或工程學上，材質的選用、結構的設計等都常需事先考慮共振頻率及色散關係等重要資訊。因此在本章中我們將應用前述建立的理論方法，來決定生活中常見的材質平板的共振模態及色散關係。

以下簡述常見材質的特性：

1. 青銅[41]：為添加鉛或錫的銅合金，是人類史上用最久的金屬材料之一。在青銅器時代便以用以鑄造各種造型典雅、花紋精美的銘文、禮器(圖 5.1)、兵器和樂器。其具有好的耐腐蝕性、耐磨性、鑄造性和優良的機械性能。現今常用於製造精密軸承、高壓軸承、船舶上抗海水腐蝕的機械零件以及各種板材、管材、棒材等。



圖 5.1 青銅禮器

2. 黃銅[42]：為無氧銅與鋅的合金。其機械性能和耐磨性能都很好，常用於製造精密儀器、船舶的零件、槍炮的彈殼等。黃銅敲起來聲音好聽，因此鑼、鈸、鈴、號等樂器，還有西方的銅管樂器(圖 5.2)都是用黃銅製做。



圖 5.2 銅管樂器—法國號



圖 5.3 銅線

3. 無氧銅[43]：即純銅，具堅韌、柔軟、延展性，且為導熱性和導電性很高的金屬。其色澤因帶有紫紅色故又稱紫銅。主要用途用在電線(圖 5.3)製作和加工製成其他銅合金。
4. 不鏽鋼[44]：含 10~30% 鉻的鐵合金總稱。因其不易腐蝕生鏽而得名。鉻與低碳含量相配合，可展現明顯的耐腐蝕性和耐熱性。此外，還可以加入鎳、鉬、鈦、鋁、銅、氮、硫、磷和硒，使其表面產生防鏽的氧化膜，以提高對特殊環境的耐腐蝕性和抗氧化性，並賦予特殊性能。不鏽鋼廣泛用於日常生活當中，如：餐具(圖 5.4)、冰箱、手錶、車輛骨架等。





圖 5.4 不鏽鋼餐具

5. 玻璃[45]：是一種透明不透氣，並具有一定硬度的物料。玻璃在日常環境中呈化學惰性，亦不會與生物起作用。玻璃為一種非晶相，主要產生原因為製作時熔融的二氧化矽迅速冷卻（過冷），故各分子沒有足夠時間形成有序的晶格排列。其可依用途不同於製作中添加不同金屬或非金屬，像是實驗室常見的燒杯即是添加硼的玻璃(圖 5.5)。



圖 5.5 燒杯



6. 壓克力[46]：聚甲基丙烯酸甲酯，又稱做有機玻璃。其透明度高、價格低、易於機械加工等優點，因而常作為玻璃替代材料。其相對分子量相當高，屬於長鏈的高分子化合物。而因其形成分子的鏈很柔軟，使得強度相對較高。其抗拉伸和抗衝擊的能力比普通玻璃高7~18 倍。經過特殊加熱和拉伸處理後，其分子鏈段的有序排列亦可提高材料的韌性。使之在強受力下也不產生裂紋，因此可用作防彈玻璃或作軍用飛機的座艙蓋。日常常見的應用有：招牌燈箱(圖 5.6)、遮雨棚、展示櫃等。



圖 5.6 招牌燈箱

7. 木板[47]：為木材的加工品。根據木材不同的性質特徵，人們將它們用於不同途徑。樹木的種類和所製造木材的性質有強烈的相關性。木材的密度隨樹種而不同，而木材的強度和其密度有關。中等密度的木材，是製作傢俱(圖 5.7)的上等材料。密度小的木材則常用來製作建築物模型或模型飛機。



圖 5.7 木製傢俱

上述介紹的各種常見的材質，根據其用物理、機械特性的差異而有不同的用途。下節我們將運用前面章節所建構的方法來得到各材質的色散關係。

## 5.2 不同材質共振頻譜量測

我們利用第二章所述的自動量測系統量測各平板材質之共振頻譜，結果如下：

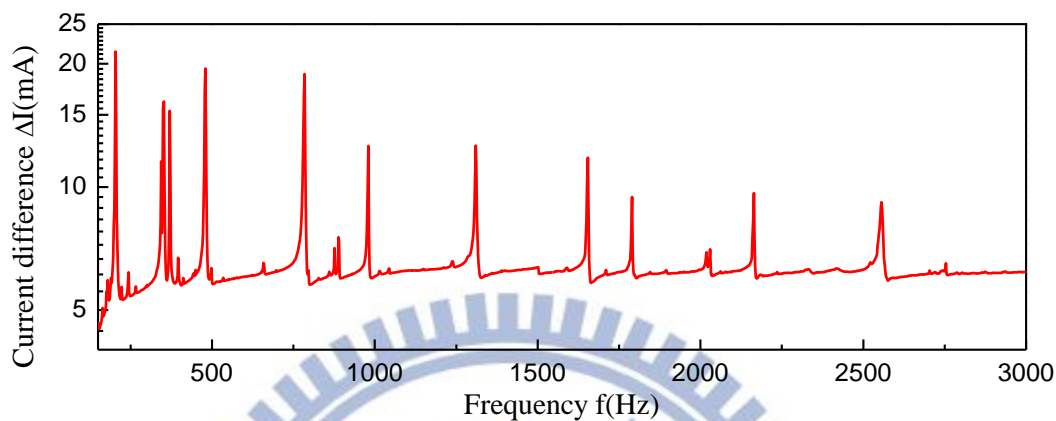


圖 5.8 青銅頻率與電流變化關係

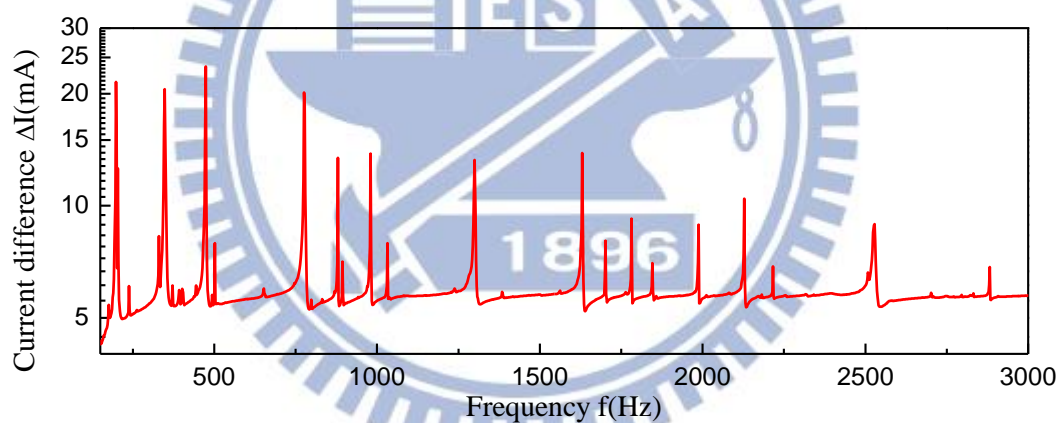


圖 5.9 黃銅頻率與電流變化關係

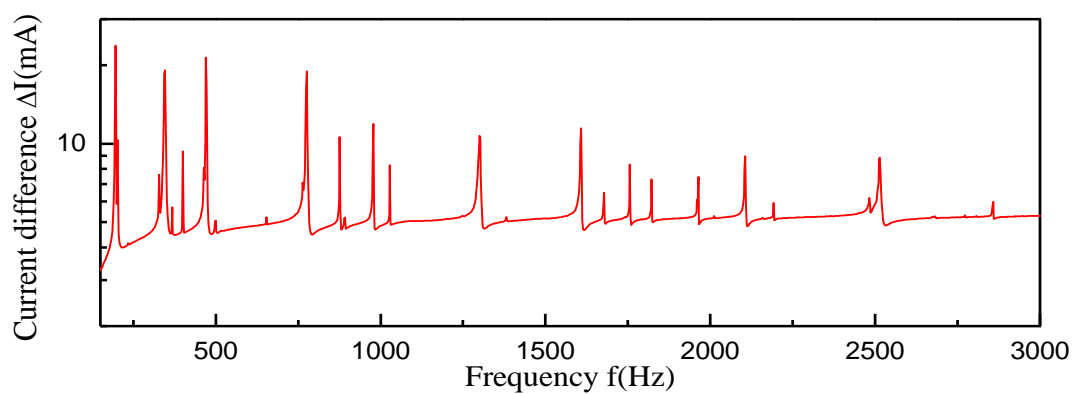


圖 5.10 無氧銅頻率與電流變化關係

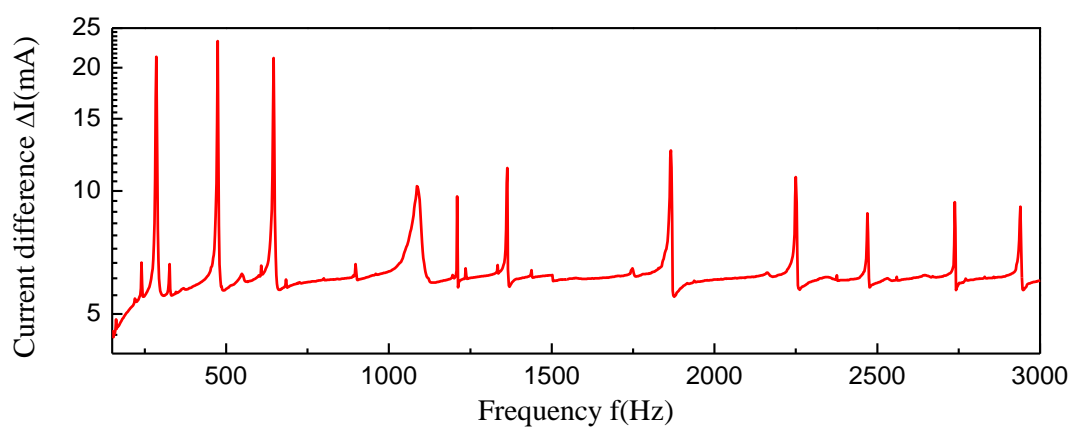


圖 5.11 不鏽鋼頻率與電流變化關係

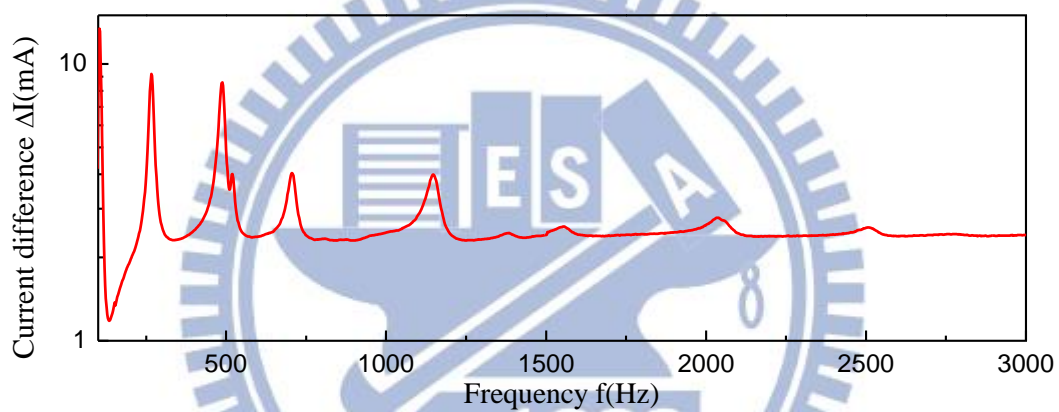


圖 5.12 壓克力頻率與電流變化關係

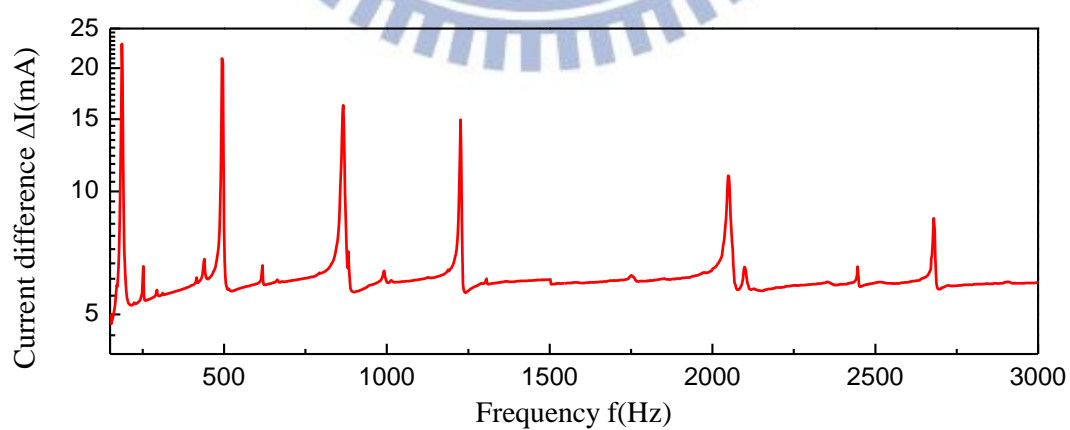


圖 5.13 玻璃頻率與電流變化關係

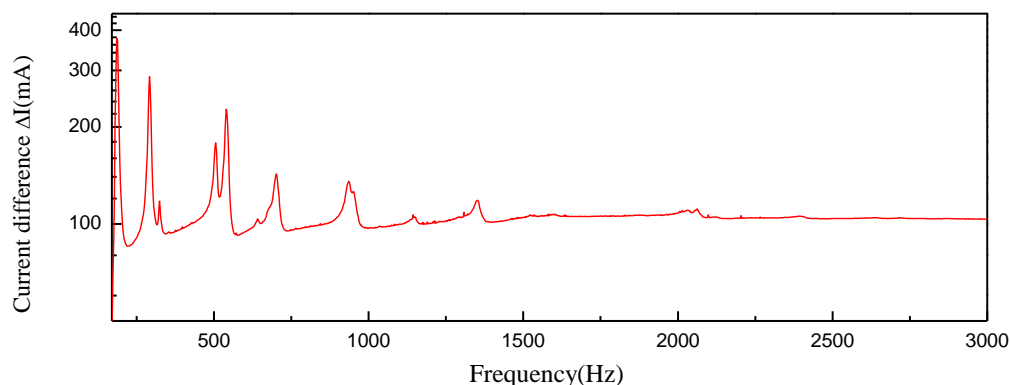


圖 5.14 木板頻率與電流變化關係

由(圖 5.8)~(圖 5.14)，可明顯觀察出不同材質在相同頻率區間有不同數目的共振峰值：青銅 11 個共振峰、黃銅 17 個共振峰、無氧銅 17 個共振峰、不鏽鋼 11 個共振峰、玻璃 6 個共振峰、壓克力 4 個共振峰、木板 6 個共振峰。此外，也可明顯看出金屬的峰寬明顯比非金屬窄，顯示其聲波傳的能量損耗較小。非金屬峰寬較大可能的原因為材料內部非均相性且具有雜質造成聲波相干性受到破壞：玻璃為非單晶相，波在製造時易產生缺陷使得聲波傳遞時有額外的能量損耗；壓克力在合成過程的聚合度直接影響其分子量的分布及結晶程度；木板則因樹木各方向生長速度不同造成密度上的差異，此外多數木板由木屑壓製而成內部結構分部不均亦無明顯方向性。由此可以看出材質的均勻度對共振頻譜有重要的影響。



### 5.3 不同材質共振節線圖樣紀錄

分析 5.2 所得共振頻譜後，我們運用第二章的實驗方法紀錄共振頻率時各材質平板對應的節線圖樣。結果如下：

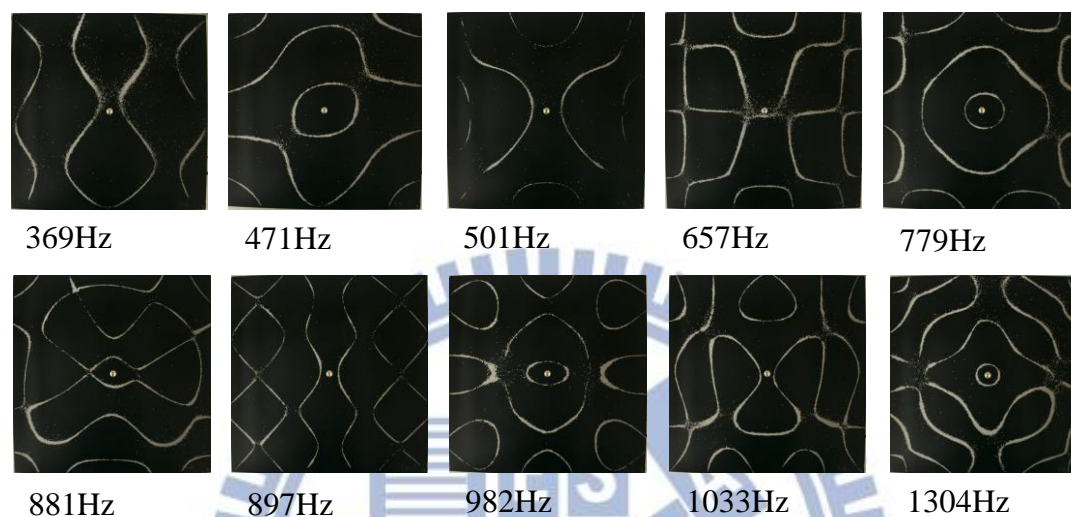


圖 5.15 青銅的實驗共振圖樣(節錄)

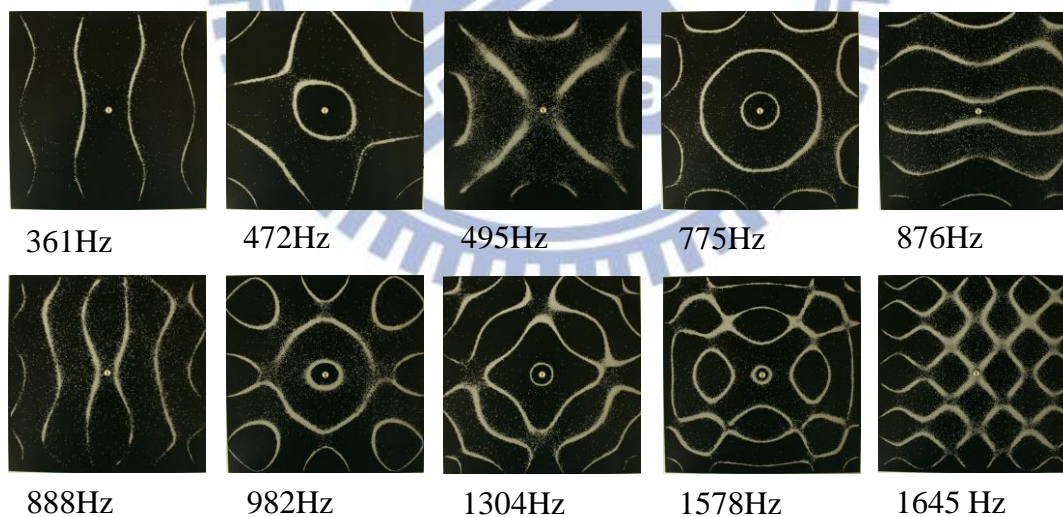


圖 5.16 黃銅的實驗共振圖樣(節錄)

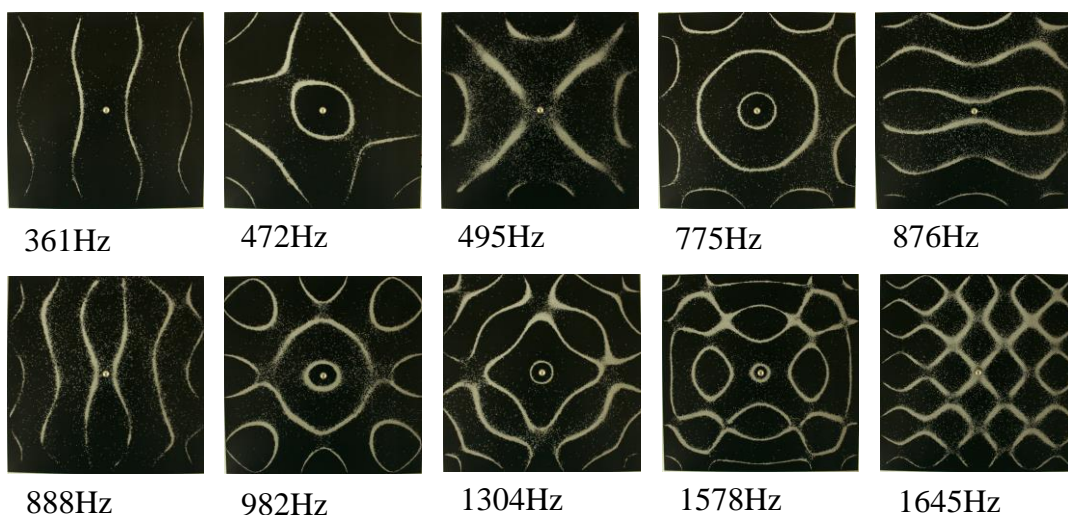


圖 5.17 無氧銅的實驗共振圖樣(節錄)

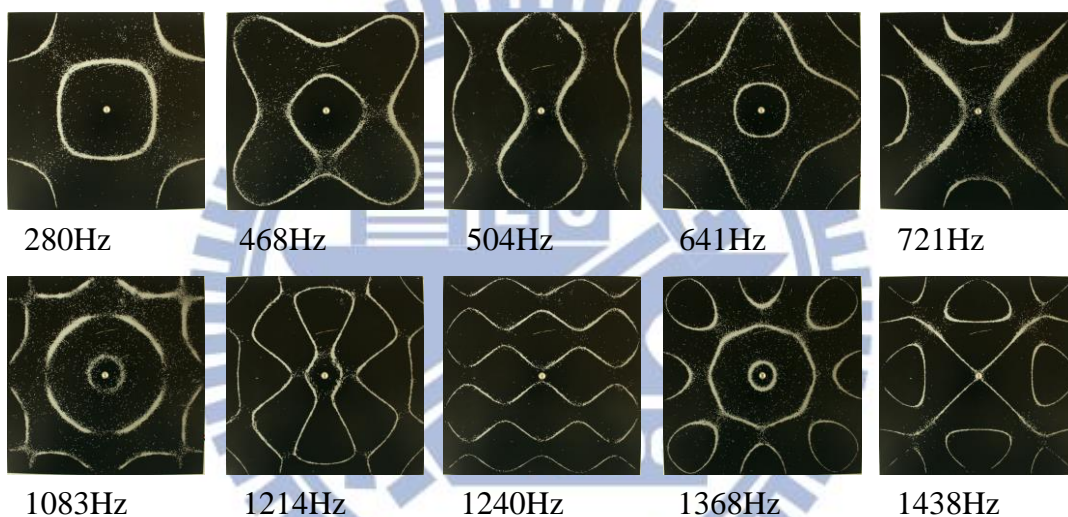


圖 5.18 不鏽鋼的實驗共振圖樣(節錄)

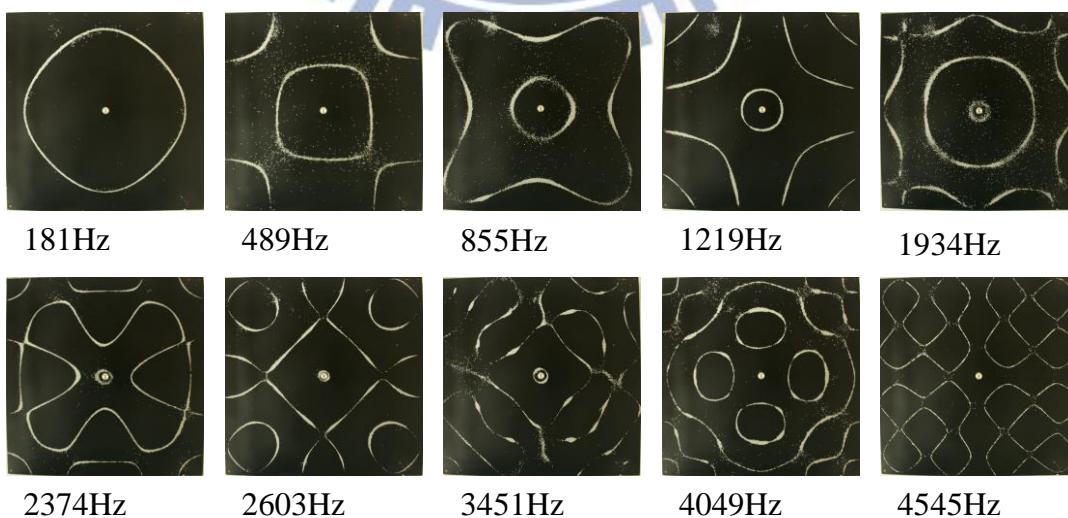


圖 5.19 玻璃的實驗共振圖樣(節錄)



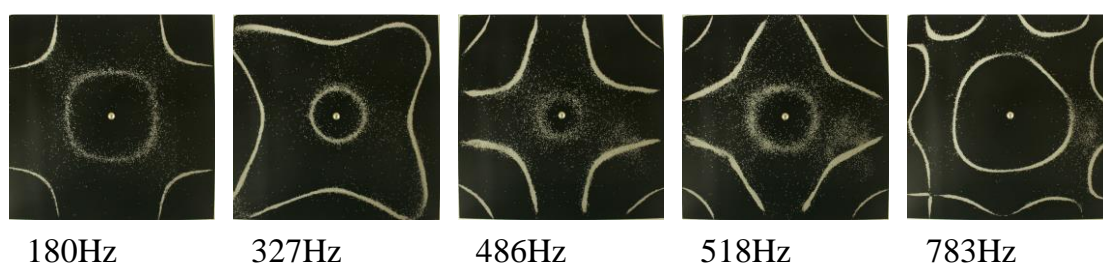


圖 5.20 壓克力的實驗共振圖樣(節錄)

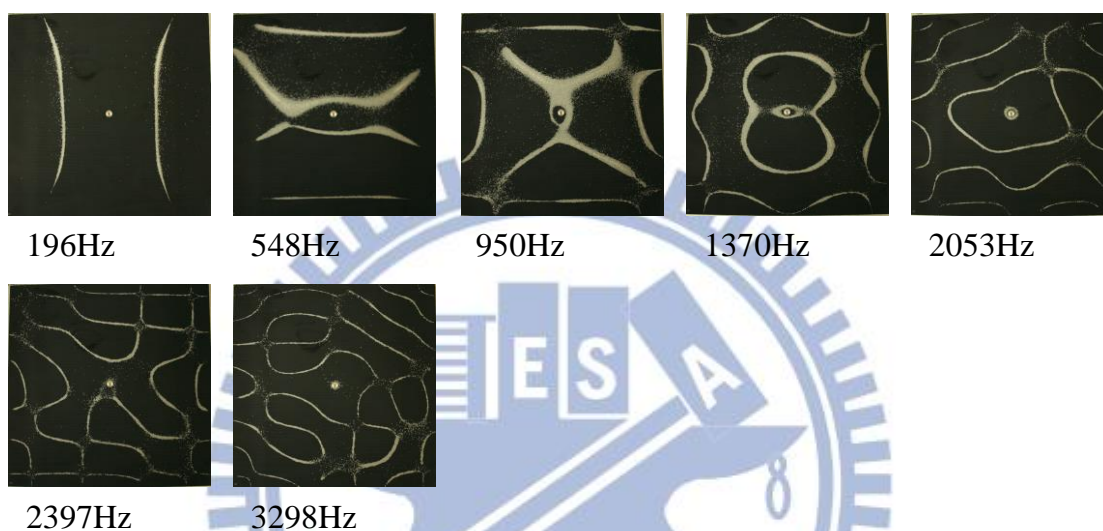


圖 5.21 木板的實驗共振圖樣(節錄)

在取得實驗節線圖樣的過程中，我們發現各材質大多數的節線圖樣都相同，且大多呈現方形的對稱性。不同於第二章鋁板的量測，我們發現有少數的節線圖樣其節線會通過中心點，且仍舊保持對稱性。在玻璃、壓克力的圖樣中則可看出其節線較寬，且節線圖樣較不清晰甚至會有呈現些微扭曲的現象。這種扭曲情況在木板中尤為明顯。此結果也應證 5.2 節的推測，即材質的均勻程度對聲波於其內傳遞有相當顯著的影響。

## 5.4 不同材質的共振模態及色散關係

運用第四章所述方法，我們針對各材質平板的實驗節線圖樣進行重建。我們發現各材質平板絕大多數的節線圖樣均可完美重建，僅有少部分失去方形對稱性以及節線通過振盪源的圖樣無法比對出。因此，我們可將完美重建的模態對應之驅動波數及共振頻率進行連結，進而擬合出該材質色散關係。分析結果指出當重建樣本數大於 15 時，分析所得色散關係的相關係數即可趨近於 1。證實此方法確實能快速、精準的重建該材質的共振模態及色散關係。

節線圖樣的比對結果呈現如下：

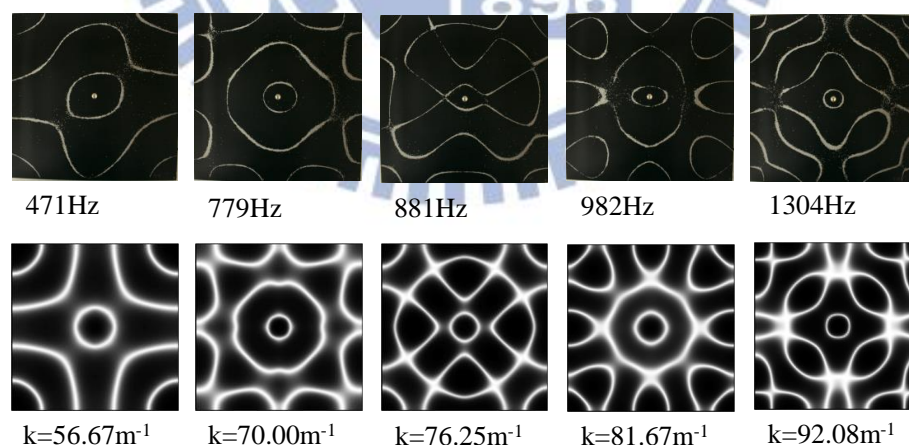


圖 5.22 青銅的圖樣比對(節錄)

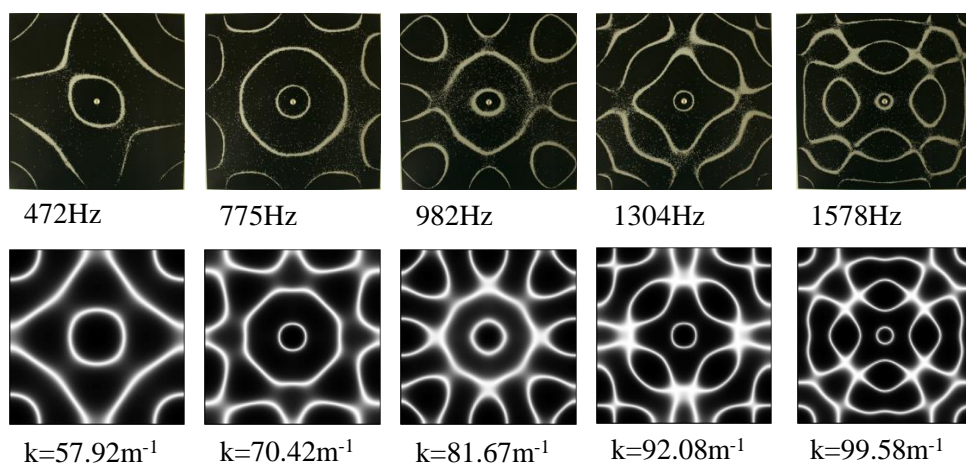


圖 5.23 黃銅的圖樣比對(節錄)

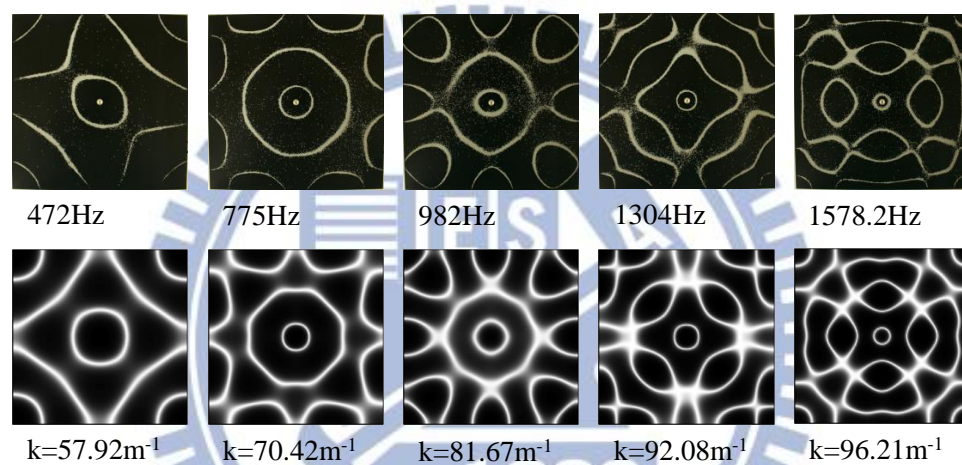


圖 5.24 無氧銅的圖樣比對(節錄)

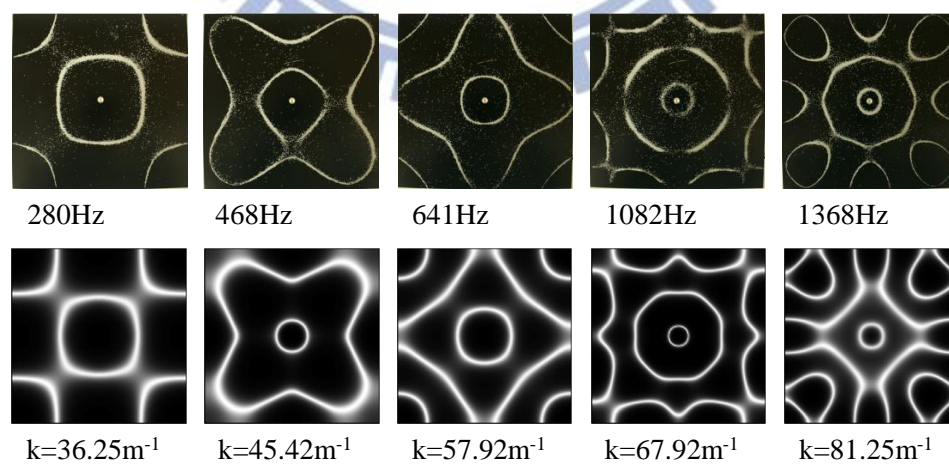


圖 5.25 不鏽鋼的圖樣比對(節錄)



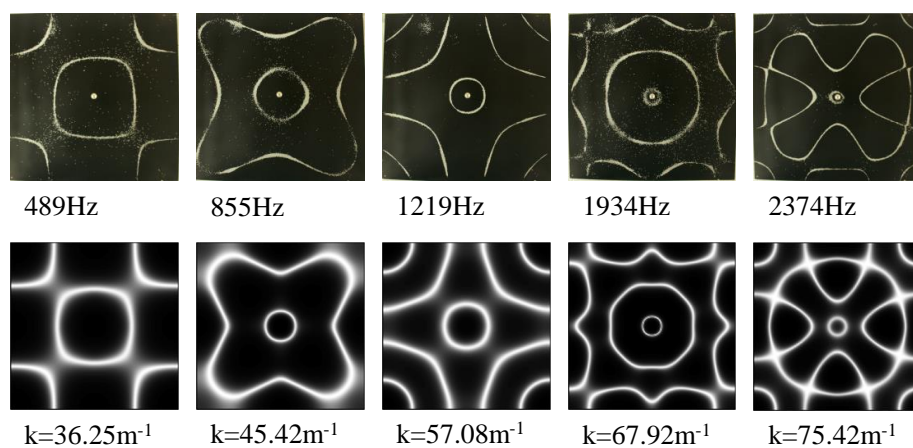


圖 5.26 玻璃的圖樣比對(節錄)

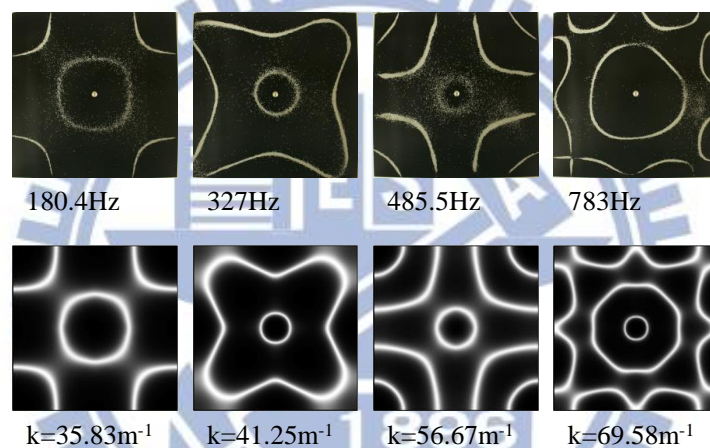


圖 5.27 壓克力的圖樣比對(節錄)

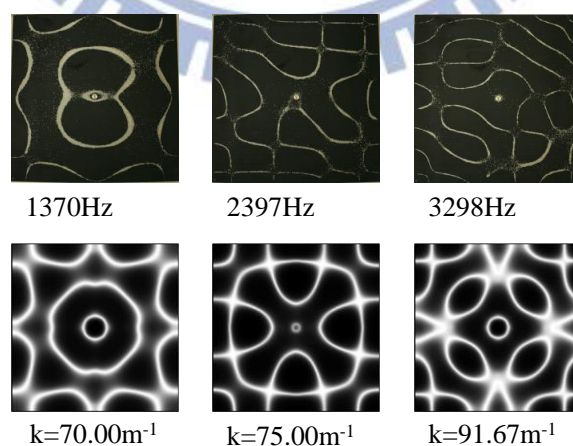


圖 5.28 木板的圖樣比對

各材質的色散關係。分析結果如下：

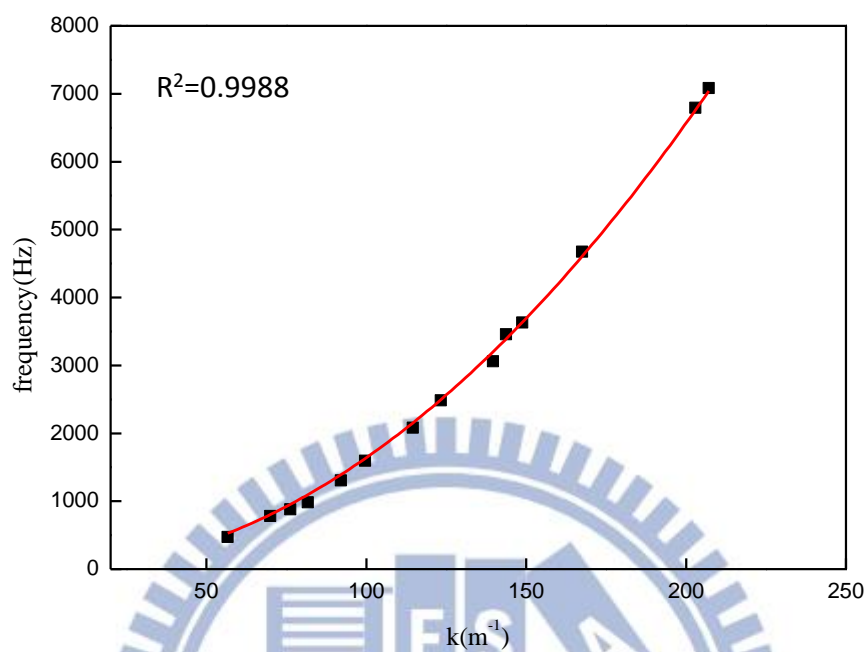


圖 5.29 青銅的色散關係圖

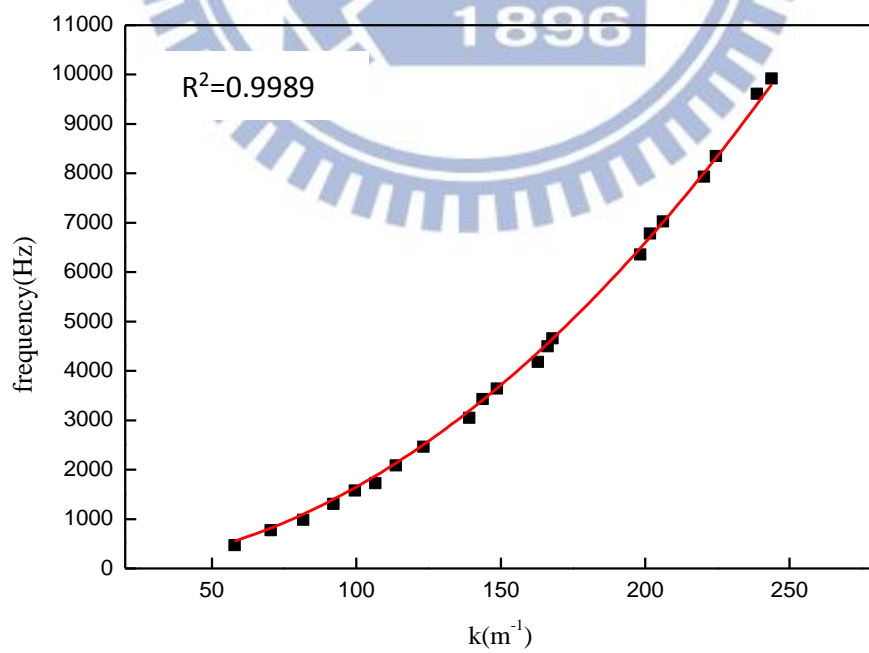


圖 5.30 黃銅的色散關係圖

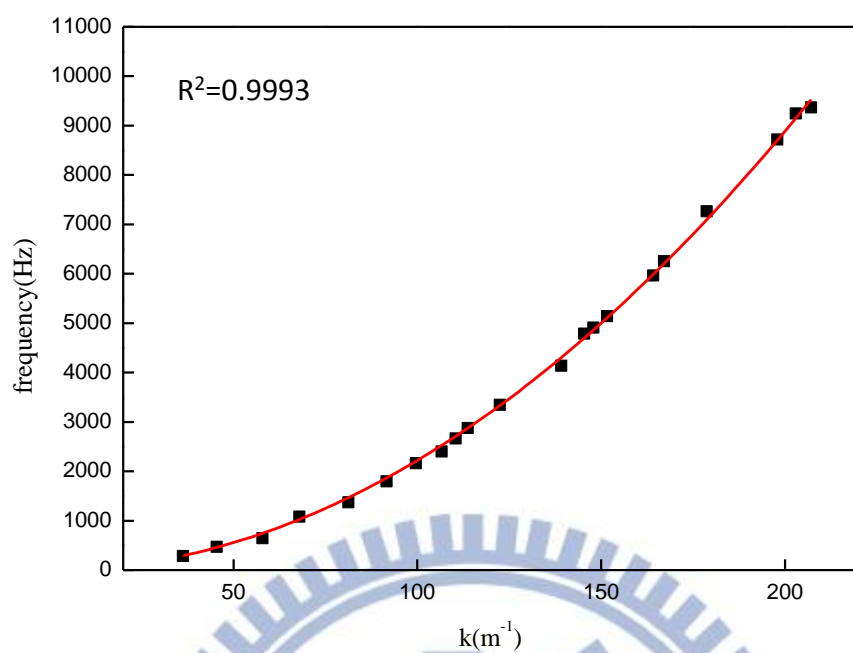
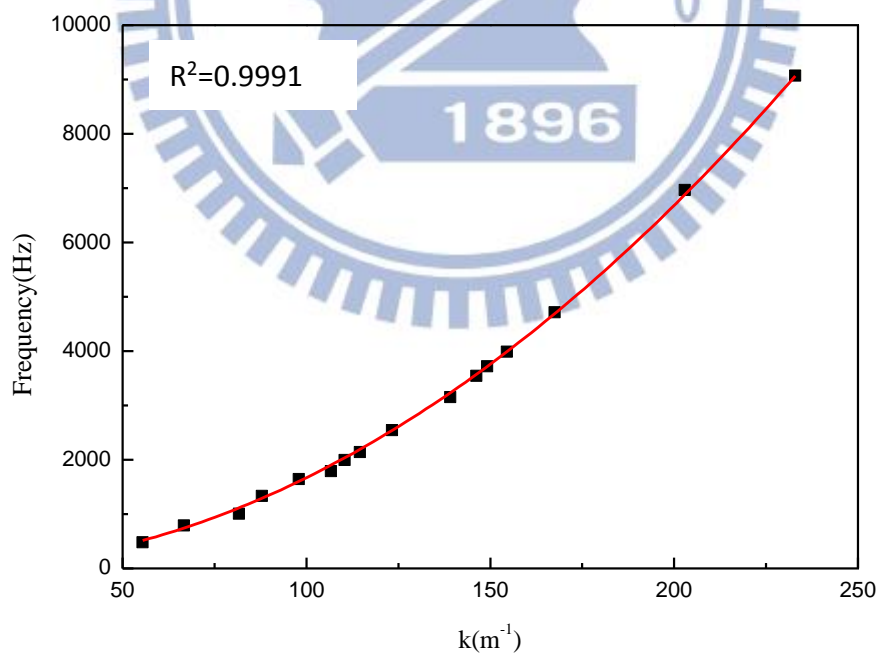


圖 5.31 無氧銅的色散關係圖



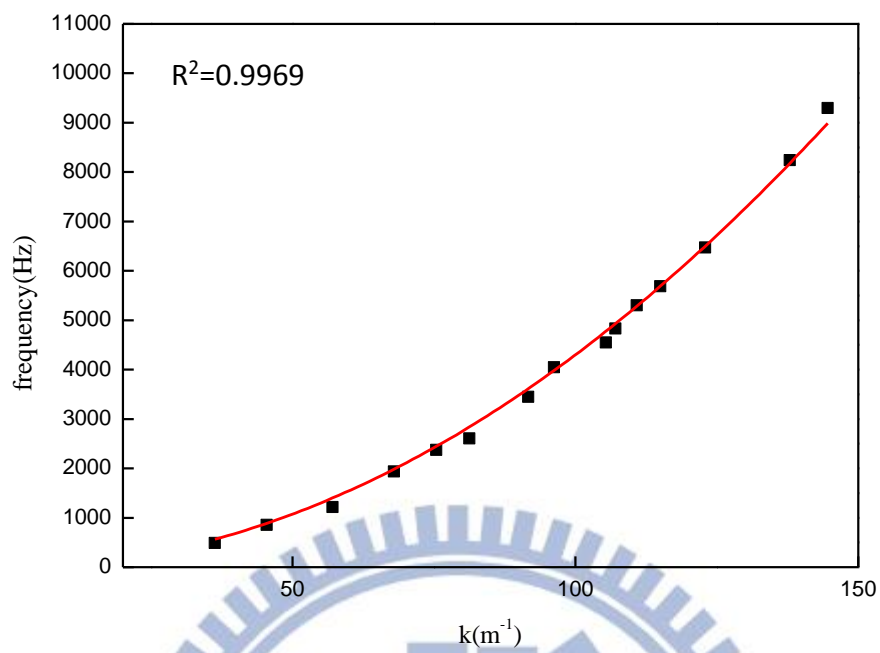


圖 5.33 玻璃的色散關係圖

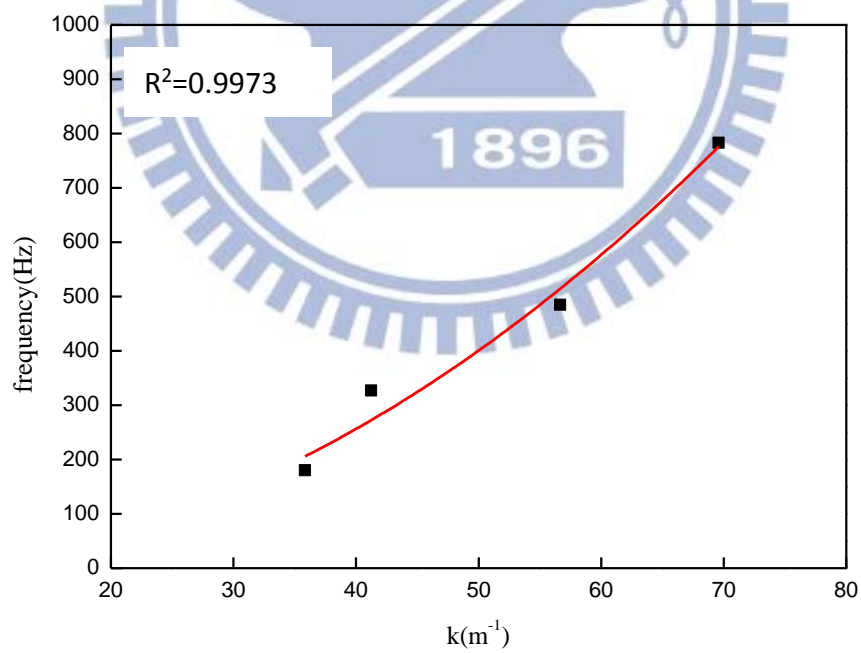


圖 5.34 壓克力的色散關係圖



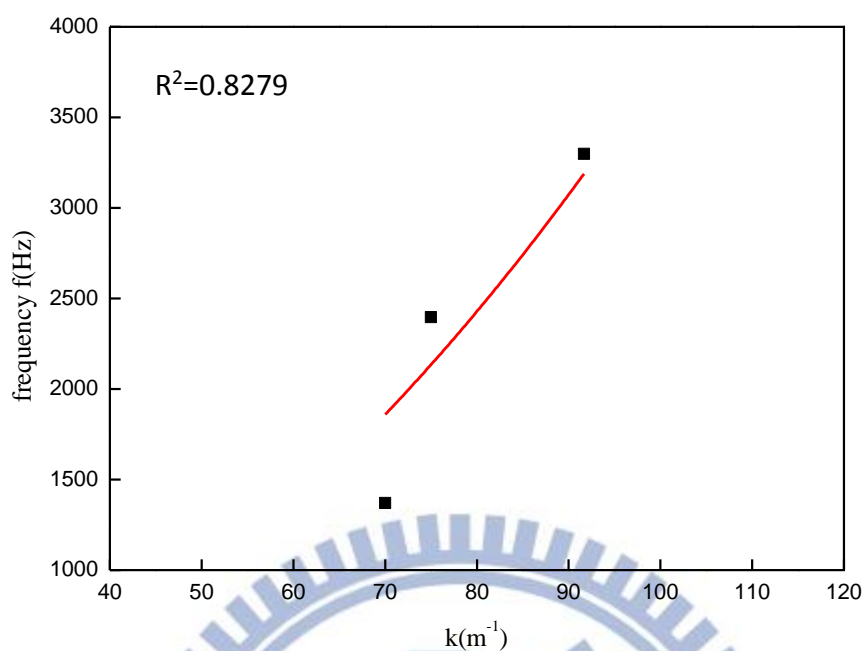


圖 5.35 木板的色散關係圖

各材質色散關係統一整理如下：

	C(m²/s)	R²
青銅	0.16492	0.9988
黃銅	0.16418	0.9981
無氧銅	0.16708	0.9993
不鏽鋼	0.22219	0.9991
玻璃	0.43002	0.9969
壓克力	0.16002	0.9973
木板	0.37944	0.8279

表 5.1 不同材質色散關係

(表 5.1)顯示除木板外絕大多數材質平板均可透過此重建方式精準決定其色散關係。

## 5.5 反相疊加節線圖樣的理論修正

在前面章節我們提到絕大多數節線圖樣均可完美重建，僅有少數不完全遵守方形對稱以及節線通過中心波源的圖樣無法重建出。部分節線通過中心波源且滿足方形對稱性的圖樣，在過去文獻中已被討論。在沃菴(Mary Desiree Waller)的論文中曾提及平板振盪的模態可存在兩種組成形式：正相(in-phase)基底疊加與反相(anti-phase)基底疊加：

$$\psi(x, y) = A \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{n\pi y}{a}\right) \pm B \cos\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{m\pi y}{a}\right) \quad (5.5.1)$$

其中  $A$  和  $B$  為疊加係數。

式(5.5.1)的正相及反相疊加係數比重可呈現如(圖 5.36)。

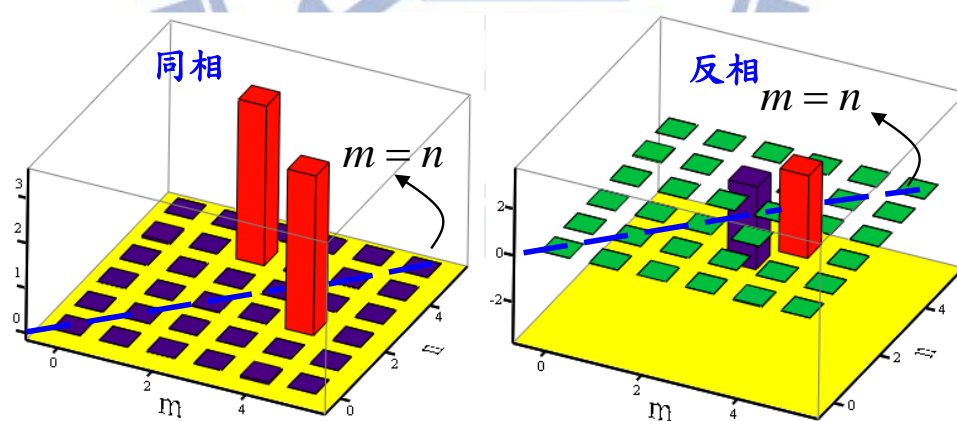


圖 5.36 同相及反相疊加係數關係圖

由(圖 5.36)可知若疊加係數沿  $m=n$  對稱為正相。反之，當組成沿  $m=n$  反對稱為反相。以此概念修正理論模型我們可以模擬出反相疊加的節線圖樣，並與實驗結果進行比對。

各材質反相圖樣比對結果如下：

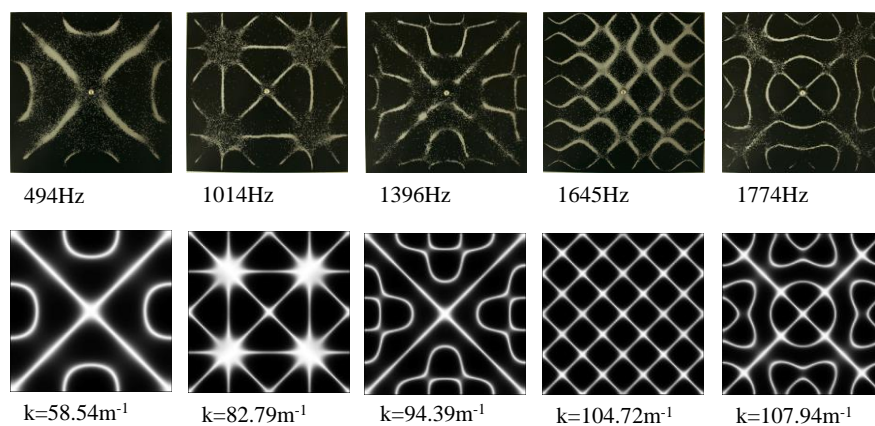


圖 5.37 青銅反相節線圖樣比對

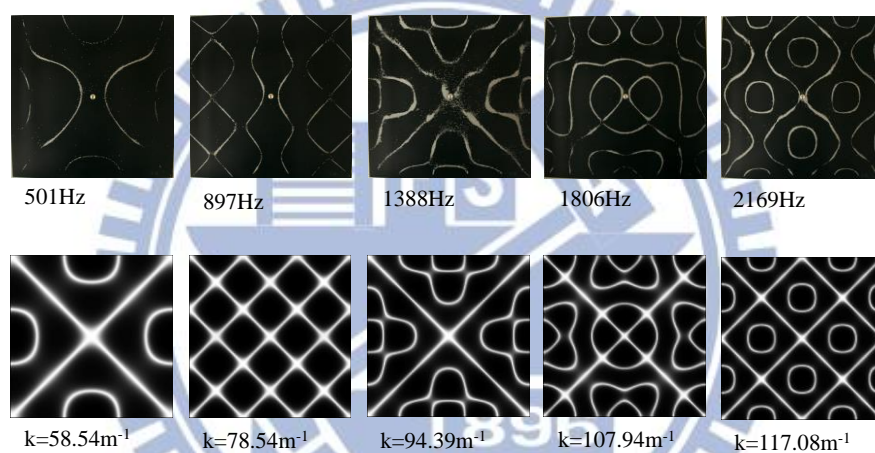


圖 5.38 黃銅反相節線圖樣比對

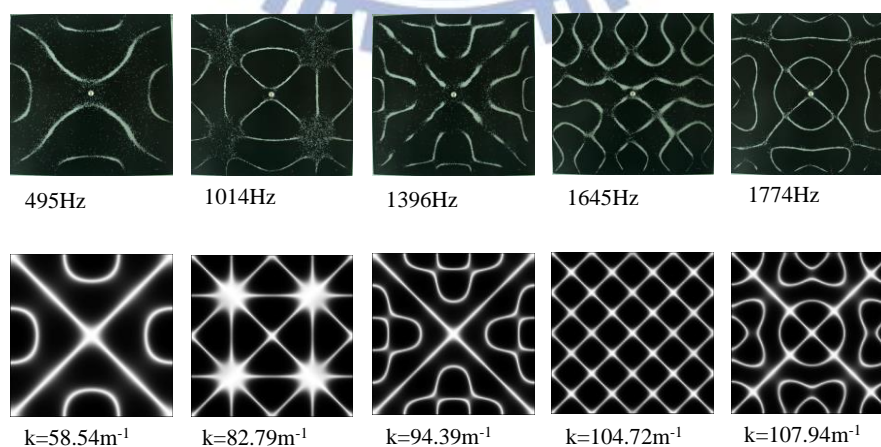


圖 5.39 無氧銅反相節線圖樣比對

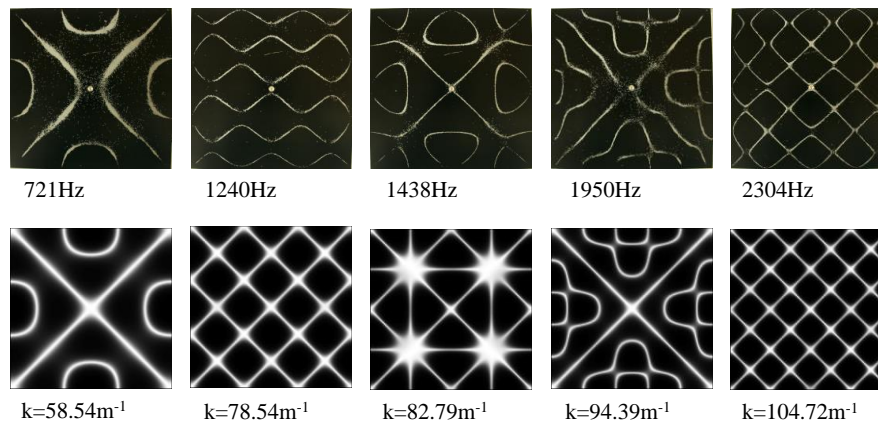


圖 5.40 不鏽鋼反相節線圖樣比對

玻璃、壓克力和木板由於節線圖樣少故觀察不到是否一樣擁有反相圖樣。然而，青銅、黃銅、無氧銅及不鏽鋼實驗結果的反相節線圖樣透過修正後的理論模型亦能夠有完美的重建結果。此外，先前在正相圖樣上的重建已確定能取得精準的色散關係。接著我們想檢驗是否反相重建的結果亦能得到與同相重建相符的色散關係。

分析結果如下：

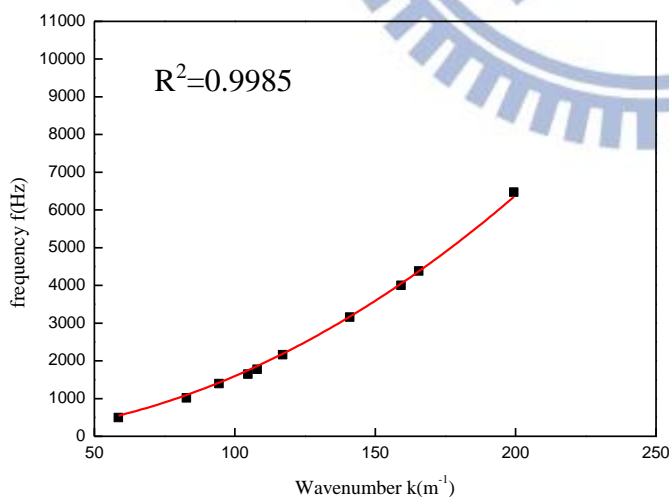


圖 5.41 青銅反相色散關係圖

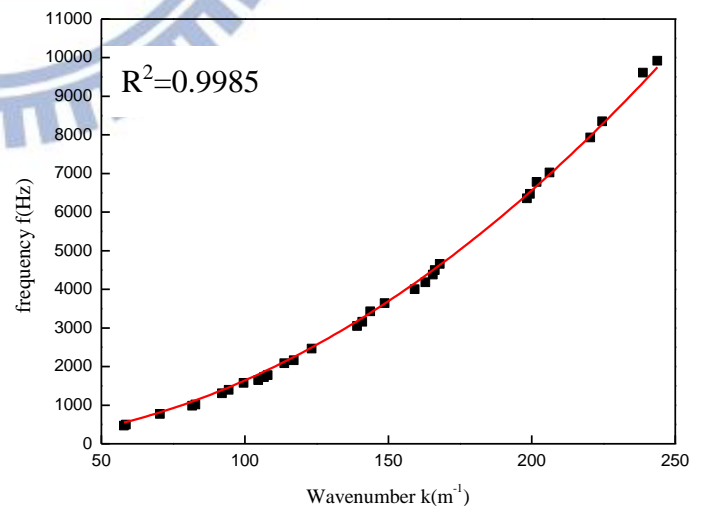


圖 5.42 青銅結合正反相色散關係圖



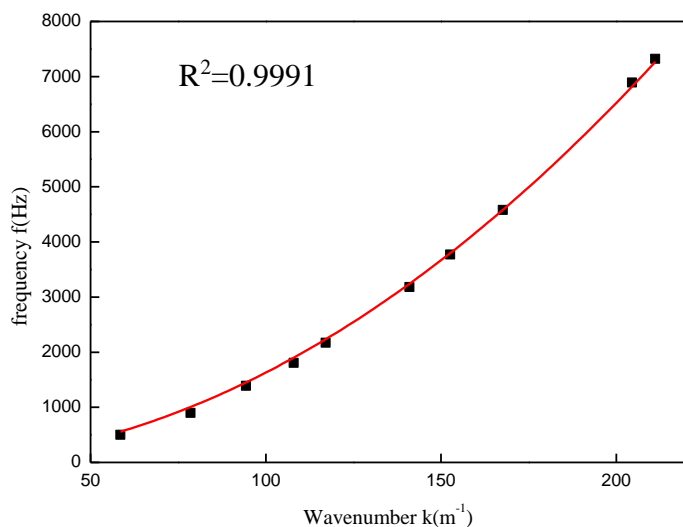


圖 5.43 黃銅反相色散關係圖

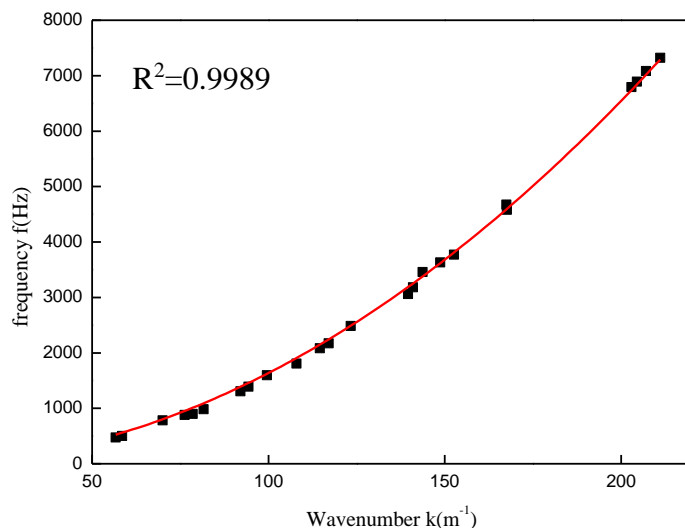


圖 5.44 黃銅結合正反相色散關係圖

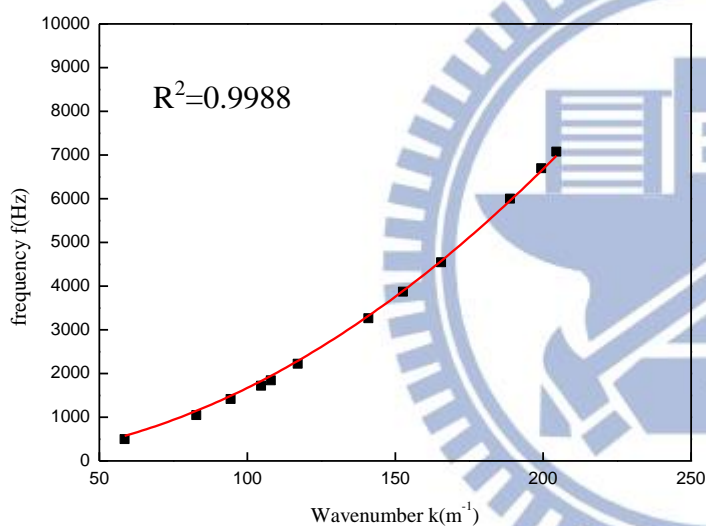


圖 5.45 無氧銅反相色散關係圖

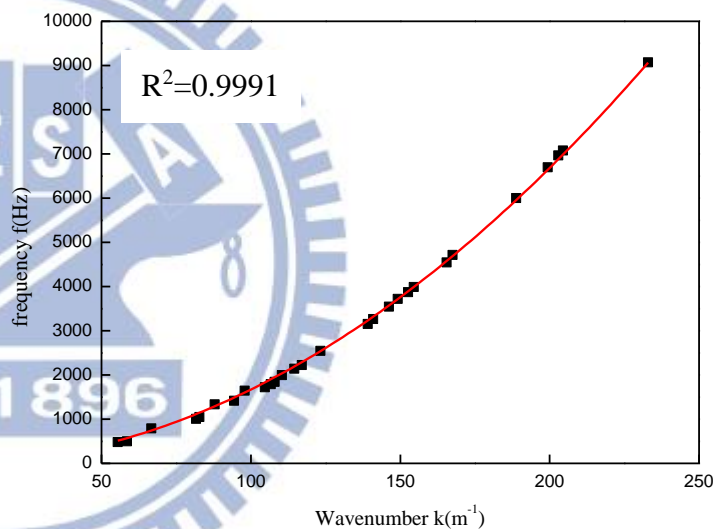


圖 5.46 無氧銅結合正反相色散關係圖

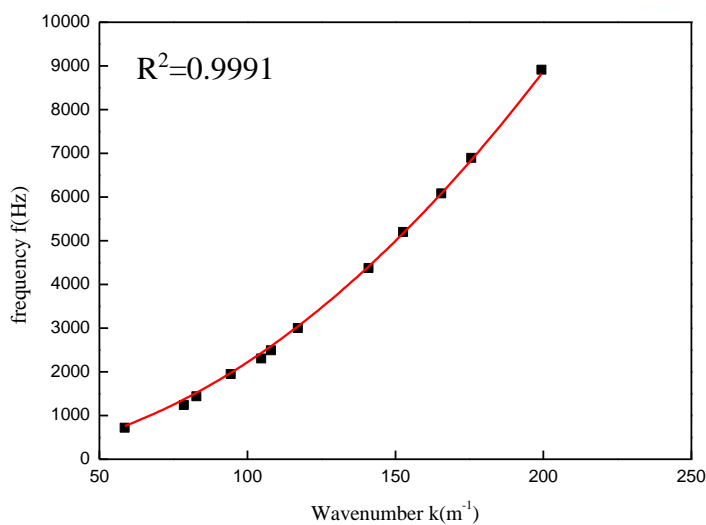


圖 5.47 不鏽鋼反相色散關係圖

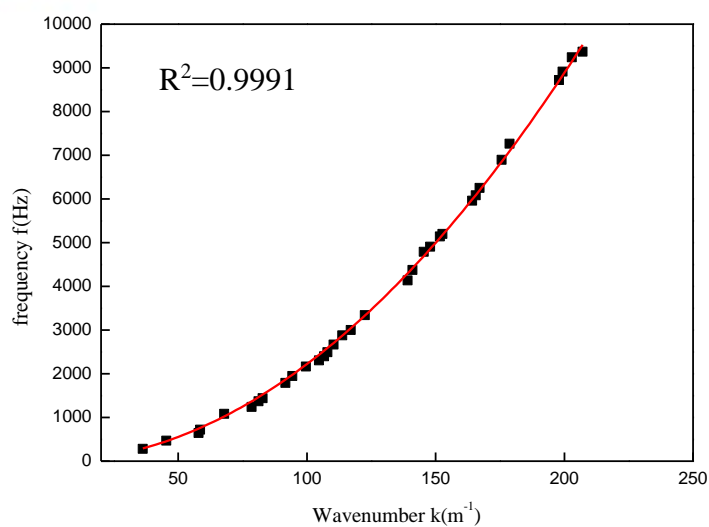


圖 5.48 不鏽鋼結合正反相色散關係圖

比較正、反相以及結合正反相重建結果擬合的  $C$  值(表 5.2)。

	In-phase $C$	Anti-phase $C$	In+Anti phase $C$
青銅	0.16492	0.15965	0.16409
黃銅	0.16418	0.1631	0.16366
無氧銅	0.16708	0.16704	0.16706
不鏽鋼	0.22219	0.22198	0.22212

表 5.2 各材質正、反及結合正反相色散關係  $C$  值比較

由上表得知，正相或是反相重建結果取得的色散關係  $C$  值並無太大差異。然而，利用正反相重建擬合之結果應更能呈現該材質的真實色散關係。

我們根據選用的材質，查表取得其楊氏係數(Young's modulus)和泊松比(Poisson's ratio)以及密度，利用彈性理論公式計算出該材質的理論色散關係  $C_t$  值如(表 5.3)。

	密度 ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	Young's modulus (Gpa)	Poisson's ratio	$C_t(\text{m}^2/\text{s})$
青銅	8.40~8.73	96~120	0.34	0.16516~0.18825
黃銅	8.5~8.8	100~125	0.357	0.16844~0.19248
無氧銅	8.92	100~128	0.34	0.16856~0.19071
不鏽鋼	7.70~7.93	180~200	0.265~0.303	0.22485~0.24336
玻璃	~2.5	50~90	0.22	0.40671~0.54567
壓克力	~1.18	3.03	0.33	0.14217
木板	0.4~0.78	9~13	~0.3	0.47648~0.79967

表 5.3 各材質各項彈性、物理係數

(表 5.2)顯示由於傳統上楊氏係數和泊松比的測定主要為統計範圍，故所得  $C_t$  值亦存在範圍區間。可見利用查表及彈性理論計算之

結果無法呈現各材質平版本身真實的色散關係。我們將此理論計算

結果與重建擬合所得結果進行比較如(表 5.4)。

	$C_t(m^2/s)$	$C(m^2/s)$
青銅	0.16516~0.18825	0.16409
黃銅	0.16844~0.19248	0.16366
無氧銅	0.16856~0.19071	0.16706
不鏽鋼	0.22485~0.24336	0.22212
玻璃	0.40671~0.54567	0.43002
壓克力	0.14217	0.16002
木板	0.47648~0.79967	0.37944

表 5.4 彈性理論計算及重建擬合各材質色散關係  $C$  值之比較

(表 5.4)顯示經由本文方法所得的色散關係與彈性理論計算預測數值相當接近。然而，本文方法可透過簡單的平板振盪實驗加以理論重建已取得各平板材質之色散關係，不需額外測量楊氏係數和泊松比也大幅減少決定色散關係所需的時間以及測量誤差。由於其便利及準確性，我們相信此方法在避免機械工程結構的振盪設計上可提供相當大的幫助。

# 第六章

## 結論與未來展望

### 6.1 結論

我們成功建立一套簡單、快速且精準的分析方法，分析各種材質平板的共振模態和聲學色散關係。實驗上我們透過自動化量測方式使決定該材質的共振頻率並記錄相對應的節線圖樣。理論上我們由波動方程建構二維平板共振模態的數學形式。透過調變理論模型的驅動波數  $k$ ，我們可完美重建不同共振頻率  $f$  下實驗的節線圖樣。結合共振頻率和驅動波數間的關係，我們可透過數值軟體擬合出該材質平板的色散關係。這套方法使得我們可以直接決定個別狀況的共振模態及色散關係，而不需實際測量該材質的彈性係數，大幅減小了量測上造成的誤差以及花費的時間，相信會更有利於機械和工程學上共振預防 (resonance prevention) 的設計與應用，以及減少樂器製作分析上的複雜度。

此外，共振模態理論模型的建立，除了成功得到理論模擬的節線圖樣外，更可得到了平板內部聲波的強度分布，有助於進一步了解聲波在介質中能量傳遞的情形，並分析力學上應力和應變關係。



## 6.2 未來展望

此論文研究顯示，這套方法不論在理論研究或是應用上，都展現出其簡單且便利的特性。過去，相關的文獻中曾提及反相疊加模態的產生與所謂泊松耦合(Poisson coupling)有關。若能更精確量測反相節線圖樣的頻率，並進一步找出反相疊加正相疊加頻率差的關係，將有助於我們直接推廣理論模行決定出該材質平板的泊松比(Poisson ratio)。取得泊松比後根據彈性理論的色散關係及可一對一決定楊氏係數(Young's modulus)，使此理論方式更加完備且有更高的應用價值。



## 參考文獻

- [1] E. Hecht, "*Optics, 4<sup>th</sup> Edition*" (Addison Wesley 2002).
- [2] Lord Rayleigh, "*Theory of Sound*" (Dover, New York, 1945).
- [3] E. Chladni, "*Entdeckungen über die Theorie des Klanges*" (Weidmanns, Erben und Reich, Leipzig, Germany, 1787).
- [4] M. J. Gander, F. Kwok, "*Chladni figures and the Tacoma bridge: Motivating PDE eigenvalue problems via vibrating plates,*" SIAM Review **54**, 573 (2012).
- [5] A.W. Leissa, "*Vibration of plates*" (Acoustical Society of America 1993).
- [6] P. M. Morse, "*Vibration and sound*" (Acoustical society of America 1981).
- [7] M. Alfano and Pagnotta, "*Determining the elastic properties of isotropic materials by modal vibration testing of rectangular thin plates,*" J. Sound Vibration **293**, 426 (2006).
- [8] M. Alfano and Pagnotta, "*A non destructive technique for the elastic characterization of thin isotropic plates,*" NDT&E Int. **40**, 112 (2007).
- [9] D. L. Powers, "*Boundary value problems and partial differential equations, 5<sup>th</sup> Edition*" (Elsevier Academic Press 2006).
- [10] J. C. Snowdon, "*Forced vibration of internally damped rectangular and square plates with simply supported boundaries,*" J. Acoust. Soc. Am. **56**, 1177 (1974).
- [11] J. D. Jackson, "*Classical Electrodynamics, 3<sup>rd</sup> Edition*" (John Wiley & Sons, INC. 1999).
- [12] 張海瀾, "*理論聲學*"(高等教育出版社 2012 年)。
- [13] C. C. Ma and H. Y. Lin, "*Experimental measurements on transverse vibration characteristics of piezoceramic rectangular plates by optical methods,*" J.

- Sound and Vibration **286**, 587 (2004).
- [14]O. Holmgren, K. Kokkonen, T. Veijola, T. Mattila, V. Kaajakari, A. Oja, J. V Knuuttila and M. Kaivola, “*Analysis of vibration modes in a micromechanical square-plate resonator*,” J. Micromech. Microeng. **19**, 015028 (2009).
- [15]A. Frendi, L. Maestrello and A. Bayliss, “*Coupling between plate vibration and acoustics radiation*,” J. Sound and Vibration **177**, 207 (1994).
- [16]A. Ergin and B. Uğurlu, “*Linear vibration analysis of cantilever plates partially submerged in fluid*,” J. Fluids and Structures **17**, 927 (2003).
- [17]M. Amabili, G. Frosali and M. K. Kwak, “*Free vibrations of annular plates coupled with fluids*,” J. Sound and Vibration **191**, 825 (1996).
- [18]W. M. Beltman, P. J. M. van der Hoogt, R. M. E. J. Spiering and H. Tjeldeman, “*Air loads on a rigid plate oscillating normal to a fixed surface*,” J. Sound and Vibration **206**, 217 (1997).
- [19]M. Dorrestijn, A. Bietsch, T. Açıkalın, A. Raman, M. Hegner, E. Meyer, and Ch. Gerber, “*Chladni figures revisited based on nanomechanics*,” Phys. Rev. Lett. **98**, 026102 (2007).
- [20]H. J. van Gerner, M. A. van der Hoef, D. van der Meer and K. van der Weele, “*Inversion of Chladni patterns by tuning the vibrational acceleration*,” Phys. Rev. E **82**, 012301 (2010).
- [21][http://en.wikipedia.org/wiki/Ernst\\_Chladni](http://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Chladni)
- [22]<http://www.immanence.ca/book/export/html/497>
- [23]<http://en.wikipedia.org/wiki/Cymatics>
- [24][http://www.cymascope.com/cyma\\_research/history.html](http://www.cymascope.com/cyma_research/history.html)
- [25]M. D. Waller, “*Vibrations produced in bodies by contact with solid carbon dioxide*,” Proc. Phys. Soc. **45**, 101 (1933).

- [26]M. D. Waller, “*The production of chladni figures by means of solid carbon dioxide. Part 1- bars and other metal bodies,*” Proc. Phys. Soc. **49**, 522 (1937).
- [27]M. D. Waller, “*Vibrations of free circular plates. Part 1: Normal modes,*” Proc. Phys. Soc. **50**, 70 (1938).
- [28]M. D. Waller, “*Vibrations of free circular plates. Part 2: Compounded normal modes,*” Proc. Phys. Soc. **50**, 77 (1938).
- [29]M. D. Waller, “*Vibrations of free square plates: part I. Normal vibrating modes,*” Proc. Phys. Soc. **51**, 831 (1939).
- [30]M. D. Waller, “*Vibrations of free plates: isosceles right-angled triangles,*” Proc. Phys. Soc. **53**, 35 (1941).
- [31]M. D. Waller, “*Vibrations of free square plates: part II, compounded normal modes,*” Proc. Phys. Soc. **52**, 452 (1940).
- [32]M. D. Waller, “*Vibrations of Free Rectangular Plates,*” Proc. Phys. Soc. B **62**, 277 (1949).
- [33]M. D. Waller, “*Vibration of free plates-line symmetry corresponding modes,*” Proc. Roy. Soc. A **211**, 265 (1951).
- [34]M. D. Waller, “*Interpreting Chladni Figures,*” Am. J. Phys. **25**, 157 (1957).
- [35]<http://memo.cgu.edu.tw/yun-ju/cguweb/phychiu/pointhalliday/HPT201Oscillation.htm>
- [36]劉延柱, “*趣味振動力學*”(高等教育出版社 2012)。
- [37][http://en.wikipedia.org/wiki/Interference\\_\(wave\\_propagation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Interference_(wave_propagation))
- [38]陳永富、梁興弛, “*自然科學與視覺化*”(滄海書局 2013)。
- [39]C. G. Torre, “*Foundations of wave phenomena*”(2004).
- [40]E. Ventsel and T. Krauthammer, “*Thin Plates and Shells*” (Marcel Dekker,



New York, 2004).

[41]<http://en.wikipedia.org/wiki/Bronze>

[42]<http://en.wikipedia.org/wiki/Brass>

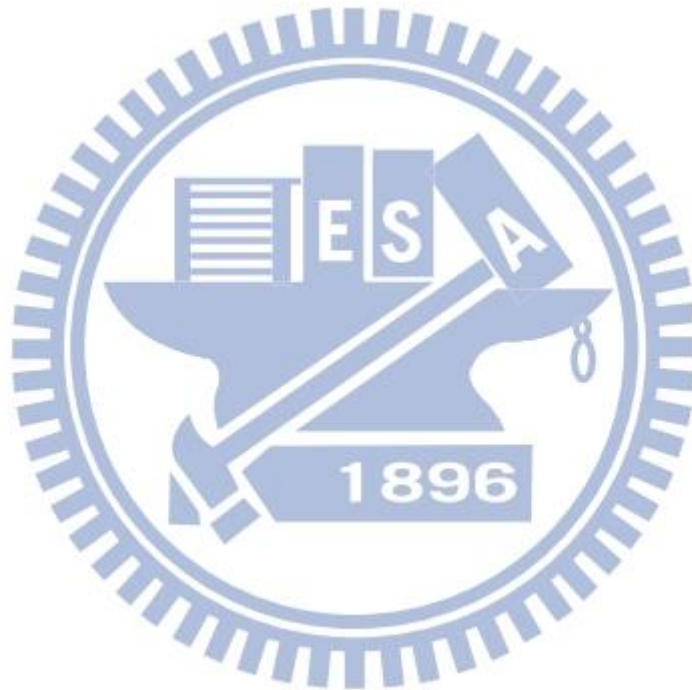
[43]<http://en.wikipedia.org/wiki/Copper>

[44][http://en.wikipedia.org/wiki/Stainless\\_steel](http://en.wikipedia.org/wiki/Stainless_steel)

[45]<http://en.wikipedia.org/wiki/Glass>

[46][http://en.wikipedia.org/wiki/Poly\(methyl\\_methacrylate\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Poly(methyl_methacrylate))

[47]<http://en.wikipedia.org/wiki/Wood>



# 附錄一：儀器本身的頻率與電流變化

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
100	35.693	226	39.312	352	38.91	478	38.405	604	37.75	730	37.12	856	36.475	982	35.911
102	36.025	228	39.311	354	38.902	480	38.395	606	37.741	732	37.111	858	36.468	984	35.901
104	36.312	230	39.311	356	38.892	482	38.387	608	37.728	734	37.101	860	36.455	986	35.893
106	36.564	232	39.31	358	38.885	484	38.377	610	37.717	736	37.09	862	36.445	988	35.884
108	36.802	234	39.31	360	38.876	486	38.368	612	37.705	738	37.08	864	36.438	990	35.876
110	37.005	236	39.307	362	38.869	488	38.359	614	37.697	740	37.072	866	36.428	992	35.865
112	37.186	238	39.306	364	38.861	490	38.35	616	37.686	742	37.06	868	36.417	994	35.856
114	37.361	240	39.303	366	38.855	492	38.34	618	37.676	744	37.05	870	36.407	996	35.847
116	37.514	242	39.3	368	38.85	494	38.33	620	37.666	746	37.041	872	36.396	998	35.839
118	37.654	244	39.295	370	38.842	496	38.32	622	37.656	748	37.028	874	36.385	1000	35.83
120	37.789	246	39.292	372	38.833	498	38.312	624	37.647	750	37.019	876	36.373	1002	35.823
122	37.904	248	39.286	374	38.827	500	38.301	626	37.638	752	37.009	878	36.364	1004	35.812
124	38.008	250	39.283	376	38.819	502	38.29	628	37.626	754	37	880	36.353	1006	35.804
126	38.106	252	39.28	378	38.813	504	38.281	630	37.615	756	36.987	882	36.34	1008	35.795
128	38.194	254	39.275	380	38.804	506	38.269	632	37.604	758	36.977	884	36.327	1010	35.785
130	38.278	256	39.269	382	38.797	508	38.258	634	37.596	760	36.965	886	36.314	1012	35.777
132	38.35	258	39.264	384	38.79	510	38.248	636	37.582	762	36.956	888	36.297	1014	35.769
134	38.415	260	39.26	386	38.781	512	38.239	638	37.575	764	36.947	890	36.284	1016	35.76
136	38.475	262	39.254	388	38.774	514	38.228	640	37.564	766	36.935	892	36.271	1018	35.749
138	38.531	264	39.246	390	38.768	516	38.215	642	37.554	768	36.924	894	36.259	1020	35.739
140	38.583	266	39.241	392	38.759	518	38.205	644	37.544	770	36.911	896	36.247	1022	35.731
142	38.628	268	39.233	394	38.751	520	38.195	646	37.534	772	36.896	898	36.236	1024	35.721
144	38.675	270	39.227	396	38.745	522	38.186	648	37.523	774	36.884	900	36.225	1026	35.711
146	38.719	272	39.221	398	38.737	524	38.175	650	37.518	776	36.87	902	36.215	1028	35.702
148	38.761	274	39.212	400	38.729	526	38.163	652	37.507	778	36.862	904	36.206	1030	35.691
150	38.8	276	39.205	402	38.722	528	38.154	654	37.497	780	36.856	906	36.196	1032	35.682
152	38.832	278	39.197	404	38.713	530	38.142	656	37.489	782	36.85	908	36.186	1034	35.674
154	38.905	280	39.19	406	38.704	532	38.133	658	37.48	784	36.843	910	36.179	1036	35.663
156	38.936	282	39.184	408	38.696	534	38.123	660	37.469	786	36.834	912	36.17	1038	35.656
158	38.967	284	39.175	410	38.691	536	38.111	662	37.46	788	36.825	914	36.161	1040	35.649
160	38.998	286	39.166	412	38.681	538	38.102	664	37.448	790	36.816	916	36.154	1042	35.641
162	39.025	288	39.159	414	38.672	540	38.092	666	37.439	792	36.806	918	36.145	1044	35.633
164	39.047	290	39.153	416	38.663	542	38.084	668	37.427	794	36.797	920	36.137	1046	35.626
166	39.07	292	39.146	418	38.658	544	38.073	670	37.42	796	36.786	922	36.13	1048	35.619
168	39.092	294	39.14	420	38.652	546	38.059	672	37.409	798	36.777	924	36.122	1050	35.609
170	39.11	296	39.13	422	38.646	548	38.049	674	37.4	800	36.768	926	36.117	1052	35.598
172	39.126	298	39.122	424	38.634	550	38.04	676	37.389	802	36.758	928	36.11	1054	35.59
174	39.144	300	39.113	426	38.628	552	38.031	678	37.38	804	36.745	930	36.103	1056	35.582
176	39.158	302	39.106	428	38.621	554	38.022	680	37.372	806	36.734	932	36.093	1058	35.574
178	39.171	304	39.1	430	38.613	556	38.009	682	37.363	808	36.721	934	36.086	1060	35.567
180	39.183	306	39.092	432	38.605	558	37.998	684	37.354	810	36.711	936	36.083	1062	35.556
182	39.198	308	39.083	434	38.596	560	37.987	686	37.343	812	36.702	938	36.077	1064	35.549
184	39.212	310	39.076	436	38.588	562	37.978	688	37.333	814	36.695	940	36.071	1066	35.539
186	39.224	312	39.069	438	38.581	564	37.97	690	37.323	816	36.684	942	36.064	1068	35.531
188	39.236	314	39.061	440	38.574	566	37.955	692	37.311	818	36.673	944	36.057	1070	35.523
190	39.248	316	39.052	442	38.564	568	37.946	694	37.302	820	36.661	946	36.052	1072	35.514
192	39.254	318	39.047	444	38.558	570	37.936	696	37.292	822	36.65	948	36.046	1074	35.506
194	39.262	320	39.036	446	38.546	572	37.926	698	37.282	824	36.637	950	36.04	1076	35.497
196	39.269	322	39.03	448	38.538	574	37.915	700	37.269	826	36.627	952	36.031	1078	35.488
198	39.274	324	39.022	450	38.531	576	37.9	702	37.26	828	36.616	954	36.023	1080	35.481
200	39.28	326	39.013	452	38.521	578	37.887	704	37.251	830	36.605	956	36.016	1082	35.472
202	39.286	328	39.005	454	38.513	580	37.877	706	37.242	832	36.59	958	36.008	1084	35.463
204	39.29	330	38.998	456	38.502	582	37.867	708	37.234	834	36.578	960	36.001	1086	35.455
206	39.292	332	38.987	458	38.494	584	37.86	710	37.223	836	36.568	962	35.993	1088	35.445
208	39.294	334	38.98	460	38.485	586	37.851	712	37.213	838	36.558	964	35.987	1090	35.436
210	39.296	336	38.971	462	38.477	588	37.842	714	37.205	840	36.55	966	35.977	1092	35.427
212	39.299	338	38.963	464	38.47	590	37.829	716	37.194	842	36.539	968	35.969	1094	35.418
214	39.301	340	38.956	466	38.46	592	37.819	718	37.184	844	36.529	970	35.961	1096	35.41
216	39.302	342	38.949	468	38.45	594	37.809	720	37.17	846	36.519	972	35.952	1098	35.402
218	39.307	344	38.943	470	38.441	596	37.795	722	37.162	848	36.509	974	35.944	1100	35.395
220	39.31	346	38.932	472	38.431	598	37.784	724	37.152	850	36.5	976	35.936	1102	35.386
222	39.311	348	38.925	474	38.423	600	37.773	726	37.141	852	36.494	978	35.928	1104	35.377
224	39.313	350	38.917	476	38.412	602	37.762	728	37.13	854	36.485	980	35.92	1106	35.368

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
1108	35.359	1234	34.8	1360	34.283	1486	33.775	1612	33.532	1738	33.104	1864	32.688	1990	32.27
1110	35.352	1236	34.79	1362	34.277	1488	33.768	1614	33.525	1740	33.095	1866	32.686	1992	32.264
1112	35.338	1238	34.782	1364	34.268	1490	33.76	1616	33.514	1742	33.09	1868	32.674	1994	32.26
1114	35.329	1240	34.774	1366	34.26	1492	33.752	1618	33.51	1744	33.086	1870	32.667	1996	32.254
1116	35.32	1242	34.765	1368	34.25	1494	33.744	1620	33.505	1746	33.082	1872	32.662	1998	32.246
1118	35.313	1244	34.755	1370	34.242	1496	33.738	1622	33.496	1748	33.076	1874	32.654	2000	32.242
1120	35.305	1246	34.747	1372	34.234	1498	33.729	1624	33.491	1750	33.071	1876	32.648	2002	32.237
1122	35.297	1248	34.739	1374	34.226	1500	33.721	1626	33.485	1752	33.062	1878	32.639	2004	32.231
1124	35.288	1250	34.729	1376	34.216	1502	33.713	1628	33.477	1754	33.055	1880	32.634	2006	32.224
1126	35.279	1252	34.722	1378	34.209	1504	33.722	1630	33.469	1756	33.043	1882	32.63	2008	32.209
1128	35.269	1254	34.713	1380	34.202	1506	33.914	1632	33.462	1758	33.038	1884	32.623	2010	32.203
1130	35.261	1256	34.704	1382	34.193	1508	33.906	1634	33.456	1760	33.031	1886	32.615	2012	32.199
1132	35.253	1258	34.695	1384	34.187	1510	33.896	1636	33.449	1762	33.025	1888	32.61	2014	32.194
1134	35.246	1260	34.687	1386	34.179	1512	33.891	1638	33.442	1764	33.016	1890	32.605	2016	32.187
1136	35.237	1262	34.679	1388	34.168	1514	33.883	1640	33.438	1766	33.011	1892	32.598	2018	32.183
1138	35.227	1264	34.67	1390	34.16	1516	33.876	1642	33.428	1768	33.005	1894	32.593	2020	32.174
1140	35.218	1266	34.663	1392	34.153	1518	33.87	1644	33.415	1770	33.001	1896	32.58	2022	32.168
1142	35.209	1268	34.654	1394	34.146	1520	33.864	1646	33.41	1772	32.994	1898	32.57	2024	32.161
1144	35.2	1270	34.647	1396	34.137	1522	33.858	1648	33.402	1774	32.988	1900	32.566	2026	32.157
1146	35.191	1272	34.64	1398	34.131	1524	33.848	1650	33.396	1776	32.979	1902	32.559	2028	32.151
1148	35.182	1274	34.626	1400	34.121	1526	33.841	1652	33.389	1778	32.976	1904	32.552	2030	32.146
1150	35.174	1276	34.621	1402	34.112	1528	33.837	1654	33.382	1780	32.97	1906	32.547	2032	32.139
1152	35.164	1278	34.612	1404	34.106	1530	33.829	1656	33.378	1782	32.963	1908	32.54	2034	32.131
1154	35.156	1280	34.605	1406	34.097	1532	33.814	1658	33.369	1784	32.951	1910	32.533	2036	32.121
1156	35.148	1282	34.596	1408	34.09	1534	33.807	1660	33.364	1786	32.943	1912	32.526	2038	32.117
1158	35.14	1284	34.589	1410	34.083	1536	33.802	1662	33.357	1788	32.937	1914	32.522	2040	32.11
1160	35.131	1286	34.581	1412	34.075	1538	33.795	1664	33.35	1790	32.931	1916	32.515	2042	32.105
1162	35.12	1288	34.573	1414	34.063	1540	33.787	1666	33.344	1792	32.925	1918	32.511	2044	32.098
1164	35.111	1290	34.566	1416	34.056	1542	33.783	1668	33.338	1794	32.92	1920	32.503	2046	32.091
1166	35.102	1292	34.557	1418	34.046	1544	33.774	1670	33.33	1796	32.913	1922	32.496	2048	32.087
1168	35.095	1294	34.548	1420	34.04	1546	33.767	1672	33.319	1798	32.905	1924	32.482	2050	32.081
1170	35.088	1296	34.54	1422	34.031	1548	33.759	1674	33.312	1800	32.9	1926	32.476	2052	32.076
1172	35.075	1298	34.532	1424	34.023	1550	33.753	1676	33.307	1802	32.892	1928	32.471	2054	32.07
1174	35.065	1300	34.525	1426	34.014	1552	33.747	1678	33.299	1804	32.888	1930	32.464	2056	32.061
1176	35.057	1302	34.517	1428	34.007	1554	33.741	1680	33.292	1806	32.878	1932	32.46	2058	32.055
1178	35.047	1304	34.507	1430	33.998	1556	33.734	1682	33.285	1808	32.875	1934	32.453	2060	32.049
1180	35.039	1306	34.501	1432	33.99	1558	33.728	1684	33.279	1810	32.867	1936	32.449	2062	32.042
1182	35.03	1308	34.493	1434	33.984	1560	33.714	1686	33.274	1812	32.855	1938	32.442	2064	32.033
1184	35.023	1310	34.486	1436	33.975	1562	33.708	1688	33.27	1814	32.849	1940	32.435	2066	32.027
1186	35.013	1312	34.478	1438	33.967	1564	33.7	1690	33.261	1816	32.841	1942	32.43	2068	32.018
1188	35.005	1314	34.471	1440	33.963	1566	33.694	1692	33.255	1818	32.836	1944	32.424	2070	32.013
1190	34.997	1316	34.463	1442	33.954	1568	33.688	1694	33.248	1820	32.833	1946	32.416	2072	32.007
1192	34.987	1318	34.452	1444	33.944	1570	33.683	1696	33.243	1822	32.824	1948	32.412	2074	32.003
1194	34.978	1320	34.446	1446	33.937	1572	33.674	1698	33.237	1824	32.82	1950	32.406	2076	31.997
1196	34.969	1322	34.438	1448	33.928	1574	33.668	1700	33.225	1826	32.812	1952	32.393	2078	31.992
1198	34.96	1324	34.429	1450	33.921	1576	33.66	1702	33.221	1828	32.808	1954	32.387	2080	31.985
1200	34.951	1326	34.422	1452	33.912	1578	33.653	1704	33.214	1830	32.8	1956	32.38	2082	31.979
1202	34.942	1328	34.416	1454	33.905	1580	33.646	1706	33.209	1832	32.794	1958	32.373	2084	31.972
1204	34.932	1330	34.406	1456	33.898	1582	33.636	1708	33.203	1834	32.787	1960	32.366	2086	31.968
1206	34.924	1332	34.398	1458	33.889	1584	33.629	1710	33.195	1836	32.782	1962	32.361	2088	31.962
1208	34.916	1334	34.39	1460	33.882	1586	33.623	1712	33.188	1838	32.774	1964	32.357	2090	31.956
1210	34.908	1336	34.383	1462	33.873	1588	33.613	1714	33.184	1840	32.762	1966	32.349	2092	31.943
1212	34.898	1338	34.375	1464	33.865	1590	33.607	1716	33.178	1842	32.755	1968	32.344	2094	31.936
1214	34.89	1340	34.367	1466	33.858	1592	33.598	1718	33.174	1844	32.749	1970	32.338	2096	31.932
1216	34.881	1342	34.358	1468	33.851	1594	33.591	1720	33.165	1846	32.743	1972	32.33	2098	31.925
1218	34.872	1344	34.349	1470	33.842	1596	33.584	1722	33.159	1848	32.738	1974	32.326	2100	31.921
1220	34.862	1346	34.341	1472	33.833	1598	33.577	1724	33.154	1850	32.729	1976	32.321	2102	31.915
1222	34.855	1348	34.333	1474	33.825	1600	33.57	1726	33.147	1852	32.723	1978	32.314	2104	31.91
1224	34.846	1350	34.324	1476	33.818	1602	33.565	1728	33.134	1854	32.717	1980	32.299	2106	31.9
1226	34.837	1352	34.316	1478	33.809	1604	33.558	1730	33.129	1856	32.711	1982	32.295	2108	31.896
1228	34.827	1354	34.307	1480	33.802	1606	33.553	1732	33.123	1858	32.705	1984	32.287	2110	31.89
1230	34.818	1356	34.298	1482	33.792	1608	33.542	1734	33.117	1860	32.7	1986	32.283	2112	31.884
1232	34.811	1358	34.29	1484	33.783	1610	33.541	1736	33.11	1862	32.692	1988	32.277	2114	31.879

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
2116	31.878	2242	31.481	2368	31.1	2494	30.701	2620	30.433	2746	30.098	2872	29.768	2998	29.438
2118	31.869	2244	31.474	2370	31.094	2496	30.697	2622	30.43	2748	30.092	2874	29.763	3000	29.434
2120	31.856	2246	31.469	2372	31.079	2498	30.694	2624	30.419	2750	30.086	2876	29.753	3002	29.43
2122	31.851	2248	31.466	2374	31.075	2500	30.688	2626	30.413	2752	30.082	2878	29.748	3004	29.427
2124	31.846	2250	31.459	2376	31.071	2502	30.684	2628	30.408	2754	30.076	2880	29.741	3006	29.425
2126	31.838	2252	31.452	2378	31.065	2504	30.68	2630	30.403	2756	30.073	2882	29.738	3008	29.419
2128	31.834	2254	31.447	2380	31.06	2506	30.674	2632	30.398	2758	30.067	2884	29.732	3010	29.415
2130	31.828	2256	31.445	2382	31.055	2508	30.67	2634	30.394	2760	30.062	2886	29.731	3012	29.409
2132	31.821	2258	31.437	2384	31.047	2510	30.666	2636	30.388	2762	30.056	2888	29.727	3014	29.405
2134	31.815	2260	31.426	2386	31.043	2512	30.654	2638	30.385	2764	30.045	2890	29.721	3016	29.398
2136	31.811	2262	31.42	2388	31.038	2514	30.652	2640	30.378	2766	30.04	2892	29.717	3018	29.394
2138	31.803	2264	31.412	2390	31.034	2516	30.647	2642	30.375	2768	30.036	2894	29.712	3020	29.39
2140	31.798	2266	31.406	2392	31.027	2518	30.641	2644	30.37	2770	30.032	2896	29.706	3022	29.388
2142	31.791	2268	31.401	2394	31.022	2520	30.638	2646	30.365	2772	30.027	2898	29.7	3024	29.381
2144	31.786	2270	31.398	2396	31.015	2522	30.634	2648	30.36	2774	30.023	2900	29.696	3026	29.378
2146	31.781	2272	31.393	2398	31.01	2524	30.632	2650	30.359	2776	30.016	2902	29.69	3028	29.373
2148	31.768	2274	31.386	2400	30.997	2526	30.628	2652	30.345	2778	30.01	2904	29.681	3030	29.37
2150	31.762	2276	31.379	2402	30.993	2528	30.623	2654	30.341	2780	30.006	2906	29.676	3032	29.365
2152	31.758	2278	31.371	2404	30.985	2530	30.619	2656	30.336	2782	30.002	2908	29.672	3034	29.361
2154	31.751	2280	31.366	2406	30.981	2532	30.614	2658	30.332	2784	29.997	2910	29.666	3036	29.356
2156	31.746	2282	31.361	2408	30.974	2534	30.611	2660	30.326	2786	29.991	2912	29.663	3038	29.351
2158	31.74	2284	31.358	2410	30.968	2536	30.609	2662	30.323	2788	29.985	2914	29.658	3040	29.348
2160	31.733	2286	31.353	2412	30.963	2538	30.605	2664	30.316	2790	29.983	2916	29.654	3042	29.344
2162	31.726	2288	31.338	2414	30.957	2540	30.599	2666	30.311	2792	29.971	2918	29.648	3044	29.339
2164	31.722	2290	31.332	2416	30.953	2542	30.595	2668	30.307	2794	29.965	2920	29.64	3046	29.336
2166	31.715	2292	31.329	2418	30.945	2544	30.592	2670	30.301	2796	29.961	2922	29.636	3048	29.332
2168	31.711	2294	31.322	2420	30.94	2546	30.59	2672	30.297	2798	29.957	2924	29.631	3050	29.319
2170	31.706	2296	31.317	2422	30.932	2548	30.586	2674	30.293	2800	29.953	2926	29.627	3052	29.314
2172	31.699	2298	31.311	2424	30.928	2550	30.583	2676	30.287	2802	29.947	2928	29.623	3054	29.31
2174	31.694	2300	31.305	2426	30.922	2552	30.578	2678	30.283	2804	29.943	2930	29.618	3056	29.306
2176	31.682	2302	31.3	2428	30.908	2554	30.577	2680	30.269	2806	29.938	2932	29.607	3058	29.301
2178	31.674	2304	31.293	2430	30.903	2556	30.571	2682	30.263	2808	29.933	2934	29.602	3060	29.296
2180	31.671	2306	31.289	2432	30.898	2558	30.567	2684	30.26	2810	29.929	2936	29.598	3062	29.293
2182	31.664	2308	31.283	2434	30.889	2560	30.563	2686	30.256	2812	29.923	2938	29.593	3064	29.288
2184	31.66	2310	31.278	2436	30.885	2562	30.56	2688	30.247	2814	29.918	2940	29.589	3066	29.285
2186	31.654	2312	31.27	2438	30.878	2564	30.557	2690	30.243	2816	29.915	2942	29.583	3068	29.28
2188	31.648	2314	31.263	2440	30.876	2566	30.553	2692	30.242	2818	29.913	2944	29.578	3070	29.276
2190	31.642	2316	31.252	2442	30.867	2568	30.544	2694	30.237	2820	29.899	2946	29.573	3072	29.271
2192	31.638	2318	31.245	2444	30.861	2570	30.539	2696	30.231	2822	29.893	2948	29.57	3074	29.267
2194	31.633	2320	31.241	2446	30.854	2572	30.536	2698	30.228	2824	29.888	2950	29.565	3076	29.263
2196	31.626	2322	31.238	2448	30.847	2574	30.533	2700	30.221	2826	29.885	2952	29.561	3078	29.26
2198	31.622	2324	31.228	2450	30.841	2576	30.53	2702	30.218	2828	29.88	2954	29.556	3080	29.255
2200	31.616	2326	31.224	2452	30.837	2578	30.527	2704	30.212	2830	29.876	2956	29.55	3082	29.25
2202	31.608	2328	31.217	2454	30.832	2580	30.52	2706	30.208	2832	29.871	2958	29.547	3084	29.246
2204	31.595	2330	31.21	2456	30.819	2582	30.516	2708	30.196	2834	29.866	2960	29.535	3086	29.243
2206	31.59	2332	31.208	2458	30.812	2584	30.513	2710	30.191	2836	29.859	2962	29.532	3088	29.238
2208	31.585	2334	31.201	2460	30.804	2586	30.506	2712	30.187	2838	29.854	2964	29.526	3090	29.231
2210	31.579	2336	31.195	2462	30.799	2588	30.503	2714	30.182	2840	29.851	2966	29.522	3092	29.229
2212	31.572	2338	31.189	2464	30.796	2590	30.501	2716	30.175	2842	29.847	2968	29.516	3094	29.221
2214	31.567	2340	31.183	2466	30.79	2592	30.496	2718	30.172	2844	29.842	2970	29.511	3096	29.219
2216	31.559	2342	31.181	2468	30.784	2594	30.492	2720	30.167	2846	29.837	2972	29.504	3098	29.213
2218	31.555	2344	31.165	2470	30.775	2596	30.484	2722	30.163	2848	29.824	2974	29.503	3100	29.21
2220	31.547	2346	31.161	2472	30.772	2598	30.48	2724	30.156	2850	29.82	2976	29.498	3102	29.207
2222	31.545	2348	31.153	2474	30.768	2600	30.473	2726	30.151	2852	29.814	2978	29.495	3104	29.203
2224	31.539	2350	31.15	2476	30.762	2602	30.47	2728	30.146	2854	29.811	2980	29.488	3106	29.197
2226	31.533	2352	31.141	2478	30.755	2604	30.463	2730	30.142	2856	29.808	2982	29.485	3108	29.193
2228	31.527	2354	31.138	2480	30.749	2606	30.461	2732	30.137	2858	29.801	2984	29.48	3110	29.188
2230	31.521	2356	31.131	2482	30.742	2608	30.457	2734	30.133	2860	29.794	2986	29.477	3112	29.184
2232	31.509	2358	31.126	2484	30.73	2610	30.453	2736	30.123	2862	29.79	2988	29.464	3114	29.18
2234	31.504	2360	31.12	2486	30.722	2612	30.448	2738	30.117	2864	29.786	2990	29.46	3116	29.178
2236	31.498	2362	31.113	2488	30.719	2614	30.445	2740	30.111	2866	29.785	2992	29.454	3118	29.175
2238	31.49	2364	31.109	2490	30.714	2616	30.444	2742	30.105	2868	29.779	2994	29.447	3120	29.169
2240	31.484	2366	31.107	2492	30.709	2618	30.437	2744	30.102	2870	29.775	2996	29.443	3122	29.166

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
3124	29.163	3250	28.872	3376	28.607	3502	28.34	3628	28.077	3754	27.823	3880	27.567	4006	27.298
3126	29.158	3252	28.868	3378	28.601	3504	28.337	3630	28.074	3756	27.821	3882	27.564	4008	27.297
3128	29.153	3254	28.864	3380	28.597	3506	28.332	3632	28.071	3758	27.815	3884	27.56	4010	27.293
3130	29.148	3256	28.861	3382	28.593	3508	28.328	3634	28.065	3760	27.812	3886	27.556	4012	27.289
3132	29.145	3258	28.856	3384	28.589	3510	28.325	3636	28.062	3762	27.808	3888	27.552	4014	27.287
3134	29.139	3260	28.851	3386	28.584	3512	28.318	3638	28.057	3764	27.804	3890	27.547	4016	27.282
3136	29.134	3262	28.849	3388	28.58	3514	28.316	3640	28.054	3766	27.801	3892	27.544	4018	27.279
3138	29.129	3264	28.844	3390	28.578	3516	28.311	3642	28.05	3768	27.796	3894	27.54	4020	27.275
3140	29.125	3266	28.841	3392	28.574	3518	28.307	3644	28.046	3770	27.79	3896	27.536	4022	27.272
3142	29.121	3268	28.836	3394	28.569	3520	28.303	3646	28.042	3772	27.786	3898	27.531	4024	27.271
3144	29.116	3270	28.832	3396	28.566	3522	28.301	3648	28.039	3774	27.782	3900	27.527	4026	27.267
3146	29.106	3272	28.829	3398	28.56	3524	28.295	3650	28.032	3776	27.779	3902	27.523	4028	27.264
3148	29.102	3274	28.822	3400	28.556	3526	28.291	3652	28.028	3778	27.776	3904	27.518	4030	27.258
3150	29.1	3276	28.82	3402	28.551	3528	28.28	3654	28.026	3780	27.771	3906	27.514	4032	27.256
3152	29.094	3278	28.815	3404	28.55	3530	28.274	3656	28.02	3782	27.767	3908	27.511	4034	27.251
3154	29.089	3280	28.811	3406	28.546	3532	28.271	3658	28.017	3784	27.765	3910	27.5	4036	27.25
3156	29.085	3282	28.807	3408	28.54	3534	28.266	3660	28.014	3786	27.761	3912	27.497	4038	27.245
3158	29.08	3284	28.802	3410	28.537	3536	28.262	3662	28.011	3788	27.757	3914	27.491	4040	27.241
3160	29.075	3286	28.799	3412	28.532	3538	28.259	3664	28.006	3790	27.753	3916	27.489	4042	27.237
3162	29.072	3288	28.794	3414	28.526	3540	28.255	3666	28.003	3792	27.749	3918	27.486	4044	27.235
3164	29.068	3290	28.79	3416	28.523	3542	28.251	3668	27.997	3794	27.745	3920	27.483	4046	27.231
3166	29.064	3292	28.785	3418	28.518	3544	28.246	3670	27.992	3796	27.741	3922	27.48	4048	27.227
3168	29.059	3294	28.782	3420	28.515	3546	28.243	3672	27.989	3798	27.739	3924	27.473	4050	27.222
3170	29.053	3296	28.777	3422	28.512	3548	28.241	3674	27.985	3800	27.733	3926	27.472	4052	27.217
3172	29.048	3298	28.773	3424	28.508	3550	28.236	3676	27.983	3802	27.729	3928	27.465	4054	27.214
3174	29.045	3300	28.769	3426	28.502	3552	28.232	3678	27.98	3804	27.726	3930	27.461	4056	27.21
3176	29.041	3302	28.765	3428	28.499	3554	28.228	3680	27.975	3806	27.723	3932	27.456	4058	27.206
3178	29.036	3304	28.76	3430	28.493	3556	28.224	3682	27.972	3808	27.718	3934	27.451	4060	27.203
3180	29.032	3306	28.756	3432	28.482	3558	28.22	3684	27.969	3810	27.712	3936	27.448	4062	27.2
3182	29.027	3308	28.753	3434	28.478	3560	28.214	3686	27.964	3812	27.708	3938	27.445	4064	27.196
3184	29.022	3310	28.748	3436	28.474	3562	28.211	3688	27.961	3814	27.696	3940	27.441	4066	27.192
3186	29.018	3312	28.743	3438	28.471	3564	28.207	3690	27.956	3816	27.692	3942	27.437	4068	27.189
3188	29.014	3314	28.74	3440	28.467	3566	28.204	3692	27.951	3818	27.688	3944	27.43	4070	27.182
3190	29.012	3316	28.736	3442	28.463	3568	28.202	3694	27.948	3820	27.683	3946	27.428	4072	27.179
3192	29.007	3318	28.732	3444	28.458	3570	28.194	3696	27.943	3822	27.68	3948	27.424	4074	27.176
3194	29.003	3320	28.726	3446	28.453	3572	28.191	3698	27.939	3824	27.674	3950	27.42	4076	27.173
3196	28.998	3322	28.726	3448	28.449	3574	28.186	3700	27.935	3826	27.671	3952	27.416	4078	27.169
3198	28.992	3324	28.719	3450	28.444	3576	28.182	3702	27.932	3828	27.667	3954	27.413	4080	27.164
3200	28.989	3326	28.715	3452	28.442	3578	28.178	3704	27.929	3830	27.665	3956	27.407	4082	27.16
3202	28.985	3328	28.71	3454	28.438	3580	28.174	3706	27.925	3832	27.659	3958	27.403	4084	27.156
3204	28.981	3330	28.706	3456	28.434	3582	28.17	3708	27.92	3834	27.655	3960	27.399	4086	27.152
3206	28.975	3332	28.702	3458	28.428	3584	28.165	3710	27.915	3836	27.651	3962	27.395	4088	27.146
3208	28.971	3334	28.698	3460	28.425	3586	28.162	3712	27.912	3838	27.649	3964	27.389	4090	27.142
3210	28.965	3336	28.696	3462	28.42	3588	28.159	3714	27.908	3840	27.645	3966	27.386	4092	27.139
3212	28.963	3338	28.684	3464	28.416	3590	28.154	3716	27.905	3842	27.641	3968	27.381	4094	27.135
3214	28.956	3340	28.677	3466	28.414	3592	28.153	3718	27.894	3844	27.638	3970	27.375	4096	27.131
3216	28.953	3342	28.673	3468	28.408	3594	28.148	3720	27.89	3846	27.634	3972	27.37	4098	27.126
3218	28.948	3344	28.67	3470	28.406	3596	28.144	3722	27.885	3848	27.628	3974	27.365	4100	27.115
3220	28.945	3346	28.665	3472	28.402	3598	28.139	3724	27.881	3850	27.621	3976	27.36	4102	27.111
3222	28.941	3348	28.661	3474	28.397	3600	28.136	3726	27.879	3852	27.619	3978	27.352	4104	27.106
3224	28.937	3350	28.656	3476	28.393	3602	28.133	3728	27.876	3854	27.614	3980	27.346	4106	27.103
3226	28.931	3352	28.651	3478	28.389	3604	28.128	3730	27.869	3856	27.612	3982	27.343	4108	27.098
3228	28.927	3354	28.65	3480	28.386	3606	28.125	3732	27.865	3858	27.607	3984	27.335	4110	27.094
3230	28.922	3356	28.644	3482	28.382	3608	28.12	3734	27.86	3860	27.603	3986	27.328	4112	27.09
3232	28.919	3358	28.64	3484	28.378	3610	28.116	3736	27.857	3862	27.6	3988	27.326	4114	27.091
3234	28.914	3360	28.635	3486	28.374	3612	28.112	3738	27.853	3864	27.599	3990	27.327	4116	27.084
3236	28.91	3362	28.632	3488	28.369	3614	28.109	3740	27.848	3866	27.595	3992	27.323	4118	27.081
3238	28.907	3364	28.632	3490	28.364	3616	28.105	3742	27.845	3868	27.591	3994	27.322	4120	27.076
3240	28.904	3366	28.627	3492	28.358	3618	28.101	3744	27.845	3870	27.586	3996	27.321	4122	27.073
3242	28.899	3368	28.623	3494	28.356	3620	28.097	3746	27.838	3872	27.581	3998	27.318	4124	27.068
3244	28.89	3370	28.618	3496	28.351	3622	28.093	3748	27.834	3874	27.578	4000	27.315	4126	27.064
3246	28.884	3372	28.613	3498	28.348	3624	28.086	3750	27.831	3876	27.573	4002	27.311	4128	27.059
3248	28.879	3374	28.61	3500	28.343	3626	28.081	3752	27.827	3878	27.57	4004	27.312	4130	27.054



f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
4132	27.049	4258	26.82	4384	26.561	4510	26.253	4636	25.899	4762	25.397	4888	24.588	5014	24.577
4134	27.044	4260	26.817	4386	26.557	4512	26.249	4638	25.893	4764	25.387	4890	24.57	5016	24.592
4136	27.04	4262	26.815	4388	26.542	4514	26.244	4640	25.885	4766	25.377	4892	24.558	5018	24.612
4138	27.037	4264	26.81	4390	26.537	4516	26.24	4642	25.878	4768	25.343	4894	24.543	5020	24.627
4140	27.033	4266	26.806	4392	26.533	4518	26.236	4644	25.874	4770	25.331	4896	24.532	5022	24.643
4142	27.029	4268	26.802	4394	26.531	4520	26.229	4646	25.866	4772	25.32	4898	24.519	5024	24.657
4144	27.024	4270	26.8	4396	26.525	4522	26.224	4648	25.863	4774	25.312	4900	24.508	5026	24.674
4146	27.02	4272	26.794	4398	26.521	4524	26.221	4650	25.851	4776	25.299	4902	24.498	5028	24.691
4148	27.014	4274	26.791	4400	26.516	4526	26.215	4652	25.845	4778	25.291	4904	24.482	5030	24.709
4150	27.01	4276	26.786	4402	26.513	4528	26.211	4654	25.839	4780	25.278	4906	24.475	5032	24.729
4152	27.005	4278	26.783	4404	26.507	4530	26.201	4656	25.833	4782	25.27	4908	24.461	5034	24.743
4154	27.001	4280	26.781	4406	26.502	4532	26.198	4658	25.826	4784	25.259	4910	24.453	5036	24.759
4156	26.997	4282	26.778	4408	26.498	4534	26.192	4660	25.822	4786	25.249	4912	24.442	5038	24.778
4158	26.992	4284	26.773	4410	26.491	4536	26.187	4662	25.814	4788	25.237	4914	24.43	5040	24.794
4160	26.986	4286	26.768	4412	26.488	4538	26.182	4664	25.807	4790	25.228	4916	24.418	5042	24.81
4162	26.985	4288	26.764	4414	26.486	4540	26.176	4666	25.797	4792	25.218	4918	24.411	5044	24.828
4164	26.984	4290	26.758	4416	26.48	4542	26.172	4668	25.793	4794	25.207	4920	24.4	5046	24.849
4166	26.981	4292	26.746	4418	26.477	4544	26.168	4670	25.785	4796	25.196	4922	24.393	5048	24.865
4168	26.979	4294	26.744	4420	26.471	4546	26.162	4672	25.781	4798	25.185	4924	24.382	5050	24.892
4170	26.972	4296	26.74	4422	26.467	4548	26.157	4674	25.755	4800	25.176	4926	24.376	5052	24.908
4172	26.971	4298	26.735	4424	26.463	4550	26.153	4676	25.749	4802	25.163	4928	24.369	5054	24.923
4174	26.967	4300	26.732	4426	26.459	4552	26.148	4678	25.741	4804	25.154	4930	24.357	5056	24.991
4176	26.965	4302	26.729	4428	26.455	4554	26.144	4680	25.734	4806	25.143	4932	24.347	5058	25.003
4178	26.961	4304	26.723	4430	26.451	4556	26.137	4682	25.729	4808	25.132	4934	24.343	5060	25.02
4180	26.96	4306	26.719	4432	26.446	4558	26.133	4684	25.721	4810	25.115	4936	24.334	5062	25.038
4182	26.956	4308	26.714	4434	26.443	4560	26.126	4686	25.715	4812	25.104	4938	24.331	5064	25.054
4184	26.953	4310	26.712	4436	26.438	4562	26.122	4688	25.707	4814	25.089	4940	24.325	5066	25.068
4186	26.95	4312	26.71	4438	26.432	4564	26.117	4690	25.696	4816	25.081	4942	24.321	5068	25.088
4188	26.949	4314	26.705	4440	26.427	4566	26.112	4692	25.688	4818	25.068	4944	24.317	5070	25.102
4190	26.946	4316	26.702	4442	26.424	4568	26.105	4694	25.681	4820	25.06	4946	24.313	5072	25.119
4192	26.942	4318	26.696	4444	26.42	4570	26.098	4696	25.675	4822	25.043	4948	24.311	5074	25.136
4194	26.939	4320	26.693	4446	26.416	4572	26.092	4698	25.667	4824	25.033	4950	24.309	5076	25.153
4196	26.93	4322	26.689	4448	26.411	4574	26.087	4700	25.659	4826	25.021	4952	24.306	5078	25.159
4198	26.927	4324	26.683	4450	26.405	4576	26.082	4702	25.651	4828	25.005	4954	24.305	5080	25.177
4200	26.925	4326	26.679	4452	26.4	4578	26.064	4704	25.646	4830	24.995	4956	24.305	5082	25.19
4202	26.921	4328	26.677	4454	26.395	4580	26.058	4706	25.633	4832	24.979	4958	24.304	5084	25.205
4204	26.919	4330	26.669	4456	26.391	4582	26.053	4708	25.628	4834	24.972	4960	24.308	5086	25.218
4206	26.915	4332	26.667	4458	26.386	4584	26.045	4710	25.621	4836	24.957	4962	24.311	5088	25.233
4208	26.91	4334	26.662	4460	26.381	4586	26.043	4712	25.612	4838	24.946	4964	24.313	5090	25.257
4210	26.906	4336	26.658	4462	26.377	4588	26.036	4714	25.602	4840	24.931	4966	24.318	5092	25.269
4212	26.902	4338	26.653	4464	26.374	4590	26.032	4716	25.595	4842	24.921	4968	24.323	5094	25.278
4214	26.9	4340	26.65	4466	26.369	4592	26.026	4718	25.589	4844	24.908	4970	24.33	5096	25.292
4216	26.897	4342	26.646	4468	26.364	4594	26.023	4720	25.581	4846	24.894	4972	24.336	5098	25.304
4218	26.893	4344	26.643	4470	26.359	4596	26.015	4722	25.573	4848	24.881	4974	24.343	5100	25.319
4220	26.891	4346	26.639	4472	26.355	4598	26.011	4724	25.564	4850	24.862	4976	24.347	5102	25.331
4222	26.886	4348	26.635	4474	26.351	4600	26.005	4726	25.557	4852	24.849	4978	24.357	5104	25.345
4224	26.883	4350	26.63	4476	26.346	4602	25.997	4728	25.547	4854	24.834	4980	24.365	5106	25.356
4226	26.879	4352	26.626	4478	26.342	4604	25.992	4730	25.536	4856	24.819	4982	24.373	5108	25.368
4228	26.875	4354	26.623	4480	26.337	4606	25.987	4732	25.528	4858	24.809	4984	24.378	5110	25.379
4230	26.873	4356	26.618	4482	26.321	4608	25.98	4734	25.519	4860	24.797	4986	24.393	5112	25.38
4232	26.868	4358	26.614	4484	26.317	4610	25.972	4736	25.512	4862	24.783	4988	24.398	5114	25.394
4234	26.866	4360	26.611	4486	26.312	4612	25.966	4738	25.503	4864	24.746	4990	24.41	5116	25.403
4236	26.861	4362	26.606	4488	26.307	4614	25.964	4740	25.495	4866	24.733	4992	24.42	5118	25.415
4238	26.859	4364	26.605	4490	26.301	4616	25.957	4742	25.485	4868	24.721	4994	24.433	5120	25.425
4240	26.855	4366	26.601	4492	26.296	4618	25.951	4744	25.477	4870	24.707	4996	24.445	5122	25.438
4242	26.853	4368	26.597	4494	26.29	4620	25.945	4746	25.467	4872	24.694	4998	24.459	5124	25.444
4244	26.849	4370	26.59	4496	26.287	4622	25.941	4748	25.459	4874	24.684	5000	24.47	5126	25.455
4246	26.846	4372	26.588	4498	26.283	4624	25.934	4750	25.45	4876	24.665	5002	24.485	5128	25.466
4248	26.842	4374	26.582	4500	26.278	4626	25.927	4752	25.443	4878	24.656	5004	24.497	5130	25.479
4250	26.836	4376	26.579	4502	26.273	4628	25.922	4754	25.432	4880	24.641	5006	24.514	5132	25.487
4252	26.831	4378	26.574	4504	26.267	4630	25.916	4756	25.423	4882	24.628	5008	24.526	5134	25.496
4254	26.828	4380	26.57	4506	26.263	4632	25.91	4758	25.414	4884	24.613	5010	24.547	5136	25.504
4256	26.825	4382	26.566	4508	26.259	4634	25.906	4760	25.405	4886	24.602	5012	24.559	5138	25.515

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
5140	25.52	5266	25.74	5392	25.642	5518	25.456	5644	25.28	5770	25.085	5896	24.915	6022	24.762
5142	25.529	5268	25.74	5394	25.64	5520	25.45	5646	25.278	5772	25.083	5898	24.913	6024	24.75
5144	25.537	5270	25.74	5396	25.637	5522	25.447	5648	25.275	5774	25.079	5900	24.911	6026	24.748
5146	25.545	5272	25.738	5398	25.635	5524	25.443	5650	25.27	5776	25.077	5902	24.908	6028	24.745
5148	25.551	5274	25.739	5400	25.633	5526	25.439	5652	25.267	5778	25.074	5904	24.906	6030	24.742
5150	25.58	5276	25.739	5402	25.63	5528	25.435	5654	25.263	5780	25.071	5906	24.903	6032	24.741
5152	25.584	5278	25.739	5404	25.629	5530	25.43	5656	25.261	5782	25.068	5908	24.9	6034	24.738
5154	25.591	5280	25.738	5406	25.625	5532	25.416	5658	25.257	5784	25.067	5910	24.898	6036	24.736
5156	25.598	5282	25.737	5408	25.623	5534	25.414	5660	25.255	5786	25.065	5912	24.897	6038	24.734
5158	25.605	5284	25.736	5410	25.619	5536	25.412	5662	25.252	5788	25.062	5914	24.887	6040	24.73
5160	25.611	5286	25.736	5412	25.617	5538	25.41	5664	25.249	5790	25.058	5916	24.885	6042	24.728
5162	25.615	5288	25.735	5414	25.614	5540	25.407	5666	25.247	5792	25.056	5918	24.884	6044	24.727
5164	25.621	5290	25.733	5416	25.612	5542	25.405	5668	25.243	5794	25.052	5920	24.882	6046	24.725
5166	25.629	5292	25.733	5418	25.609	5544	25.405	5670	25.241	5796	25.05	5922	24.879	6048	24.721
5168	25.634	5294	25.733	5420	25.606	5546	25.404	5672	25.236	5798	25.048	5924	24.878	6050	24.719
5170	25.639	5296	25.731	5422	25.604	5548	25.402	5674	25.236	5800	25.046	5926	24.874	6052	24.716
5172	25.643	5298	25.732	5424	25.604	5550	25.4	5676	25.232	5802	25.043	5928	24.873	6054	24.714
5174	25.649	5300	25.731	5426	25.599	5552	25.4	5678	25.231	5804	25.039	5930	24.868	6056	24.712
5176	25.653	5302	25.728	5428	25.598	5554	25.397	5680	25.228	5806	25.035	5932	24.867	6058	24.709
5178	25.659	5304	25.728	5430	25.596	5556	25.397	5682	25.226	5808	25.033	5934	24.864	6060	24.707
5180	25.662	5306	25.726	5432	25.593	5558	25.395	5684	25.221	5810	25.029	5936	24.862	6062	24.704
5182	25.666	5308	25.725	5434	25.59	5560	25.394	5686	25.217	5812	25.028	5938	24.857	6064	24.703
5184	25.669	5310	25.724	5436	25.587	5562	25.393	5688	25.214	5814	25.023	5940	24.857	6066	24.699
5186	25.673	5312	25.724	5438	25.577	5564	25.391	5690	25.21	5816	25.021	5942	24.855	6068	24.699
5188	25.676	5314	25.721	5440	25.576	5566	25.389	5692	25.208	5818	25.011	5944	24.854	6070	24.696
5190	25.679	5316	25.72	5442	25.572	5568	25.388	5694	25.206	5820	25.008	5946	24.849	6072	24.694
5192	25.685	5318	25.719	5444	25.57	5570	25.384	5696	25.202	5822	25.006	5948	24.848	6074	24.691
5194	25.688	5320	25.717	5446	25.569	5572	25.383	5698	25.201	5824	25.004	5950	24.846	6076	24.688
5196	25.691	5322	25.716	5448	25.567	5574	25.379	5700	25.197	5826	25.001	5952	24.844	6078	24.686
5198	25.694	5324	25.714	5450	25.56	5576	25.378	5702	25.194	5828	24.998	5954	24.841	6080	24.684
5200	25.695	5326	25.713	5452	25.558	5578	25.376	5704	25.191	5830	24.995	5956	24.839	6082	24.682
5202	25.699	5328	25.713	5454	25.555	5580	25.373	5706	25.19	5832	24.993	5958	24.836	6084	24.68
5204	25.702	5330	25.708	5456	25.55	5582	25.372	5708	25.186	5834	24.991	5960	24.835	6086	24.676
5206	25.703	5332	25.707	5458	25.547	5584	25.369	5710	25.183	5836	24.988	5962	24.832	6088	24.674
5208	25.706	5334	25.705	5460	25.546	5586	25.367	5712	25.179	5838	24.987	5964	24.83	6090	24.671
5210	25.709	5336	25.703	5462	25.543	5588	25.365	5714	25.179	5840	24.983	5966	24.827	6092	24.668
5212	25.711	5338	25.702	5464	25.541	5590	25.361	5716	25.175	5842	24.979	5968	24.826	6094	24.667
5214	25.713	5340	25.701	5466	25.538	5592	25.358	5718	25.172	5844	24.978	5970	24.821	6096	24.666
5216	25.717	5342	25.695	5468	25.534	5594	25.357	5720	25.169	5846	24.975	5972	24.819	6098	24.66
5218	25.718	5344	25.693	5470	25.532	5596	25.353	5722	25.165	5848	24.973	5974	24.817	6100	24.659
5220	25.72	5346	25.69	5472	25.53	5598	25.35	5724	25.155	5850	24.971	5976	24.814	6102	24.657
5222	25.722	5348	25.688	5474	25.526	5600	25.348	5726	25.154	5852	24.968	5978	24.813	6104	24.654
5224	25.724	5350	25.687	5476	25.522	5602	25.345	5728	25.151	5854	24.964	5980	24.811	6106	24.652
5226	25.727	5352	25.685	5478	25.52	5604	25.343	5730	25.147	5856	24.961	5982	24.807	6108	24.65
5228	25.727	5354	25.683	5480	25.516	5606	25.34	5732	25.142	5858	24.958	5984	24.805	6110	24.647
5230	25.729	5356	25.681	5482	25.515	5608	25.337	5734	25.14	5860	24.956	5986	24.802	6112	24.646
5232	25.73	5358	25.68	5484	25.511	5610	25.332	5736	25.136	5862	24.955	5988	24.8	6114	24.643
5234	25.732	5360	25.678	5486	25.51	5612	25.332	5738	25.133	5864	24.954	5990	24.798	6116	24.641
5236	25.733	5362	25.677	5488	25.506	5614	25.328	5740	25.13	5866	24.952	5992	24.795	6118	24.639
5238	25.733	5364	25.674	5490	25.5	5616	25.326	5742	25.128	5868	24.949	5994	24.793	6120	24.636
5240	25.734	5366	25.673	5492	25.498	5618	25.324	5744	25.125	5870	24.948	5996	24.791	6122	24.634
5242	25.734	5368	25.671	5494	25.493	5620	25.322	5746	25.123	5872	24.944	5998	24.789	6124	24.632
5244	25.734	5370	25.666	5496	25.491	5622	25.318	5748	25.121	5874	24.942	6000	24.786	6126	24.629
5246	25.738	5372	25.665	5498	25.488	5624	25.315	5750	25.117	5876	24.939	6002	24.783	6128	24.628
5248	25.738	5374	25.663	5500	25.486	5626	25.312	5752	25.114	5878	24.938	6004	24.781	6130	24.623
5250	25.74	5376	25.66	5502	25.483	5628	25.301	5754	25.11	5880	24.934	6006	24.779	6132	24.622
5252	25.74	5378	25.657	5504	25.48	5630	25.298	5756	25.108	5882	24.933	6008	24.776	6134	24.619
5254	25.74	5380	25.656	5506	25.475	5632	25.296	5758	25.105	5884	24.93	6010	24.775	6136	24.617
5256	25.74	5382	25.654	5508	25.471	5634	25.294	5760	25.102	5886	24.927	6012	24.772	6138	24.615
5258	25.741	5384	25.651	5510	25.468	5636	25.29	5762	25.099	5888	24.925	6014	24.771	6140	24.613
5260	25.741	5386	25.65	5512	25.464	5638	25.287	5764	25.096	5890	24.922	6016	24.767	6142	24.611
5262	25.741	5388	25.648	5514	25.461	5640	25.286	5766	25.093	5892	24.919	6018	24.765	6144	24.605
5264	25.739	5390	25.644	5516	25.457	5642	25.281	5768	25.091	5894	24.917	6020	24.763	6146	24.604

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
6148	24.601	6274	24.456	6400	24.309	6526	24.171	6652	24.03	6778	23.897	6904	23.764	7030	23.639
6150	24.599	6276	24.454	6402	24.307	6528	24.17	6654	24.027	6780	23.894	6906	23.761	7032	23.637
6152	24.596	6278	24.451	6404	24.305	6530	24.167	6656	24.025	6782	23.894	6908	23.76	7034	23.634
6154	24.595	6280	24.449	6406	24.304	6532	24.165	6658	24.023	6784	23.892	6910	23.758	7036	23.634
6156	24.591	6282	24.448	6408	24.301	6534	24.163	6660	24.021	6786	23.89	6912	23.756	7038	23.632
6158	24.589	6284	24.445	6410	24.299	6536	24.162	6662	24.019	6788	23.887	6914	23.754	7040	23.63
6160	24.587	6286	24.442	6412	24.298	6538	24.159	6664	24.016	6790	23.886	6916	23.752	7042	23.628
6162	24.584	6288	24.441	6414	24.295	6540	24.158	6666	24.013	6792	23.883	6918	23.75	7044	23.627
6164	24.582	6290	24.439	6416	24.294	6542	24.155	6668	24.012	6794	23.88	6920	23.749	7046	23.624
6166	24.579	6292	24.438	6418	24.291	6544	24.152	6670	24.01	6796	23.878	6922	23.746	7048	23.622
6168	24.577	6294	24.435	6420	24.289	6546	24.152	6672	24.007	6798	23.877	6924	23.743	7050	23.619
6170	24.574	6296	24.432	6422	24.286	6548	24.149	6674	24.006	6800	23.876	6926	23.741	7052	23.619
6172	24.572	6298	24.431	6424	24.285	6550	24.147	6676	24.004	6802	23.874	6928	23.741	7054	23.615
6174	24.571	6300	24.427	6426	24.281	6552	24.144	6678	24.001	6804	23.871	6930	23.739	7056	23.614
6176	24.569	6302	24.425	6428	24.28	6554	24.141	6680	24	6806	23.869	6932	23.735	7058	23.611
6178	24.565	6304	24.416	6430	24.278	6556	24.14	6682	23.998	6808	23.866	6934	23.734	7060	23.61
6180	24.561	6306	24.413	6432	24.276	6558	24.137	6684	23.996	6810	23.866	6936	23.732	7062	23.607
6182	24.559	6308	24.411	6434	24.275	6560	24.136	6686	23.994	6812	23.863	6938	23.73	7064	23.606
6184	24.557	6310	24.41	6436	24.272	6562	24.133	6688	23.992	6814	23.861	6940	23.729	7066	23.604
6186	24.554	6312	24.407	6438	24.269	6564	24.131	6690	23.989	6816	23.859	6942	23.728	7068	23.602
6188	24.552	6314	24.404	6440	24.266	6566	24.129	6692	23.987	6818	23.857	6944	23.724	7070	23.6
6190	24.55	6316	24.403	6442	24.263	6568	24.127	6694	23.987	6820	23.856	6946	23.722	7072	23.597
6192	24.547	6318	24.401	6444	24.262	6570	24.126	6696	23.984	6822	23.854	6948	23.72	7074	23.596
6194	24.546	6320	24.399	6446	24.259	6572	24.123	6698	23.983	6824	23.851	6950	23.718	7076	23.592
6196	24.544	6322	24.397	6448	24.257	6574	24.121	6700	23.979	6826	23.849	6952	23.716	7078	23.591
6198	24.541	6324	24.395	6450	24.255	6576	24.118	6702	23.977	6828	23.846	6954	23.714	7080	23.589
6200	24.539	6326	24.394	6452	24.253	6578	24.117	6704	23.975	6830	23.843	6956	23.712	7082	23.588
6202	24.537	6328	24.39	6454	24.25	6580	24.114	6706	23.973	6832	23.843	6958	23.711	7084	23.586
6204	24.534	6330	24.388	6456	24.249	6582	24.111	6708	23.972	6834	23.84	6960	23.709	7086	23.583
6206	24.532	6332	24.386	6458	24.247	6584	24.103	6710	23.969	6836	23.839	6962	23.708	7088	23.582
6208	24.529	6334	24.383	6460	24.246	6586	24.102	6712	23.967	6838	23.838	6964	23.705	7090	23.58
6210	24.527	6336	24.381	6462	24.243	6588	24.1	6714	23.964	6840	23.834	6966	23.704	7092	23.578
6212	24.525	6338	24.38	6464	24.24	6590	24.097	6716	23.962	6842	23.832	6968	23.702	7094	23.577
6214	24.523	6340	24.378	6466	24.238	6592	24.095	6718	23.961	6844	23.831	6970	23.699	7096	23.574
6216	24.521	6342	24.375	6468	24.236	6594	24.093	6720	23.959	6846	23.829	6972	23.697	7098	23.573
6218	24.519	6344	24.373	6470	24.235	6596	24.091	6722	23.957	6848	23.828	6974	23.695	7100	23.57
6220	24.517	6346	24.371	6472	24.231	6598	24.089	6724	23.954	6850	23.825	6976	23.694	7102	23.569
6222	24.515	6348	24.368	6474	24.23	6600	24.086	6726	23.952	6852	23.823	6978	23.689	7104	23.565
6224	24.513	6350	24.365	6476	24.229	6602	24.083	6728	23.95	6854	23.821	6980	23.689	7106	23.563
6226	24.51	6352	24.363	6478	24.225	6604	24.081	6730	23.949	6856	23.819	6982	23.687	7108	23.561
6228	24.507	6354	24.361	6480	24.222	6606	24.079	6732	23.945	6858	23.817	6984	23.683	7110	23.561
6230	24.504	6356	24.358	6482	24.221	6608	24.076	6734	23.945	6860	23.816	6986	23.681	7112	23.558
6232	24.503	6358	24.356	6484	24.219	6610	24.075	6736	23.942	6862	23.815	6988	23.679	7114	23.557
6234	24.5	6360	24.353	6486	24.216	6612	24.074	6738	23.94	6864	23.806	6990	23.677	7116	23.554
6236	24.498	6362	24.353	6488	24.214	6614	24.071	6740	23.939	6866	23.803	6992	23.675	7118	23.553
6238	24.495	6364	24.351	6490	24.212	6616	24.069	6742	23.936	6868	23.803	6994	23.673	7120	23.551
6240	24.494	6366	24.349	6492	24.209	6618	24.067	6744	23.932	6870	23.799	6996	23.671	7122	23.55
6242	24.491	6368	24.347	6494	24.208	6620	24.065	6746	23.931	6872	23.798	6998	23.668	7124	23.548
6244	24.489	6370	24.345	6496	24.205	6622	24.063	6748	23.928	6874	23.796	7000	23.666	7126	23.545
6246	24.487	6372	24.343	6498	24.203	6624	24.059	6750	23.927	6876	23.794	7002	23.665	7128	23.542
6248	24.485	6374	24.34	6500	24.201	6626	24.057	6752	23.925	6878	23.791	7004	23.664	7130	23.541
6250	24.483	6376	24.339	6502	24.199	6628	24.055	6754	23.922	6880	23.789	7006	23.662	7132	23.539
6252	24.48	6378	24.337	6504	24.195	6630	24.053	6756	23.921	6882	23.788	7008	23.66	7134	23.536
6254	24.479	6380	24.334	6506	24.194	6632	24.051	6758	23.919	6884	23.785	7010	23.658	7136	23.536
6256	24.476	6382	24.331	6508	24.191	6634	24.05	6760	23.916	6886	23.783	7012	23.656	7138	23.533
6258	24.474	6384	24.328	6510	24.189	6636	24.048	6762	23.914	6888	23.781	7014	23.653	7140	23.531
6260	24.471	6386	24.325	6512	24.188	6638	24.045	6764	23.912	6890	23.779	7016	23.652	7142	23.53
6262	24.47	6388	24.324	6514	24.183	6640	24.043	6766	23.91	6892	23.776	7018	23.65	7144	23.519
6264	24.466	6390	24.32	6516	24.182	6642	24.041	6768	23.907	6894	23.774	7020	23.649	7146	23.52
6266	24.464	6392	24.318	6518	24.18	6644	24.039	6770	23.906	6896	23.773	7022	23.646	7148	23.517
6268	24.463	6394	24.316	6520	24.178	6646	24.036	6772	23.903	6898	23.771	7024	23.645	7150	23.515
6270	24.459	6396	24.313	6522	24.175	6648	24.033	6774	23.9	6900	23.768	7026	23.643	7152	23.513
6272	24.459	6398	24.311	6524	24.172	6650	24.031	6776	23.899	6902	23.765	7028	23.641	7154	23.513

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
7156	23.511	7282	23.388	7408	23.271	7534	23.15	7660	23.036	7786	22.914	7912	22.805	8038	22.705
7158	23.509	7284	23.387	7410	23.269	7536	23.145	7662	23.033	7788	22.913	7914	22.803	8040	22.703
7160	23.507	7286	23.386	7412	23.267	7538	23.143	7664	23.032	7790	22.91	7916	22.802	8042	22.703
7162	23.505	7288	23.383	7414	23.266	7540	23.141	7666	23.03	7792	22.909	7918	22.8	8044	22.701
7164	23.502	7290	23.382	7416	23.264	7542	23.14	7668	23.029	7794	22.908	7920	22.799	8046	22.7
7166	23.5	7292	23.379	7418	23.261	7544	23.139	7670	23.026	7796	22.907	7922	22.797	8048	22.698
7168	23.499	7294	23.378	7420	23.259	7546	23.137	7672	23.024	7798	22.904	7924	22.796	8050	22.697
7170	23.497	7296	23.376	7422	23.259	7548	23.134	7674	23.022	7800	22.903	7926	22.793	8052	22.694
7172	23.496	7298	23.373	7424	23.25	7550	23.134	7676	23.02	7802	22.901	7928	22.792	8054	22.692
7174	23.493	7300	23.372	7426	23.249	7552	23.132	7678	23.019	7804	22.899	7930	22.792	8056	22.691
7176	23.492	7302	23.371	7428	23.248	7554	23.131	7680	23.018	7806	22.898	7932	22.79	8058	22.689
7178	23.489	7304	23.369	7430	23.245	7556	23.128	7682	23.015	7808	22.896	7934	22.789	8060	22.69
7180	23.486	7306	23.367	7432	23.242	7558	23.126	7684	23.014	7810	22.893	7936	22.788	8062	22.686
7182	23.484	7308	23.365	7434	23.24	7560	23.125	7686	23.014	7812	22.892	7938	22.787	8064	22.683
7184	23.482	7310	23.363	7436	23.238	7562	23.122	7688	23.011	7814	22.89	7940	22.785	8066	22.682
7186	23.48	7312	23.361	7438	23.236	7564	23.121	7690	23.009	7816	22.888	7942	22.783	8068	22.679
7188	23.479	7314	23.357	7440	23.234	7566	23.12	7692	23.007	7818	22.885	7944	22.78	8070	22.678
7190	23.478	7316	23.356	7442	23.233	7568	23.117	7694	23.005	7820	22.885	7946	22.779	8072	22.677
7192	23.475	7318	23.356	7444	23.231	7570	23.116	7696	23.003	7822	22.882	7948	22.778	8074	22.676
7194	23.474	7320	23.353	7446	23.23	7572	23.115	7698	23.002	7824	22.88	7950	22.777	8076	22.674
7196	23.47	7322	23.351	7448	23.227	7574	23.113	7700	22.999	7826	22.877	7952	22.775	8078	22.672
7198	23.469	7324	23.349	7450	23.226	7576	23.11	7702	22.998	7828	22.875	7954	22.773	8080	22.671
7200	23.467	7326	23.347	7452	23.224	7578	23.108	7704	22.988	7830	22.873	7956	22.772	8082	22.669
7202	23.465	7328	23.346	7454	23.222	7580	23.106	7706	22.987	7832	22.871	7958	22.77	8084	22.668
7204	23.464	7330	23.343	7456	23.221	7582	23.105	7708	22.985	7834	22.868	7960	22.769	8086	22.667
7206	23.462	7332	23.342	7458	23.218	7584	23.102	7710	22.983	7836	22.868	7962	22.767	8088	22.664
7208	23.46	7334	23.34	7460	23.216	7586	23.099	7712	22.981	7838	22.865	7964	22.767	8090	22.663
7210	23.458	7336	23.338	7462	23.214	7588	23.098	7714	22.979	7840	22.864	7966	22.766	8092	22.662
7212	23.457	7338	23.335	7464	23.211	7590	23.097	7716	22.977	7842	22.861	7968	22.764	8094	22.66
7214	23.454	7340	23.334	7466	23.209	7592	23.095	7718	22.976	7844	22.86	7970	22.762	8096	22.659
7216	23.452	7342	23.331	7468	23.207	7594	23.094	7720	22.972	7846	22.86	7972	22.761	8098	22.658
7218	23.451	7344	23.327	7470	23.207	7596	23.091	7722	22.971	7848	22.857	7974	22.759	8100	22.656
7220	23.449	7346	23.325	7472	23.204	7598	23.09	7724	22.97	7850	22.854	7976	22.757	8102	22.654
7222	23.447	7348	23.325	7474	23.203	7600	23.088	7726	22.968	7852	22.853	7978	22.755	8104	22.651
7224	23.444	7350	23.323	7476	23.201	7602	23.085	7728	22.966	7854	22.852	7980	22.754	8106	22.65
7226	23.441	7352	23.323	7478	23.199	7604	23.085	7730	22.965	7856	22.85	7982	22.753	8108	22.649
7228	23.439	7354	23.32	7480	23.197	7606	23.084	7732	22.962	7858	22.848	7984	22.746	8110	22.649
7230	23.437	7356	23.316	7482	23.196	7608	23.082	7734	22.961	7860	22.847	7986	22.745	8112	22.647
7232	23.438	7358	23.314	7484	23.194	7610	23.081	7736	22.96	7862	22.844	7988	22.744	8114	22.644
7234	23.435	7360	23.314	7486	23.192	7612	23.078	7738	22.958	7864	22.843	7990	22.743	8116	22.643
7236	23.433	7362	23.313	7488	23.19	7614	23.077	7740	22.956	7866	22.842	7992	22.742	8118	22.641
7238	23.431	7364	23.311	7490	23.187	7616	23.075	7742	22.954	7868	22.84	7994	22.74	8120	22.639
7240	23.43	7366	23.309	7492	23.187	7618	23.075	7744	22.952	7870	22.838	7996	22.738	8122	22.638
7242	23.427	7368	23.306	7494	23.185	7620	23.072	7746	22.951	7872	22.836	7998	22.736	8124	22.637
7244	23.426	7370	23.305	7496	23.183	7622	23.07	7748	22.949	7874	22.835	8000	22.735	8126	22.635
7246	23.423	7372	23.303	7498	23.181	7624	23.068	7750	22.948	7876	22.832	8002	22.733	8128	22.634
7248	23.421	7374	23.302	7500	23.178	7626	23.067	7752	22.946	7878	22.831	8004	22.732	8130	22.632
7250	23.419	7376	23.299	7502	23.178	7628	23.065	7754	22.945	7880	22.83	8006	22.731	8132	22.63
7252	23.418	7378	23.297	7504	23.175	7630	23.063	7756	22.943	7882	22.828	8008	22.729	8134	22.628
7254	23.416	7380	23.297	7506	23.174	7632	23.061	7758	22.94	7884	22.826	8010	22.728	8136	22.627
7256	23.413	7382	23.295	7508	23.172	7634	23.057	7760	22.939	7886	22.825	8012	22.725	8138	22.625
7258	23.412	7384	23.292	7510	23.17	7636	23.057	7762	22.937	7888	22.822	8014	22.723	8140	22.622
7260	23.411	7386	23.289	7512	23.17	7638	23.054	7764	22.936	7890	22.821	8016	22.723	8142	22.621
7262	23.409	7388	23.288	7514	23.166	7640	23.054	7766	22.934	7892	22.818	8018	22.721	8144	22.62
7264	23.406	7390	23.287	7516	23.163	7642	23.051	7768	22.932	7894	22.817	8020	22.72	8146	22.618
7266	23.405	7392	23.285	7518	23.162	7644	23.051	7770	22.93	7896	22.816	8022	22.717	8148	22.617
7268	23.402	7394	23.282	7520	23.161	7646	23.048	7772	22.928	7898	22.814	8024	22.716	8150	22.615
7270	23.401	7396	23.281	7522	23.159	7648	23.046	7774	22.926	7900	22.813	8026	22.714	8152	22.612
7272	23.399	7398	23.279	7524	23.157	7650	23.045	7776	22.925	7902	22.812	8028	22.712	8154	22.611
7274	23.396	7400	23.277	7526	23.154	7652	23.043	7778	22.923	7904	22.811	8030	22.711	8156	22.61
7276	23.395	7402	23.276	7528	23.153	7654	23.041	7780	22.922	7906	22.808	8032	22.711	8158	22.609
7278	23.393	7404	23.274	7530	23.153	7656	23.039	7782	22.92	7908	22.807	8034	22.708	8160	22.608
7280	23.39	7406	23.273	7532	23.15	7658	23.037	7784	22.917	7910	22.807	8036	22.706	8162	22.606

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
8164	22.605	8290	22.495	8416	22.392	8542	22.296	8668	22.192	8794	22.097	8920	22.004	9046	21.911
8166	22.602	8292	22.493	8418	22.39	8544	22.286	8670	22.191	8796	22.096	8922	22.001	9048	21.911
8168	22.601	8294	22.49	8420	22.39	8546	22.285	8672	22.188	8798	22.094	8924	22.001	9050	21.909
8170	22.599	8296	22.49	8422	22.389	8548	22.284	8674	22.186	8800	22.092	8926	22	9052	21.908
8172	22.597	8298	22.486	8424	22.385	8550	22.282	8676	22.184	8802	22.09	8928	21.999	9054	21.906
8174	22.596	8300	22.485	8426	22.383	8552	22.28	8678	22.184	8804	22.089	8930	21.998	9056	21.903
8176	22.595	8302	22.484	8428	22.381	8554	22.279	8680	22.182	8806	22.087	8932	21.995	9058	21.902
8178	22.593	8304	22.481	8430	22.379	8556	22.276	8682	22.181	8808	22.086	8934	21.993	9060	21.901
8180	22.593	8306	22.478	8432	22.378	8558	22.275	8684	22.179	8810	22.086	8936	21.992	9062	21.901
8182	22.59	8308	22.478	8434	22.377	8560	22.272	8686	22.179	8812	22.083	8938	21.99	9064	21.898
8184	22.587	8310	22.477	8436	22.376	8562	22.272	8688	22.177	8814	22.081	8940	21.988	9066	21.896
8186	22.586	8312	22.475	8438	22.374	8564	22.271	8690	22.175	8816	22.081	8942	21.988	9068	21.896
8188	22.583	8314	22.473	8440	22.372	8566	22.27	8692	22.173	8818	22.079	8944	21.987	9070	21.895
8190	22.582	8316	22.47	8442	22.37	8568	22.268	8694	22.172	8820	22.077	8946	21.985	9072	21.892
8192	22.58	8318	22.469	8444	22.369	8570	22.268	8696	22.17	8822	22.076	8948	21.984	9074	21.891
8194	22.579	8320	22.467	8446	22.367	8572	22.266	8698	22.17	8824	22.069	8950	21.982	9076	21.89
8196	22.577	8322	22.467	8448	22.366	8574	22.265	8700	22.168	8826	22.067	8952	21.981	9078	21.889
8198	22.576	8324	22.464	8450	22.364	8576	22.262	8702	22.166	8828	22.066	8954	21.98	9080	21.888
8200	22.573	8326	22.463	8452	22.362	8578	22.261	8704	22.165	8830	22.066	8956	21.979	9082	21.886
8202	22.572	8328	22.462	8454	22.362	8580	22.26	8706	22.163	8832	22.063	8958	21.977	9084	21.885
8204	22.569	8330	22.46	8456	22.36	8582	22.258	8708	22.162	8834	22.062	8960	21.975	9086	21.882
8206	22.568	8332	22.457	8458	22.358	8584	22.256	8710	22.161	8836	22.06	8962	21.974	9088	21.882
8208	22.565	8334	22.456	8460	22.356	8586	22.255	8712	22.159	8838	22.06	8964	21.974	9090	21.88
8210	22.564	8336	22.456	8462	22.354	8588	22.253	8714	22.157	8840	22.058	8966	21.971	9092	21.878
8212	22.564	8338	22.455	8464	22.354	8590	22.252	8716	22.157	8842	22.056	8968	21.971	9094	21.877
8214	22.561	8340	22.453	8466	22.353	8592	22.25	8718	22.154	8844	22.055	8970	21.969	9096	21.876
8216	22.56	8342	22.45	8468	22.351	8594	22.248	8720	22.154	8846	22.054	8972	21.967	9098	21.875
8218	22.558	8344	22.449	8470	22.35	8596	22.246	8722	22.152	8848	22.054	8974	21.966	9100	21.873
8220	22.556	8346	22.448	8472	22.347	8598	22.246	8724	22.149	8850	22.051	8976	21.965	9102	21.872
8222	22.555	8348	22.446	8474	22.346	8600	22.245	8726	22.148	8852	22.051	8978	21.964	9104	21.871
8224	22.553	8350	22.444	8476	22.344	8602	22.242	8728	22.146	8854	22.049	8980	21.963	9106	21.869
8226	22.552	8352	22.441	8478	22.344	8604	22.241	8730	22.144	8856	22.048	8982	21.96	9108	21.869
8228	22.551	8354	22.442	8480	22.342	8606	22.239	8732	22.143	8858	22.047	8984	21.958	9110	21.867
8230	22.55	8356	22.438	8482	22.341	8608	22.239	8734	22.142	8860	22.046	8986	21.957	9112	21.865
8232	22.549	8358	22.438	8484	22.34	8610	22.238	8736	22.14	8862	22.044	8988	21.957	9114	21.863
8234	22.545	8360	22.437	8486	22.338	8612	22.236	8738	22.139	8864	22.043	8990	21.956	9116	21.862
8236	22.544	8362	22.436	8488	22.336	8614	22.234	8740	22.138	8866	22.042	8992	21.953	9118	21.86
8238	22.543	8364	22.433	8490	22.333	8616	22.233	8742	22.136	8868	22.04	8994	21.951	9120	21.859
8240	22.541	8366	22.431	8492	22.332	8618	22.23	8744	22.135	8870	22.038	8996	21.95	9122	21.857
8242	22.54	8368	22.43	8494	22.331	8620	22.231	8746	22.132	8872	22.037	8998	21.949	9124	21.855
8244	22.538	8370	22.428	8496	22.329	8622	22.23	8748	22.13	8874	22.036	9000	21.949	9126	21.854
8246	22.535	8372	22.427	8498	22.328	8624	22.228	8750	22.131	8876	22.035	9002	21.948	9128	21.853
8248	22.534	8374	22.426	8500	22.327	8626	22.226	8752	22.127	8878	22.033	9004	21.945	9130	21.852
8250	22.532	8376	22.424	8502	22.325	8628	22.225	8754	22.126	8880	22.033	9006	21.943	9132	21.85
8252	22.531	8378	22.422	8504	22.324	8630	22.223	8756	22.125	8882	22.032	9008	21.942	9134	21.849
8254	22.529	8380	22.421	8506	22.321	8632	22.22	8758	22.123	8884	22.029	9010	21.94	9136	21.847
8256	22.527	8382	22.42	8508	22.322	8634	22.219	8760	22.123	8886	22.029	9012	21.939	9138	21.845
8258	22.526	8384	22.418	8510	22.318	8636	22.217	8762	22.121	8888	22.027	9014	21.937	9140	21.845
8260	22.525	8386	22.416	8512	22.317	8638	22.216	8764	22.119	8890	22.026	9016	21.935	9142	21.844
8262	22.523	8388	22.414	8514	22.316	8640	22.214	8766	22.117	8892	22.024	9018	21.935	9144	21.842
8264	22.515	8390	22.414	8516	22.315	8642	22.214	8768	22.115	8894	22.023	9020	21.934	9146	21.841
8266	22.513	8392	22.411	8518	22.314	8644	22.211	8770	22.114	8896	22.022	9022	21.933	9148	21.84
8268	22.511	8394	22.409	8520	22.311	8646	22.209	8772	22.113	8898	22.02	9024	21.932	9150	21.839
8270	22.511	8396	22.408	8522	22.311	8648	22.209	8774	22.112	8900	22.018	9026	21.93	9152	21.836
8272	22.51	8398	22.407	8524	22.31	8650	22.207	8776	22.11	8902	22.017	9028	21.928	9154	21.834
8274	22.508	8400	22.406	8526	22.308	8652	22.205	8778	22.107	8904	22.013	9030	21.926	9156	21.834
8276	22.505	8402	22.404	8528	22.305	8654	22.204	8780	22.106	8906	22.014	9032	21.925	9158	21.833
8278	22.504	8404	22.403	8530	22.304	8656	22.203	8782	22.106	8908	22.012	9034	21.923	9160	21.831
8280	22.503	8406	22.4	8532	22.303	8658	22.201	8784	22.104	8910	22.011	9036	21.921	9162	21.831
8282	22.502	8408	22.4	8534	22.301	8660	22.199	8786	22.102	8912	22.01	9038	21.92	9164	21.829
8284	22.501	8410	22.399	8536	22.299	8662	22.198	8788	22.1	8914	22.008	9040	21.916	9166	21.827
8286	22.498	8412	22.395	8538	22.299	8664	22.195	8790	22.099	8916	22.006	9042	21.916	9168	21.824
8288	22.497	8414	22.394	8540	22.298	8666	22.194	8792	22.097	8918	22.004	9044	21.914	9170	21.824



f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
9172	21.823	9298	21.728	9424	21.641	9550	21.551	9676	21.457	9802	21.379	9928	21.298		
9174	21.823	9300	21.727	9426	21.639	9552	21.548	9678	21.455	9804	21.378	9930	21.295		
9176	21.821	9302	21.725	9428	21.639	9554	21.547	9680	21.454	9806	21.376	9932	21.295		
9178	21.818	9304	21.723	9430	21.637	9556	21.547	9682	21.453	9808	21.375	9934	21.294		
9180	21.817	9306	21.722	9432	21.637	9558	21.545	9684	21.452	9810	21.374	9936	21.293		
9182	21.816	9308	21.72	9434	21.635	9560	21.542	9686	21.45	9812	21.373	9938	21.291		
9184	21.815	9310	21.718	9436	21.632	9562	21.541	9688	21.449	9814	21.371	9940	21.288		
9186	21.812	9312	21.718	9438	21.631	9564	21.54	9690	21.448	9816	21.37	9942	21.287		
9188	21.81	9314	21.718	9440	21.63	9566	21.539	9692	21.447	9818	21.369	9944	21.285		
9190	21.804	9316	21.715	9442	21.628	9568	21.537	9694	21.445	9820	21.369	9946	21.284		
9192	21.803	9318	21.714	9444	21.626	9570	21.536	9696	21.445	9822	21.367	9948	21.282		
9194	21.802	9320	21.713	9446	21.626	9572	21.535	9698	21.445	9824	21.365	9950	21.281		
9196	21.8	9322	21.71	9448	21.624	9574	21.532	9700	21.444	9826	21.364	9952	21.28		
9198	21.798	9324	21.708	9450	21.624	9576	21.531	9702	21.443	9828	21.362	9954	21.279		
9200	21.797	9326	21.708	9452	21.623	9578	21.529	9704	21.441	9830	21.362	9956	21.278		
9202	21.797	9328	21.706	9454	21.622	9580	21.527	9706	21.44	9832	21.36	9958	21.276		
9204	21.794	9330	21.705	9456	21.62	9582	21.526	9708	21.441	9834	21.358	9960	21.275		
9206	21.792	9332	21.703	9458	21.618	9584	21.525	9710	21.438	9836	21.356	9962	21.273		
9208	21.791	9334	21.702	9460	21.616	9586	21.523	9712	21.438	9838	21.355	9964	21.272		
9210	21.79	9336	21.7	9462	21.615	9588	21.522	9714	21.438	9840	21.353	9966	21.271		
9212	21.788	9338	21.698	9464	21.614	9590	21.52	9716	21.431	9842	21.352	9968	21.27		
9214	21.787	9340	21.699	9466	21.612	9592	21.518	9718	21.429	9844	21.353	9970	21.267		
9216	21.785	9342	21.697	9468	21.61	9594	21.517	9720	21.428	9846	21.351	9972	21.267		
9218	21.784	9344	21.694	9470	21.608	9596	21.515	9722	21.427	9848	21.351	9974	21.265		
9220	21.783	9346	21.694	9472	21.608	9598	21.513	9724	21.426	9850	21.348	9976	21.264		
9222	21.781	9348	21.693	9474	21.606	9600	21.511	9726	21.427	9852	21.346	9978	21.263		
9224	21.78	9350	21.691	9476	21.605	9602	21.511	9728	21.424	9854	21.346	9980	21.261		
9226	21.78	9352	21.691	9478	21.604	9604	21.508	9730	21.423	9856	21.344	9982	21.26		
9228	21.778	9354	21.689	9480	21.602	9606	21.507	9732	21.422	9858	21.343	9984	21.259		
9230	21.777	9356	21.687	9482	21.601	9608	21.507	9734	21.42	9860	21.341	9986	21.258		
9232	21.775	9358	21.687	9484	21.6	9610	21.505	9736	21.419	9862	21.341	9988	21.257		
9234	21.772	9360	21.686	9486	21.598	9612	21.504	9738	21.418	9864	21.339	9990	21.256		
9236	21.772	9362	21.684	9488	21.596	9614	21.502	9740	21.417	9866	21.337	9992	21.255		
9238	21.771	9364	21.684	9490	21.593	9616	21.501	9742	21.416	9868	21.337	9994	21.253		
9240	21.769	9366	21.681	9492	21.592	9618	21.498	9744	21.415	9870	21.336	9996	21.251		
9242	21.767	9368	21.68	9494	21.591	9620	21.497	9746	21.414	9872	21.334	9998	21.25		
9244	21.766	9370	21.679	9496	21.59	9622	21.496	9748	21.412	9874	21.333	10000	21.248		
9246	21.764	9372	21.677	9498	21.588	9624	21.495	9750	21.411	9876	21.331				
9248	21.764	9374	21.676	9500	21.587	9626	21.493	9752	21.409	9878	21.328				
9250	21.762	9376	21.673	9502	21.586	9628	21.491	9754	21.408	9880	21.328				
9252	21.76	9378	21.672	9504	21.584	9630	21.489	9756	21.407	9882	21.326				
9254	21.758	9380	21.671	9506	21.582	9632	21.487	9758	21.405	9884	21.325				
9256	21.758	9382	21.669	9508	21.58	9634	21.486	9760	21.405	9886	21.325				
9258	21.756	9384	21.668	9510	21.578	9636	21.485	9762	21.404	9888	21.323				
9260	21.755	9386	21.667	9512	21.577	9638	21.483	9764	21.403	9890	21.323				
9262	21.755	9388	21.665	9514	21.575	9640	21.482	9766	21.402	9892	21.321				
9264	21.752	9390	21.665	9516	21.574	9642	21.481	9768	21.402	9894	21.319				
9266	21.749	9392	21.663	9518	21.574	9644	21.48	9770	21.399	9896	21.318				
9268	21.747	9394	21.661	9520	21.573	9646	21.479	9772	21.397	9898	21.316				
9270	21.746	9396	21.66	9522	21.569	9648	21.474	9774	21.395	9900	21.315				
9272	21.745	9398	21.658	9524	21.569	9650	21.474	9776	21.395	9902	21.313				
9274	21.744	9400	21.656	9526	21.567	9652	21.473	9778	21.393	9904	21.312				
9276	21.744	9402	21.656	9528	21.566	9654	21.472	9780	21.393	9906	21.311				
9278	21.742	9404	21.655	9530	21.565	9656	21.469	9782	21.392	9908	21.31				
9280	21.74	9406	21.652	9532	21.563	9658	21.468	9784	21.389	9910	21.308				
9282	21.739	9408	21.652	9534	21.561	9660	21.466	9786	21.388	9912	21.307				
9284	21.737	9410	21.65	9536	21.56	9662	21.464	9788	21.388	9914	21.305				
9286	21.736	9412	21.65	9538	21.559	9664	21.462	9790	21.386	9916	21.304				
9288	21.736	9414	21.648	9540	21.557	9666	21.463	9792	21.384	9918	21.304				
9290	21.734	9416	21.647	9542	21.557	9668	21.461	9794	21.384	9920	21.304				
9292	21.733	9418	21.645	9544	21.555	9670	21.46	9796	21.383	9922	21.302				
9294	21.732	9420	21.643	9546	21.553	9672	21.458	9798	21.381	9924	21.301				
9296	21.73	9422	21.641	9548	21.552	9674	21.458	9800	21.38	9926	21.299				

## 附錄二：鋁平板的頻率與電流變化

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
100	28.776	226	37.767	352	38.534	478	38.024	604	37.002	730	36.582	856	35.842	982	35.025
102	32.987	228	38.384	354	38.557	480	38.018	606	37.043	732	36.569	858	35.827	984	35.003
104	35.523	230	38.514	356	38.544	482	38.009	608	37.023	734	36.555	860	35.82	986	34.978
106	36.874	232	38.426	358	38.53	484	37.998	610	36.987	736	36.537	862	35.809	988	34.954
108	37.667	234	38.211	360	38.513	486	37.987	612	36.943	738	36.532	864	35.797	990	34.925
110	38.26	236	37.91	362	38.493	488	37.973	614	36.9	740	36.515	866	35.785	992	34.893
112	38.611	238	37.314	364	38.477	490	37.96	616	36.841	742	36.487	868	35.77	994	34.862
114	38.81	240	36.452	366	38.455	492	37.946	618	36.773	744	36.486	870	35.763	996	34.829
116	38.865	242	35.07	368	38.446	494	37.933	620	36.674	746	36.491	872	35.754	998	34.789
118	38.595	244	32.012	370	38.428	496	37.918	622	36.507	748	36.48	874	35.743	1000	34.75
120	38.08	246	26.399	372	38.409	498	37.901	624	36.396	750	36.468	876	35.732	1002	34.704
122	38.859	248	22.281	374	38.387	500	37.88	626	36.164	752	36.454	878	35.719	1004	34.653
124	39.261	250	26.825	376	38.366	502	37.858	628	35.729	754	36.443	880	35.706	1006	34.595
126	39.417	252	32.078	378	38.347	504	37.832	630	34.943	756	36.431	882	35.693	1008	34.53
128	39.487	254	35.328	380	38.327	506	37.823	632	31.697	758	36.419	884	35.679	1010	34.401
130	39.526	256	36.967	382	38.306	508	37.798	634	27.069	760	36.402	886	35.665	1012	34.301
132	39.548	258	37.667	384	38.283	510	37.757	636	30.522	762	36.39	888	35.641	1014	34.185
134	39.56	260	38.152	386	38.255	512	37.72	638	34.695	764	36.38	890	35.617	1016	34.033
136	39.562	262	38.429	388	38.232	514	37.672	640	36.169	766	36.368	892	35.601	1018	33.834
138	39.56	264	38.55	390	38.209	516	37.59	642	36.684	768	36.356	894	35.593	1020	33.549
140	39.54	266	38.718	392	38.182	518	37.45	644	36.907	770	36.344	896	35.579	1022	33.117
142	39.467	268	38.819	394	38.153	520	37.196	646	37.002	772	36.333	898	35.551	1024	32.478
144	39.276	270	38.87	396	38.117	522	37.375	648	37.047	774	36.32	900	35.509	1026	31.478
146	39.485	272	38.91	398	38.085	524	37.542	650	37.063	776	36.308	902	35.404	1028	29.95
148	39.545	274	38.933	400	38.054	526	37.555	652	37.053	778	36.295	904	35.315	1030	28.806
150	39.546	276	38.951	402	38.018	528	37.671	654	37.067	780	36.282	906	35.526	1032	29.504
152	39.547	278	38.96	404	37.978	530	37.691	656	37.06	782	36.272	908	35.557	1034	31.436
154	39.672	280	38.943	406	37.93	532	37.687	658	37.051	784	36.258	910	35.548	1036	32.853
156	39.65	282	38.966	408	37.872	534	37.677	660	37.04	786	36.247	912	35.532	1038	33.307
158	39.701	284	38.969	410	37.816	536	37.666	662	37.028	788	36.236	914	35.514	1040	33.086
160	39.694	286	38.965	412	37.754	538	37.657	664	37.009	790	36.225	916	35.489	1042	33.267
162	39.684	288	38.959	414	37.691	540	37.644	666	36.996	792	36.208	918	35.478	1044	34.019
164	39.635	290	38.954	416	37.613	542	37.63	668	36.983	794	36.196	920	35.486	1046	34.517
166	39.68	292	38.946	418	37.523	544	37.616	670	36.97	796	36.182	922	35.476	1048	34.76
168	39.67	294	38.935	420	37.389	546	37.6	672	36.955	798	36.167	924	35.462	1050	34.887
170	39.659	296	38.926	422	37.256	548	37.587	674	36.941	800	36.152	926	35.449	1052	34.951
172	39.645	298	38.915	424	37.092	550	37.57	676	36.925	802	36.143	928	35.436	1054	34.984
174	39.633	300	38.902	426	36.88	552	37.556	678	36.909	804	36.131	930	35.422	1056	35
176	39.622	302	38.89	428	36.607	554	37.539	680	36.893	806	36.12	932	35.41	1058	35.001
178	39.602	304	38.878	430	36.113	556	37.52	682	36.873	808	36.107	934	35.396	1060	35.004
180	39.593	306	38.862	432	35.556	558	37.503	684	36.845	810	36.096	936	35.381	1062	35.012
182	39.577	308	38.846	434	34.73	560	37.486	686	36.773	812	36.082	938	35.367	1064	35.02
184	39.562	310	38.826	436	33.377	562	37.478	688	36.668	814	36.06	940	35.352	1066	35.023
186	39.546	312	38.806	438	31.283	564	37.463	690	36.83	816	36.068	942	35.325	1068	35.021
188	39.529	314	38.777	440	27.879	566	37.443	692	36.836	818	36.057	944	35.306	1070	35.013
190	39.511	316	38.721	442	22.353	568	37.429	694	36.822	820	36.046	946	35.287	1072	35.004
192	39.493	318	38.577	444	23	570	37.413	696	36.803	822	36.035	948	35.265	1074	34.991
194	39.47	320	38.039	446	28.197	572	37.399	698	36.791	824	36.017	950	35.245	1076	34.977
196	39.448	322	38.534	448	32.431	574	37.384	700	36.777	826	36.007	952	35.234	1078	34.961
198	39.428	324	38.729	450	34.7	576	37.366	702	36.764	828	35.996	954	35.23	1080	34.951
200	39.403	326	38.753	452	35.981	578	37.349	704	36.75	830	35.985	956	35.229	1082	34.94
202	39.374	328	38.746	454	36.925	580	37.329	706	36.737	832	35.974	958	35.22	1084	34.925
204	39.349	330	38.734	456	37.326	582	37.312	708	36.726	834	35.963	960	35.212	1086	34.914
206	39.315	332	38.718	458	37.571	584	37.295	710	36.713	836	35.954	962	35.199	1088	34.9
208	39.278	334	38.704	460	37.735	586	37.278	712	36.699	838	35.945	964	35.186	1090	34.885
210	39.239	336	38.689	462	37.809	588	37.26	714	36.686	840	35.933	966	35.171	1092	34.871
212	39.178	338	38.673	464	37.912	590	37.232	716	36.674	842	35.923	968	35.155	1094	34.856
214	39.131	340	38.652	466	37.968	592	37.216	718	36.66	844	35.912	970	35.139	1096	34.839
216	39.014	342	38.632	468	37.889	594	37.193	720	36.65	846	35.902	972	35.121	1098	34.824
218	38.886	344	38.608	470	37.971	596	37.168	722	36.639	848	35.889	974	35.101	1100	34.812
220	38.858	346	38.572	472	38.018	598	37.15	724	36.623	850	35.879	976	35.077	1102	34.797
222	38.592	348	38.482	474	38.028	600	37.128	726	36.611	852	35.87	978	35.05	1104	34.779
224	37.975	350	38.539	476	38.029	602	37.079	728	36.595	854	35.858	980	35.026	1106	34.755

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
1108	34.719	1234	33.772	1360	33.266	1486	33.045	1612	32.885	1738	32.411	1864	31.599	1990	31.657
1110	34.657	1236	33.231	1362	33.151	1488	33.037	1614	32.875	1740	32.4	1866	31.588	1992	31.648
1112	34.652	1238	32.41	1364	32.917	1490	33.026	1616	32.858	1742	32.389	1868	31.517	1994	31.64
1114	34.725	1240	33.966	1366	32.366	1492	33.018	1618	32.853	1744	32.364	1870	31.396	1996	31.634
1116	34.737	1242	34.122	1368	31.14	1494	33.009	1620	32.845	1746	32.356	1872	30.765	1998	31.627
1118	34.731	1244	34.127	1370	31.749	1496	32.997	1622	32.837	1748	32.351	1874	29.619	2000	31.611
1120	34.719	1246	34.114	1372	32.98	1498	32.988	1624	32.831	1750	32.347	1876	28.754	2002	31.602
1122	34.707	1248	34.099	1374	33.481	1500	32.979	1626	32.819	1752	32.342	1878	28.986	2004	31.597
1124	34.695	1250	34.084	1376	33.602	1502	32.97	1628	32.81	1754	32.339	1880	30.913	2006	31.59
1126	34.68	1252	34.071	1378	33.615	1504	33.337	1630	32.804	1756	32.336	1882	31.451	2008	31.583
1128	34.67	1254	34.055	1380	33.604	1506	33.327	1632	32.796	1758	32.334	1884	31.91	2010	31.575
1130	34.656	1256	34.04	1382	33.585	1508	33.317	1634	32.787	1760	32.331	1886	32.078	2012	31.569
1132	34.644	1258	34.027	1384	33.567	1510	33.304	1636	32.782	1762	32.324	1888	32.141	2014	31.563
1134	34.632	1260	34.018	1386	33.549	1512	33.298	1638	32.778	1764	32.316	1890	32.179	2016	31.553
1136	34.621	1262	34.009	1388	33.533	1514	33.289	1640	32.774	1766	32.312	1892	32.18	2018	31.547
1138	34.608	1264	34.001	1390	33.519	1516	33.281	1642	32.766	1768	32.305	1894	32.168	2020	31.54
1140	34.598	1266	33.989	1392	33.502	1518	33.267	1644	32.765	1770	32.298	1896	32.149	2022	31.534
1142	34.584	1268	33.979	1394	33.477	1520	33.24	1646	32.761	1772	32.289	1898	32.136	2024	31.527
1144	34.572	1270	33.968	1396	33.466	1522	33.209	1648	32.754	1774	32.283	1900	32.113	2026	31.52
1146	34.559	1272	33.959	1398	33.452	1524	33.162	1650	32.751	1776	32.258	1902	32.088	2028	31.514
1148	34.536	1274	33.948	1400	33.44	1526	33.16	1652	32.748	1778	32.251	1904	32.048	2030	31.507
1150	34.522	1276	33.937	1402	33.428	1528	33.231	1654	32.74	1780	32.243	1906	32.045	2032	31.49
1152	34.505	1278	33.928	1404	33.416	1530	33.235	1656	32.738	1782	32.235	1908	32.034	2034	31.485
1154	34.489	1280	33.917	1406	33.406	1532	33.228	1658	32.732	1784	32.224	1910	32.021	2036	31.478
1156	34.474	1282	33.906	1408	33.394	1534	33.219	1660	32.726	1786	32.211	1912	32.008	2038	31.471
1158	34.483	1284	33.897	1410	33.383	1536	33.212	1662	32.72	1788	32.2	1914	31.999	2040	31.465
1160	34.47	1286	33.886	1412	33.372	1538	33.205	1664	32.717	1790	32.184	1916	31.99	2042	31.458
1162	34.466	1288	33.875	1414	33.361	1540	33.194	1666	32.709	1792	32.171	1918	31.978	2044	31.451
1164	34.459	1290	33.864	1416	33.35	1542	33.184	1668	32.701	1794	32.155	1920	31.966	2046	31.447
1166	34.447	1292	33.853	1418	33.339	1544	33.177	1670	32.694	1796	32.141	1922	31.956	2048	31.439
1168	34.436	1294	33.842	1420	33.327	1546	33.166	1672	32.69	1798	32.118	1924	31.947	2050	31.432
1170	34.424	1296	33.831	1422	33.318	1548	33.159	1674	32.681	1800	32.095	1926	31.935	2052	31.427
1172	34.413	1298	33.819	1424	33.307	1550	33.151	1676	32.674	1802	32.078	1928	31.924	2054	31.418
1174	34.4	1300	33.807	1426	33.296	1552	33.133	1678	32.663	1804	32.052	1930	31.913	2056	31.411
1176	34.387	1302	33.793	1428	33.282	1554	33.124	1680	32.647	1806	32.016	1932	31.905	2058	31.408
1178	34.378	1304	33.783	1430	33.267	1556	33.116	1682	32.64	1808	32.08	1934	31.898	2060	31.401
1180	34.368	1306	33.773	1432	33.254	1558	33.109	1684	32.633	1810	32.076	1936	31.873	2062	31.395
1182	34.357	1308	33.766	1434	33.249	1560	33.102	1686	32.626	1812	32.052	1938	31.863	2064	31.378
1184	34.347	1310	33.756	1436	33.254	1562	33.096	1688	32.62	1814	32.07	1940	31.859	2066	31.366
1186	34.339	1312	33.747	1438	33.256	1564	33.087	1690	32.613	1816	32.081	1942	31.849	2068	31.364
1188	34.329	1314	33.739	1440	33.251	1566	33.08	1692	32.606	1818	32.079	1944	31.838	2070	31.36
1190	34.319	1316	33.728	1442	33.242	1568	33.069	1694	32.598	1820	32.076	1946	31.827	2072	31.35
1192	34.31	1318	33.717	1444	33.231	1570	33.061	1696	32.592	1822	32.064	1948	31.822	2074	31.344
1194	34.299	1320	33.706	1446	33.22	1572	33.054	1698	32.585	1824	32.053	1950	31.814	2076	31.336
1196	34.29	1322	33.697	1448	33.21	1574	33.042	1700	32.574	1826	32.042	1952	31.808	2078	31.331
1198	34.278	1324	33.684	1450	33.199	1576	33.038	1702	32.568	1828	32.034	1954	31.798	2080	31.325
1200	34.267	1326	33.673	1452	33.19	1578	33.03	1704	32.558	1830	32.019	1956	31.789	2082	31.318
1202	34.256	1328	33.661	1454	33.179	1580	33.021	1706	32.551	1832	32.003	1958	31.78	2084	31.312
1204	34.244	1330	33.649	1456	33.168	1582	33.012	1708	32.547	1834	31.984	1960	31.773	2086	31.305
1206	34.232	1332	33.637	1458	33.154	1584	32.995	1710	32.54	1836	31.97	1962	31.764	2088	31.297
1208	34.219	1334	33.625	1460	33.138	1586	32.99	1712	32.52	1838	31.948	1964	31.753	2090	31.292
1210	34.206	1336	33.611	1462	33.119	1588	32.982	1714	32.512	1840	31.898	1966	31.744	2092	31.285
1212	34.19	1338	33.599	1464	33.079	1590	32.977	1716	32.505	1842	31.871	1968	31.73	2094	31.28
1214	34.175	1340	33.584	1466	33.035	1592	32.966	1718	32.498	1844	31.835	1970	31.724	2096	31.26
1216	34.143	1342	33.569	1468	33.117	1594	32.957	1720	32.493	1846	31.775	1972	31.719	2098	31.253
1218	34.099	1344	33.553	1470	33.124	1596	32.953	1722	32.486	1848	31.726	1974	31.709	2100	31.246
1220	34.153	1346	33.536	1472	33.115	1598	32.941	1724	32.475	1850	31.617	1976	31.7	2102	31.236
1222	34.139	1348	33.515	1474	33.104	1600	32.934	1726	32.466	1852	31.586	1978	31.695	2104	31.229
1224	34.119	1350	33.495	1476	33.094	1602	32.927	1728	32.455	1854	31.585	1980	31.682	2106	31.227
1226	34.099	1352	33.468	1478	33.084	1604	32.92	1730	32.448	1856	31.612	1982	31.67	2108	31.226
1228	34.072	1354	33.434	1480	33.073	1606	32.913	1732	32.439	1858	31.635	1984	31.676	2110	31.22
1230	34.04	1356	33.395	1482	33.063	1608	32.9	1734	32.43	1860	31.671	1986	31.672	2112	31.215
1232	33.993	1358	33.34	1484	33.054	1610	32.894	1736	32.421	1862	31.66	1988	31.665	2114	31.209

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
2116	31.206	2242	30.768	2368	30.434	2494	30.063	2620	29.768	2746	29.396	2872	29.072	2998	28.861
2118	31.199	2244	30.762	2370	30.434	2496	30.047	2622	29.763	2748	29.393	2874	29.067	3000	28.879
2120	31.195	2246	30.755	2372	30.424	2498	30.035	2624	29.757	2750	29.388	2876	29.059	3002	28.884
2122	31.186	2248	30.747	2374	30.42	2500	30.016	2626	29.752	2752	29.384	2878	29.053	3004	28.874
2124	31.181	2250	30.737	2376	30.411	2502	29.999	2628	29.75	2754	29.376	2880	29.045	3006	28.865
2126	31.172	2252	30.724	2378	30.404	2504	29.964	2630	29.742	2756	29.372	2882	29.04	3008	28.855
2128	31.156	2254	30.712	2380	30.394	2506	29.93	2632	29.737	2758	29.365	2884	29.032	3010	28.845
2130	31.147	2256	30.681	2382	30.388	2508	29.863	2634	29.733	2760	29.358	2886	29.028	3012	28.831
2132	31.142	2258	30.667	2384	30.36	2510	29.696	2636	29.726	2762	29.351	2888	29.02	3014	28.822
2134	31.138	2260	30.649	2386	30.352	2512	29.766	2638	29.718	2764	29.345	2890	29.015	3016	28.81
2136	31.129	2262	30.629	2388	30.342	2514	30.044	2640	29.701	2766	29.338	2892	29.009	3018	28.802
2138	31.122	2264	30.613	2390	30.335	2516	30.124	2642	29.695	2768	29.321	2894	29.004	3020	28.791
2140	31.116	2266	30.597	2392	30.325	2518	30.12	2644	29.691	2770	29.313	2896	28.963	3022	28.783
2142	31.109	2268	30.568	2394	30.321	2520	30.117	2646	29.684	2772	29.306	2898	28.963	3024	28.77
2144	31.105	2270	30.537	2396	30.306	2522	30.105	2648	29.675	2774	29.302	2900	28.97	3026	28.765
2146	31.097	2272	30.51	2398	30.3	2524	30.094	2650	29.671	2776	29.292	2902	28.97	3028	28.755
2148	31.091	2274	30.503	2400	30.289	2526	30.082	2652	29.661	2778	29.283	2904	28.966	3030	28.749
2150	31.085	2276	30.507	2402	30.28	2528	30.067	2654	29.655	2780	29.276	2906	28.963	3032	28.74
2152	31.078	2278	30.503	2404	30.272	2530	30.054	2656	29.648	2782	29.269	2908	28.958	3034	28.735
2154	31.071	2280	30.488	2406	30.262	2532	30.043	2658	29.64	2784	29.264	2910	28.953	3036	28.726
2156	31.066	2282	30.452	2408	30.255	2534	30.034	2660	29.632	2786	29.252	2912	28.948	3038	28.717
2158	31.059	2284	30.419	2410	30.245	2536	30.031	2662	29.628	2788	29.243	2914	28.943	3040	28.709
2160	31.044	2286	30.374	2412	30.238	2538	30.027	2664	29.617	2790	29.231	2916	28.939	3042	28.703
2162	31.037	2288	30.181	2414	30.224	2540	30.019	2666	29.608	2792	29.22	2918	28.933	3044	28.696
2164	31.03	2290	30.03	2416	30.2	2542	30.009	2668	29.601	2794	29.204	2920	28.928	3046	28.692
2166	31.021	2292	29.83	2418	30.19	2544	29.983	2670	29.59	2796	29.193	2922	28.921	3048	28.688
2168	31.014	2294	29.624	2420	30.183	2546	29.976	2672	29.553	2798	29.174	2924	28.917	3050	28.681
2170	31.005	2296	29.209	2422	30.176	2548	29.969	2674	29.541	2800	29.098	2926	28.911	3052	28.675
2172	30.999	2298	28.922	2424	30.171	2550	29.958	2676	29.528	2802	29.045	2928	28.895	3054	28.67
2174	30.992	2300	29.179	2426	30.164	2552	29.949	2678	29.513	2804	29.014	2930	28.886	3056	28.666
2176	30.985	2302	29.653	2428	30.159	2554	29.945	2680	29.496	2806	28.942	2932	28.879	3058	28.661
2178	30.977	2304	30.185	2430	30.152	2556	29.936	2682	29.486	2808	28.884	2934	28.873	3060	28.656
2180	30.971	2306	30.484	2432	30.15	2558	29.927	2684	29.475	2810	28.751	2936	28.869	3062	28.647
2182	30.964	2308	30.613	2434	30.147	2560	29.918	2686	29.469	2812	28.571	2938	28.863	3064	28.642
2184	30.956	2310	30.669	2436	30.147	2562	29.908	2688	29.468	2814	28.616	2940	28.854	3066	28.638
2186	30.949	2312	30.685	2438	30.146	2564	29.9	2690	29.471	2816	29.049	2942	28.848	3068	28.632
2188	30.943	2314	30.695	2440	30.147	2566	29.892	2692	29.477	2818	29.19	2944	28.844	3070	28.627
2190	30.936	2316	30.695	2442	30.15	2568	29.881	2694	29.482	2820	29.272	2946	28.836	3072	28.62
2192	30.915	2318	30.688	2444	30.151	2570	29.872	2696	29.49	2822	29.282	2948	28.827	3074	28.613
2194	30.91	2320	30.666	2446	30.155	2572	29.865	2698	29.493	2824	29.277	2950	28.821	3076	28.608
2196	30.899	2322	30.656	2448	30.164	2574	29.855	2700	29.497	2826	29.267	2952	28.815	3078	28.59
2198	30.894	2324	30.646	2450	30.169	2576	29.82	2702	29.5	2828	29.255	2954	28.804	3080	28.586
2200	30.886	2326	30.634	2452	30.168	2578	29.805	2704	29.502	2830	29.245	2956	28.801	3082	28.581
2202	30.877	2328	30.625	2454	30.172	2580	29.792	2706	29.499	2832	29.216	2958	28.788	3084	28.576
2204	30.865	2330	30.613	2456	30.174	2582	29.778	2708	29.498	2834	29.208	2960	28.763	3086	28.57
2206	30.86	2332	30.605	2458	30.175	2584	29.764	2710	29.494	2836	29.2	2962	28.75	3088	28.563
2208	30.851	2334	30.596	2460	30.175	2586	29.749	2712	29.49	2838	29.193	2964	28.74	3090	28.554
2210	30.846	2336	30.588	2462	30.173	2588	29.741	2714	29.486	2840	29.184	2966	28.733	3092	28.549
2212	30.835	2338	30.578	2464	30.171	2590	29.734	2716	29.483	2842	29.177	2968	28.718	3094	28.539
2214	30.823	2340	30.569	2466	30.167	2592	29.728	2718	29.48	2844	29.171	2970	28.705	3096	28.531
2216	30.81	2342	30.557	2468	30.162	2594	29.727	2720	29.475	2846	29.165	2972	28.683	3098	28.518
2218	30.797	2344	30.55	2470	30.16	2596	29.731	2722	29.468	2848	29.158	2974	28.667	3100	28.507
2220	30.786	2346	30.537	2472	30.158	2598	29.735	2724	29.464	2850	29.151	2976	28.65	3102	28.506
2222	30.775	2348	30.529	2474	30.154	2600	29.745	2726	29.461	2852	29.146	2978	28.625	3104	28.514
2224	30.725	2350	30.522	2476	30.152	2602	29.754	2728	29.456	2854	29.138	2980	28.584	3106	28.516
2226	30.704	2352	30.499	2478	30.147	2604	29.762	2730	29.448	2856	29.132	2982	28.554	3108	28.515
2228	30.691	2354	30.489	2480	30.129	2606	29.771	2732	29.445	2858	29.126	2984	28.496	3110	28.513
2230	30.689	2356	30.481	2482	30.121	2608	29.777	2734	29.44	2860	29.118	2986	28.429	3112	28.511
2232	30.708	2358	30.47	2484	30.114	2610	29.777	2736	29.426	2862	29.114	2988	28.288	3114	28.507
2234	30.735	2360	30.456	2486	30.104	2612	29.776	2738	29.416	2864	29.094	2990	28.179	3116	28.504
2236	30.756	2362	30.446	2488	30.091	2614	29.776	2740	29.414	2866	29.092	2992	27.723	3118	28.501
2238	30.771	2364	30.439	2490	30.086	2616	29.776	2742	29.409	2868	29.083	2994	28.311	3120	28.495
2240	30.773	2366	30.438	2492	30.077	2618	29.772	2744	29.403	2870	29.079	2996	28.72	3122	28.491

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
3124	28.487	3250	28.178	3376	27.877	3502	27.393	3628	27.519	3754	27.19	3880	26.89	4006	26.651
3126	28.482	3252	28.174	3378	27.869	3504	27.374	3630	27.511	3756	27.185	3882	26.883	4008	26.646
3128	28.478	3254	28.169	3380	27.866	3506	27.357	3632	27.503	3758	27.181	3884	26.873	4010	26.641
3130	28.473	3256	28.164	3382	27.859	3508	27.328	3634	27.497	3760	27.177	3886	26.858	4012	26.637
3132	28.467	3258	28.161	3384	27.852	3510	27.31	3636	27.49	3762	27.174	3888	26.837	4014	26.635
3134	28.462	3260	28.156	3386	27.849	3512	27.275	3638	27.486	3764	27.17	3890	26.801	4016	26.63
3136	28.459	3262	28.151	3388	27.843	3514	27.146	3640	27.48	3766	27.166	3892	26.756	4018	26.626
3138	28.452	3264	28.145	3390	27.838	3516	27.082	3642	27.475	3768	27.16	3894	26.728	4020	26.622
3140	28.448	3266	28.14	3392	27.834	3518	27.026	3644	27.467	3770	27.157	3896	26.828	4022	26.617
3142	28.443	3268	28.138	3394	27.829	3520	26.955	3646	27.462	3772	27.152	3898	26.894	4024	26.61
3144	28.436	3270	28.132	3396	27.824	3522	26.891	3648	27.457	3774	27.15	3900	26.906	4026	26.608
3146	28.433	3272	28.128	3398	27.819	3524	26.849	3650	27.452	3776	27.144	3902	26.901	4028	26.604
3148	28.427	3274	28.125	3400	27.814	3526	26.73	3652	27.446	3778	27.14	3904	26.893	4030	26.599
3150	28.424	3276	28.121	3402	27.807	3528	26.621	3654	27.441	3780	27.134	3906	26.887	4032	26.594
3152	28.418	3278	28.113	3404	27.803	3530	26.527	3656	27.436	3782	27.129	3908	26.881	4034	26.59
3154	28.414	3280	28.111	3406	27.785	3532	26.479	3658	27.431	3784	27.125	3910	26.873	4036	26.586
3156	28.407	3282	28.106	3408	27.779	3534	26.436	3660	27.426	3786	27.12	3912	26.866	4038	26.583
3158	28.405	3284	28.102	3410	27.772	3536	26.341	3662	27.419	3788	27.116	3914	26.864	4040	26.579
3160	28.399	3286	28.096	3412	27.768	3538	26.221	3664	27.413	3790	27.113	3916	26.857	4042	26.572
3162	28.395	3288	28.09	3414	27.762	3540	26.153	3666	27.411	3792	27.106	3918	26.853	4044	26.568
3164	28.39	3290	28.085	3416	27.757	3542	26.181	3668	27.405	3794	27.102	3920	26.846	4046	26.564
3166	28.385	3292	28.081	3418	27.751	3544	26.4	3670	27.399	3796	27.099	3922	26.843	4048	26.559
3168	28.383	3294	28.076	3420	27.745	3546	26.829	3672	27.393	3798	27.095	3924	26.838	4050	26.551
3170	28.375	3296	28.056	3422	27.738	3548	27.138	3674	27.39	3800	27.088	3926	26.834	4052	26.549
3172	28.37	3298	28.057	3424	27.732	3550	27.284	3676	27.384	3802	27.084	3928	26.829	4054	26.539
3174	28.366	3300	28.055	3426	27.726	3552	27.237	3678	27.379	3804	27.078	3930	26.825	4056	26.534
3176	28.361	3302	28.051	3428	27.721	3554	27.164	3680	27.373	3806	27.077	3932	26.821	4058	26.528
3178	28.356	3304	28.044	3430	27.718	3556	27.227	3682	27.368	3808	27.072	3934	26.816	4060	26.473
3180	28.352	3306	28.041	3432	27.712	3558	27.376	3684	27.365	3810	27.067	3936	26.811	4062	26.489
3182	28.349	3308	28.036	3434	27.707	3560	27.475	3686	27.357	3812	27.06	3938	26.806	4064	26.527
3184	28.343	3310	28.033	3436	27.7	3562	27.567	3688	27.353	3814	27.057	3940	26.802	4066	26.525
3186	28.339	3312	28.027	3438	27.692	3564	27.637	3690	27.349	3816	27.054	3942	26.799	4068	26.521
3188	28.324	3314	28.021	3440	27.688	3566	27.705	3692	27.344	3818	27.051	3944	26.794	4070	26.516
3190	28.321	3316	28.015	3442	27.682	3568	27.737	3694	27.338	3820	27.048	3946	26.79	4072	26.511
3192	28.316	3318	28.012	3444	27.676	3570	27.757	3696	27.333	3822	27.044	3948	26.785	4074	26.504
3194	28.31	3320	28.007	3446	27.669	3572	27.761	3698	27.328	3824	27.041	3950	26.771	4076	26.499
3196	28.305	3322	28.003	3448	27.662	3574	27.759	3700	27.327	3826	27.036	3952	26.766	4078	26.494
3198	28.3	3324	27.998	3450	27.656	3576	27.755	3702	27.321	3828	27.031	3954	26.761	4080	26.49
3200	28.295	3326	27.991	3452	27.65	3578	27.742	3704	27.316	3830	27.027	3956	26.756	4082	26.484
3202	28.292	3328	27.987	3454	27.645	3580	27.733	3706	27.311	3832	27.023	3958	26.753	4084	26.479
3204	28.287	3330	27.98	3456	27.635	3582	27.717	3708	27.305	3834	27.02	3960	26.749	4086	26.473
3206	28.283	3332	27.976	3458	27.631	3584	27.707	3710	27.3	3836	27.014	3962	26.746	4088	26.469
3208	28.277	3334	27.971	3460	27.623	3586	27.693	3712	27.295	3838	27.009	3964	26.74	4090	26.465
3210	28.272	3336	27.968	3462	27.616	3588	27.681	3714	27.291	3840	27.008	3966	26.737	4092	26.462
3212	28.268	3338	27.963	3464	27.607	3590	27.672	3716	27.287	3842	26.99	3968	26.732	4094	26.458
3214	28.263	3340	27.958	3466	27.6	3592	27.667	3718	27.284	3844	26.986	3970	26.727	4096	26.452
3216	28.259	3342	27.954	3468	27.589	3594	27.657	3720	27.281	3846	26.981	3972	26.722	4098	26.447
3218	28.254	3344	27.949	3470	27.582	3596	27.645	3722	27.275	3848	26.976	3974	26.718	4100	26.443
3220	28.25	3346	27.943	3472	27.573	3598	27.634	3724	27.27	3850	26.972	3976	26.714	4102	26.438
3222	28.246	3348	27.938	3474	27.569	3600	27.626	3726	27.265	3852	26.968	3978	26.71	4104	26.433
3224	28.239	3350	27.936	3476	27.558	3602	27.618	3728	27.26	3854	26.962	3980	26.706	4106	26.427
3226	28.236	3352	27.931	3478	27.55	3604	27.61	3730	27.254	3856	26.959	3982	26.702	4108	26.424
3228	28.23	3354	27.926	3480	27.538	3606	27.605	3732	27.239	3858	26.952	3984	26.696	4110	26.418
3230	28.225	3356	27.92	3482	27.528	3608	27.593	3734	27.235	3860	26.947	3986	26.693	4112	26.413
3232	28.221	3358	27.915	3484	27.516	3610	27.589	3736	27.23	3862	26.942	3988	26.689	4114	26.411
3234	28.215	3360	27.91	3486	27.51	3612	27.582	3738	27.226	3864	26.941	3990	26.684	4116	26.405
3236	28.213	3362	27.906	3488	27.496	3614	27.578	3740	27.221	3866	26.935	3992	26.679	4118	26.404
3238	28.207	3364	27.903	3490	27.479	3616	27.576	3742	27.217	3868	26.929	3994	26.677	4120	26.399
3240	28.202	3366	27.899	3492	27.467	3618	27.569	3744	27.214	3870	26.924	3996	26.672	4122	26.395
3242	28.197	3368	27.893	3494	27.457	3620	27.564	3746	27.209	3872	26.918	3998	26.668	4124	26.39
3244	28.193	3370	27.888	3496	27.441	3622	27.556	3748	27.204	3874	26.912	4000	26.664	4126	26.386
3246	28.189	3372	27.884	3498	27.425	3624	27.53	3750	27.2	3876	26.906	4002	26.661	4128	26.381
3248	28.184	3374	27.879	3500	27.409	3626	27.525	3752	27.196	3878	26.899	4004	26.659	4130	26.376



f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
4132	26.373	4258	26.047	4384	24.763	4510	25.752	4636	25.204	4762	23.867	4888	25.617	5014	25.277
4134	26.368	4260	26.039	4386	24.653	4512	25.743	4638	25.189	4764	23.845	4890	25.622	5016	25.264
4136	26.36	4262	26.034	4388	24.62	4514	25.735	4640	25.18	4766	23.824	4892	25.627	5018	25.253
4138	26.358	4264	26.026	4390	24.749	4516	25.73	4642	25.168	4768	23.802	4894	25.631	5020	25.242
4140	26.353	4266	26.022	4392	24.923	4518	25.721	4644	25.159	4770	23.782	4896	25.633	5022	25.23
4142	26.349	4268	26.014	4394	25.1	4520	25.715	4646	25.144	4772	23.766	4898	25.635	5024	25.222
4144	26.344	4270	26.008	4396	25.403	4522	25.705	4648	25.137	4774	23.756	4900	25.637	5026	25.21
4146	26.339	4272	26.002	4398	25.621	4524	25.699	4650	25.123	4776	23.747	4902	25.638	5028	25.194
4148	26.335	4274	25.998	4400	25.786	4526	25.692	4652	25.116	4778	23.742	4904	25.639	5030	25.182
4150	26.33	4276	25.992	4402	25.939	4528	25.686	4654	25.1	4780	23.743	4906	25.638	5032	25.168
4152	26.325	4278	25.966	4404	26.098	4530	25.673	4656	25.089	4782	23.747	4908	25.637	5034	25.152
4154	26.321	4280	25.957	4406	26.16	4532	25.669	4658	25.076	4784	23.757	4910	25.636	5036	25.134
4156	26.315	4282	25.952	4408	26.205	4534	25.66	4660	25.064	4786	23.771	4912	25.635	5038	25.122
4158	26.31	4284	25.944	4410	26.227	4536	25.653	4662	25.045	4788	23.79	4914	25.633	5040	25.106
4160	26.307	4286	25.936	4412	26.259	4538	25.645	4664	25.03	4790	23.812	4916	25.63	5042	25.025
4162	26.303	4288	25.929	4414	26.271	4540	25.639	4666	25.019	4792	23.835	4918	25.627	5044	25.01
4164	26.298	4290	25.922	4416	26.275	4542	25.631	4668	25.004	4794	23.862	4920	25.623	5046	24.992
4166	26.293	4292	25.916	4418	26.27	4544	25.623	4670	24.99	4796	23.913	4922	25.622	5048	24.968
4168	26.276	4294	25.908	4420	26.261	4546	25.613	4672	24.977	4798	23.952	4924	25.616	5050	24.95
4170	26.27	4296	25.9	4422	26.253	4548	25.607	4674	24.959	4800	23.987	4926	25.612	5052	24.93
4172	26.267	4298	25.894	4424	26.237	4550	25.603	4676	24.946	4802	24.038	4928	25.606	5054	24.91
4174	26.261	4300	25.886	4426	26.221	4552	25.595	4678	24.932	4804	24.089	4930	25.6	5056	24.886
4176	26.255	4302	25.881	4428	26.206	4554	25.587	4680	24.913	4806	24.144	4932	25.578	5058	24.863
4178	26.251	4304	25.87	4430	26.193	4556	25.579	4682	24.898	4808	24.202	4934	25.573	5060	24.83
4180	26.246	4306	25.862	4432	26.177	4558	25.572	4684	24.885	4810	24.273	4936	25.565	5062	24.813
4182	26.242	4308	25.855	4434	26.161	4560	25.563	4686	24.865	4812	24.316	4938	25.556	5064	24.778
4184	26.237	4310	25.845	4436	26.145	4562	25.556	4688	24.851	4814	24.384	4940	25.541	5066	24.743
4186	26.23	4312	25.839	4438	26.132	4564	25.548	4690	24.828	4816	24.444	4942	25.521	5068	24.707
4188	26.226	4314	25.829	4440	26.116	4566	25.541	4692	24.816	4818	24.505	4944	25.516	5070	24.688
4190	26.221	4316	25.818	4442	26.105	4568	25.531	4694	24.796	4820	24.576	4946	25.529	5072	24.641
4192	26.217	4318	25.808	4444	26.087	4570	25.526	4696	24.78	4822	24.615	4948	25.532	5074	24.621
4194	26.212	4320	25.8	4446	26.076	4572	25.515	4698	24.761	4824	24.842	4950	25.532	5076	24.577
4196	26.206	4322	25.783	4448	26.07	4574	25.508	4700	24.741	4826	24.909	4952	25.53	5078	24.547
4198	26.2	4324	25.775	4450	26.054	4576	25.501	4702	24.724	4828	24.942	4954	25.522	5080	24.494
4200	26.197	4326	25.763	4452	26.044	4578	25.494	4704	24.708	4830	24.969	4956	25.512	5082	24.459
4202	26.19	4328	25.75	4454	26.032	4580	25.484	4706	24.687	4832	25.019	4958	25.502	5084	24.414
4204	26.185	4330	25.735	4456	26.021	4582	25.477	4708	24.671	4834	25.06	4960	25.498	5086	24.372
4206	26.18	4332	25.722	4458	26.009	4584	25.468	4710	24.654	4836	25.096	4962	25.49	5088	24.314
4208	26.177	4334	25.708	4460	26	4586	25.459	4712	24.626	4838	25.143	4964	25.485	5090	24.255
4210	26.167	4336	25.695	4462	25.989	4588	25.45	4714	24.53	4840	25.172	4966	25.475	5092	24.194
4212	26.162	4338	25.675	4464	25.977	4590	25.443	4716	24.504	4842	25.217	4968	25.469	5094	24.139
4214	26.159	4340	25.664	4466	25.967	4592	25.434	4718	24.48	4844	25.251	4970	25.459	5096	24.078
4216	26.154	4342	25.643	4468	25.957	4594	25.426	4720	24.453	4846	25.286	4972	25.451	5098	24.016
4218	26.151	4344	25.63	4470	25.947	4596	25.415	4722	24.428	4848	25.317	4974	25.442	5100	23.944
4220	26.144	4346	25.604	4472	25.939	4598	25.409	4724	24.4	4850	25.351	4976	25.433	5102	23.895
4222	26.138	4348	25.589	4474	25.927	4600	25.401	4726	24.382	4852	25.377	4978	25.422	5104	23.836
4224	26.134	4350	25.562	4476	25.922	4602	25.394	4728	24.351	4854	25.399	4980	25.411	5106	23.78
4226	26.128	4352	25.545	4478	25.913	4604	25.382	4730	24.32	4856	25.421	4982	25.395	5108	23.747
4228	26.124	4354	25.519	4480	25.905	4606	25.348	4732	24.292	4858	25.441	4984	25.38	5110	23.702
4230	26.119	4356	25.49	4482	25.892	4608	25.337	4734	24.272	4860	25.463	4986	25.363	5112	23.691
4232	26.115	4358	25.461	4484	25.886	4610	25.325	4736	24.242	4862	25.482	4988	25.342	5114	23.672
4234	26.108	4360	25.439	4486	25.875	4612	25.315	4738	24.213	4864	25.485	4990	25.316	5116	23.662
4236	26.102	4362	25.4	4488	25.867	4614	25.313	4740	24.177	4866	25.504	4992	25.283	5118	23.675
4238	26.097	4364	25.39	4490	25.859	4616	25.306	4742	24.147	4868	25.52	4994	25.265	5120	23.7
4240	26.091	4366	25.347	4492	25.851	4618	25.293	4744	24.116	4870	25.534	4996	25.258	5122	23.751
4242	26.085	4368	25.317	4494	25.841	4620	25.283	4746	24.095	4872	25.548	4998	25.28	5124	23.81
4244	26.08	4370	25.248	4496	25.81	4622	25.278	4748	24.072	4874	25.561	5000	25.302	5126	23.881
4246	26.075	4372	25.19	4498	25.799	4624	25.266	4750	24.042	4876	25.575	5002	25.318	5128	23.955
4248	26.072	4374	25.115	4500	25.791	4626	25.257	4752	24.016	4878	25.588	5004	25.319	5130	24.087
4250	26.068	4376	25.053	4502	25.784	4628	25.248	4754	23.984	4880	25.595	5006	25.316	5132	24.141
4252	26.06	4378	24.997	4504	25.775	4630	25.236	4756	23.94	4882	25.598	5008	25.308	5134	24.237
4254	26.056	4380	24.943	4506	25.765	4632	25.227	4758	23.916	4884	25.607	5010	25.294	5136	24.357
4256	26.052	4382	24.826	4508	25.759	4634	25.218	4760	23.884	4886	25.611	5012	25.286	5138	24.452

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
5140	24.559	5266	24.61	5392	24.934	5518	24.729	5644	24.556	5770	24.386	5896	24.224	6022	24.052
5142	24.637	5268	24.582	5394	24.932	5520	24.724	5646	24.551	5772	24.384	5898	24.221	6024	24.049
5144	24.702	5270	24.548	5396	24.931	5522	24.719	5648	24.549	5774	24.383	5900	24.219	6026	24.047
5146	24.787	5272	24.494	5398	24.93	5524	24.713	5650	24.545	5776	24.381	5902	24.215	6028	24.045
5148	24.838	5274	24.457	5400	24.927	5526	24.709	5652	24.541	5778	24.378	5904	24.213	6030	24.042
5150	25.042	5276	24.402	5402	24.926	5528	24.702	5654	24.537	5780	24.374	5906	24.211	6032	24.039
5152	25.068	5278	24.323	5404	24.925	5530	24.696	5656	24.535	5782	24.373	5908	24.209	6034	24.037
5154	25.099	5280	24.273	5406	24.923	5532	24.689	5658	24.53	5784	24.37	5910	24.207	6036	24.033
5156	25.119	5282	24.211	5408	24.92	5534	24.681	5660	24.527	5786	24.368	5912	24.204	6038	24.031
5158	25.144	5284	24.147	5410	24.92	5536	24.672	5662	24.525	5788	24.364	5914	24.191	6040	24.029
5160	25.155	5286	24.078	5412	24.916	5538	24.661	5664	24.521	5790	24.363	5916	24.188	6042	24.026
5162	25.172	5288	24.015	5414	24.914	5540	24.652	5666	24.518	5792	24.36	5918	24.185	6044	24.024
5164	25.185	5290	23.944	5416	24.912	5542	24.643	5668	24.515	5794	24.357	5920	24.183	6046	24.022
5166	25.197	5292	23.873	5418	24.911	5544	24.622	5670	24.512	5796	24.355	5922	24.18	6048	24.017
5168	25.203	5294	23.814	5420	24.908	5546	24.612	5672	24.508	5798	24.353	5924	24.178	6050	24.016
5170	25.212	5296	23.757	5422	24.905	5548	24.588	5674	24.502	5800	24.351	5926	24.175	6052	24.013
5172	25.218	5298	23.698	5424	24.904	5550	24.569	5676	24.498	5802	24.349	5928	24.172	6054	24.011
5174	25.219	5300	23.657	5426	24.902	5552	24.538	5678	24.495	5804	24.346	5930	24.17	6056	24.008
5176	25.223	5302	23.634	5428	24.897	5554	24.492	5680	24.49	5806	24.335	5932	24.168	6058	24.004
5178	25.226	5304	23.632	5430	24.894	5556	24.456	5682	24.485	5808	24.333	5934	24.166	6060	24.003
5180	25.226	5306	23.652	5432	24.893	5558	24.388	5684	24.481	5810	24.331	5936	24.164	6062	23.999
5182	25.226	5308	23.681	5434	24.89	5560	24.294	5686	24.477	5812	24.327	5938	24.16	6064	23.984
5184	25.224	5310	23.742	5436	24.886	5562	24.188	5688	24.474	5814	24.325	5940	24.157	6066	23.979
5186	25.223	5312	23.781	5438	24.883	5564	24.117	5690	24.471	5816	24.322	5942	24.154	6068	23.977
5188	25.22	5314	23.895	5440	24.881	5566	24.059	5692	24.467	5818	24.32	5944	24.151	6070	23.972
5190	25.218	5316	23.933	5442	24.876	5568	24.108	5694	24.461	5820	24.316	5946	24.15	6072	23.971
5192	25.214	5318	24.031	5444	24.876	5570	24.273	5696	24.445	5822	24.315	5948	24.148	6074	23.966
5194	25.21	5320	24.115	5446	24.872	5572	24.432	5698	24.442	5824	24.313	5950	24.146	6076	23.962
5196	25.204	5322	24.21	5448	24.869	5574	24.497	5700	24.437	5826	24.31	5952	24.143	6078	23.958
5198	25.202	5324	24.274	5450	24.865	5576	24.558	5702	24.432	5828	24.309	5954	24.139	6080	23.955
5200	25.194	5326	24.358	5452	24.861	5578	24.579	5704	24.426	5830	24.306	5956	24.136	6082	23.951
5202	25.191	5328	24.397	5454	24.859	5580	24.609	5706	24.423	5832	24.304	5958	24.135	6084	23.946
5204	25.186	5330	24.489	5456	24.855	5582	24.622	5708	24.417	5834	24.301	5960	24.132	6086	23.941
5206	25.179	5332	24.531	5458	24.852	5584	24.63	5710	24.413	5836	24.298	5962	24.129	6088	23.939
5208	25.172	5334	24.579	5460	24.849	5586	24.634	5712	24.405	5838	24.296	5964	24.128	6090	23.935
5210	25.166	5336	24.63	5462	24.846	5588	24.639	5714	24.398	5840	24.293	5966	24.123	6092	23.931
5212	25.157	5338	24.668	5464	24.841	5590	24.639	5716	24.388	5842	24.292	5968	24.122	6094	23.925
5214	25.152	5340	24.702	5466	24.838	5592	24.638	5718	24.374	5844	24.29	5970	24.117	6096	23.922
5216	25.142	5342	24.721	5468	24.834	5594	24.635	5720	24.355	5846	24.287	5972	24.115	6098	23.915
5218	25.135	5344	24.754	5470	24.831	5596	24.632	5722	24.335	5848	24.284	5974	24.112	6100	23.91
5220	25.123	5346	24.771	5472	24.829	5598	24.63	5724	24.3	5850	24.28	5976	24.11	6102	23.905
5222	25.115	5348	24.792	5474	24.825	5600	24.627	5726	24.26	5852	24.278	5978	24.109	6104	23.898
5224	25.104	5350	24.811	5476	24.824	5602	24.623	5728	24.177	5854	24.277	5980	24.106	6106	23.89
5226	25.092	5352	24.826	5478	24.809	5604	24.62	5730	24.087	5856	24.273	5982	24.104	6108	23.882
5228	25.084	5354	24.842	5480	24.805	5606	24.617	5732	24.048	5858	24.271	5984	24.099	6110	23.874
5230	25.075	5356	24.862	5482	24.801	5608	24.614	5734	24.11	5860	24.27	5986	24.098	6112	23.872
5232	25.059	5358	24.872	5484	24.798	5610	24.609	5736	24.192	5862	24.267	5988	24.096	6114	23.861
5234	25.049	5360	24.885	5486	24.794	5612	24.609	5738	24.276	5864	24.264	5990	24.094	6116	23.848
5236	25.036	5362	24.885	5488	24.791	5614	24.606	5740	24.333	5866	24.262	5992	24.09	6118	23.835
5238	25.024	5364	24.894	5490	24.786	5616	24.602	5742	24.358	5868	24.26	5994	24.087	6120	23.822
5240	25.009	5366	24.899	5492	24.782	5618	24.601	5744	24.375	5870	24.257	5996	24.086	6122	23.802
5242	24.994	5368	24.925	5494	24.779	5620	24.596	5746	24.386	5872	24.254	5998	24.084	6124	23.782
5244	24.977	5370	24.928	5496	24.774	5622	24.593	5748	24.394	5874	24.251	6000	24.08	6126	23.746
5246	24.965	5372	24.93	5498	24.771	5624	24.588	5750	24.397	5876	24.249	6002	24.077	6128	23.715
5248	24.949	5374	24.932	5500	24.767	5626	24.585	5752	24.399	5878	24.247	6004	24.076	6130	23.668
5250	24.928	5376	24.934	5502	24.764	5628	24.581	5754	24.399	5880	24.244	6006	24.072	6132	23.619
5252	24.903	5378	24.933	5504	24.76	5630	24.577	5756	24.398	5882	24.241	6008	24.071	6134	23.555
5254	24.887	5380	24.936	5506	24.757	5632	24.574	5758	24.397	5884	24.238	6010	24.068	6136	23.514
5256	24.861	5382	24.935	5508	24.753	5634	24.566	5760	24.397	5886	24.237	6012	24.066	6138	23.497
5258	24.839	5384	24.935	5510	24.748	5636	24.564	5762	24.394	5888	24.234	6014	24.063	6140	23.556
5260	24.713	5386	24.935	5512	24.743	5638	24.562	5764	24.392	5890	24.23	6016	24.061	6142	23.625
5262	24.697	5388	24.934	5514	24.738	5640	24.56	5766	24.389	5892	24.228	6018	24.058	6144	23.734
5264	24.657	5390	24.934	5516	24.732	5642	24.558	5768	24.388	5894	24.226	6020	24.055	6146	23.79

f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
6148	23.836	6274	23.78	6400	23.625	6526	23.428	6652	23.355	6778	23.216	6904	23.085	7030	22.976
6150	23.864	6276	23.776	6402	23.623	6528	23.465	6654	23.352	6780	23.214	6906	23.082	7032	22.973
6152	23.882	6278	23.774	6404	23.622	6530	23.473	6656	23.349	6782	23.213	6908	23.081	7034	22.972
6154	23.899	6280	23.772	6406	23.618	6532	23.484	6658	23.348	6784	23.209	6910	23.078	7036	22.968
6156	23.905	6282	23.771	6408	23.616	6534	23.486	6660	23.346	6786	23.207	6912	23.077	7038	22.965
6158	23.907	6284	23.767	6410	23.613	6536	23.486	6662	23.343	6788	23.204	6914	23.074	7040	22.964
6160	23.912	6286	23.765	6412	23.611	6538	23.484	6664	23.34	6790	23.203	6916	23.073	7042	22.963
6162	23.912	6288	23.763	6414	23.61	6540	23.483	6666	23.34	6792	23.201	6918	23.07	7044	22.96
6164	23.911	6290	23.761	6416	23.607	6542	23.481	6668	23.336	6794	23.199	6920	23.067	7046	22.958
6166	23.91	6292	23.76	6418	23.604	6544	23.477	6670	23.334	6796	23.197	6922	23.064	7048	22.958
6168	23.909	6294	23.757	6420	23.601	6546	23.475	6672	23.332	6798	23.196	6924	23.063	7050	22.954
6170	23.907	6296	23.755	6422	23.598	6548	23.472	6674	23.332	6800	23.194	6926	23.061	7052	22.952
6172	23.906	6298	23.751	6424	23.599	6550	23.469	6676	23.329	6802	23.191	6928	23.059	7054	22.95
6174	23.905	6300	23.749	6426	23.596	6552	23.467	6678	23.326	6804	23.188	6930	23.056	7056	22.948
6176	23.9	6302	23.746	6428	23.593	6554	23.465	6680	23.323	6806	23.187	6932	23.054	7058	22.946
6178	23.899	6304	23.744	6430	23.59	6556	23.463	6682	23.321	6808	23.185	6934	23.052	7060	22.944
6180	23.895	6306	23.741	6432	23.587	6558	23.459	6684	23.32	6810	23.183	6936	23.05	7062	22.941
6182	23.893	6308	23.739	6434	23.585	6560	23.457	6686	23.317	6812	23.181	6938	23.049	7064	22.94
6184	23.891	6310	23.737	6436	23.583	6562	23.453	6688	23.315	6814	23.179	6940	23.045	7066	22.938
6186	23.888	6312	23.736	6438	23.582	6564	23.452	6690	23.314	6816	23.176	6942	23.043	7068	22.937
6188	23.885	6314	23.732	6440	23.58	6566	23.45	6692	23.311	6818	23.176	6944	23.039	7070	22.933
6190	23.881	6316	23.73	6442	23.577	6568	23.448	6694	23.309	6820	23.172	6946	23.036	7072	22.932
6192	23.88	6318	23.728	6444	23.575	6570	23.446	6696	23.306	6822	23.17	6948	23.033	7074	22.929
6194	23.878	6320	23.726	6446	23.574	6572	23.443	6698	23.303	6824	23.167	6950	23.03	7076	22.927
6196	23.873	6322	23.724	6448	23.57	6574	23.439	6700	23.302	6826	23.166	6952	23.026	7078	22.926
6198	23.873	6324	23.721	6450	23.567	6576	23.438	6702	23.301	6828	23.164	6954	23.024	7080	22.923
6200	23.869	6326	23.718	6452	23.565	6578	23.435	6704	23.293	6830	23.161	6956	23.02	7082	22.921
6202	23.867	6328	23.716	6454	23.562	6580	23.433	6706	23.289	6832	23.159	6958	23.02	7084	22.92
6204	23.864	6330	23.715	6456	23.56	6582	23.431	6708	23.288	6834	23.157	6960	23.014	7086	22.918
6206	23.861	6332	23.711	6458	23.558	6584	23.428	6710	23.285	6836	23.154	6962	23.011	7088	22.915
6208	23.858	6334	23.71	6460	23.556	6586	23.427	6712	23.283	6838	23.152	6964	23.008	7090	22.914
6210	23.856	6336	23.707	6462	23.554	6588	23.425	6714	23.282	6840	23.151	6966	23.004	7092	22.911
6212	23.853	6338	23.704	6464	23.55	6590	23.422	6716	23.28	6842	23.15	6968	22.999	7094	22.908
6214	23.852	6340	23.701	6466	23.548	6592	23.419	6718	23.278	6844	23.146	6970	22.996	7096	22.907
6216	23.849	6342	23.7	6468	23.546	6594	23.417	6720	23.276	6846	23.144	6972	22.991	7098	22.904
6218	23.845	6344	23.697	6470	23.543	6596	23.415	6722	23.274	6848	23.142	6974	22.986	7100	22.903
6220	23.842	6346	23.695	6472	23.539	6598	23.414	6724	23.273	6850	23.141	6976	22.98	7102	22.901
6222	23.841	6348	23.691	6474	23.537	6600	23.411	6726	23.27	6852	23.139	6978	22.973	7104	22.897
6224	23.836	6350	23.69	6476	23.535	6602	23.409	6728	23.269	6854	23.137	6980	22.966	7106	22.895
6226	23.834	6352	23.687	6478	23.533	6604	23.407	6730	23.266	6856	23.136	6982	22.96	7108	22.893
6228	23.834	6354	23.685	6480	23.53	6606	23.405	6732	23.265	6858	23.133	6984	22.951	7110	22.893
6230	23.831	6356	23.683	6482	23.528	6608	23.402	6734	23.262	6860	23.132	6986	22.939	7112	22.891
6232	23.828	6358	23.682	6484	23.524	6610	23.401	6736	23.26	6862	23.13	6988	22.927	7114	22.89
6234	23.825	6360	23.679	6486	23.523	6612	23.398	6738	23.258	6864	23.129	6990	22.908	7116	22.886
6236	23.824	6362	23.678	6488	23.519	6614	23.395	6740	23.256	6866	23.125	6992	22.893	7118	22.883
6238	23.82	6364	23.676	6490	23.516	6616	23.392	6742	23.253	6868	23.124	6994	22.874	7120	22.881
6240	23.818	6366	23.673	6492	23.514	6618	23.392	6744	23.252	6870	23.121	6996	22.856	7122	22.879
6242	23.815	6368	23.672	6494	23.511	6620	23.39	6746	23.25	6872	23.12	6998	22.851	7124	22.879
6244	23.814	6370	23.67	6496	23.508	6622	23.388	6748	23.248	6874	23.117	7000	22.876	7126	22.876
6246	23.811	6372	23.667	6498	23.505	6624	23.384	6750	23.246	6876	23.115	7002	22.887	7128	22.875
6248	23.808	6374	23.665	6500	23.499	6626	23.384	6752	23.244	6878	23.112	7004	22.929	7130	22.872
6250	23.805	6376	23.662	6502	23.496	6628	23.381	6754	23.242	6880	23.11	7006	22.949	7132	22.871
6252	23.804	6378	23.66	6504	23.491	6630	23.378	6756	23.239	6882	23.108	7008	22.967	7134	22.869
6254	23.801	6380	23.659	6506	23.487	6632	23.376	6758	23.237	6884	23.108	7010	22.98	7136	22.866
6256	23.8	6382	23.655	6508	23.479	6634	23.374	6760	23.234	6886	23.106	7012	22.983	7138	22.864
6258	23.796	6384	23.644	6510	23.473	6636	23.372	6762	23.232	6888	23.104	7014	22.99	7140	22.862
6260	23.795	6386	23.641	6512	23.463	6638	23.37	6764	23.23	6890	23.102	7016	22.99	7142	22.861
6262	23.791	6388	23.639	6514	23.452	6640	23.368	6766	23.228	6892	23.1	7018	22.991	7144	22.859
6264	23.789	6390	23.636	6516	23.435	6642	23.366	6768	23.226	6894	23.096	7020	22.991	7146	22.857
6266	23.787	6392	23.634	6518	23.417	6644	23.364	6770	23.225	6896	23.095	7022	22.989	7148	22.854
6268	23.784	6394	23.633	6520	23.388	6646	23.361	6772	23.221	6898	23.092	7024	22.981	7150	22.853
6270	23.783	6396	23.63	6522	23.371	6648	23.359	6774	23.22	6900	23.089	7026	22.978	7152	22.85
6272	23.781	6398	23.628	6524	23.384	6650	23.358	6776	23.218	6902	23.087	7028	22.977	7154	22.851

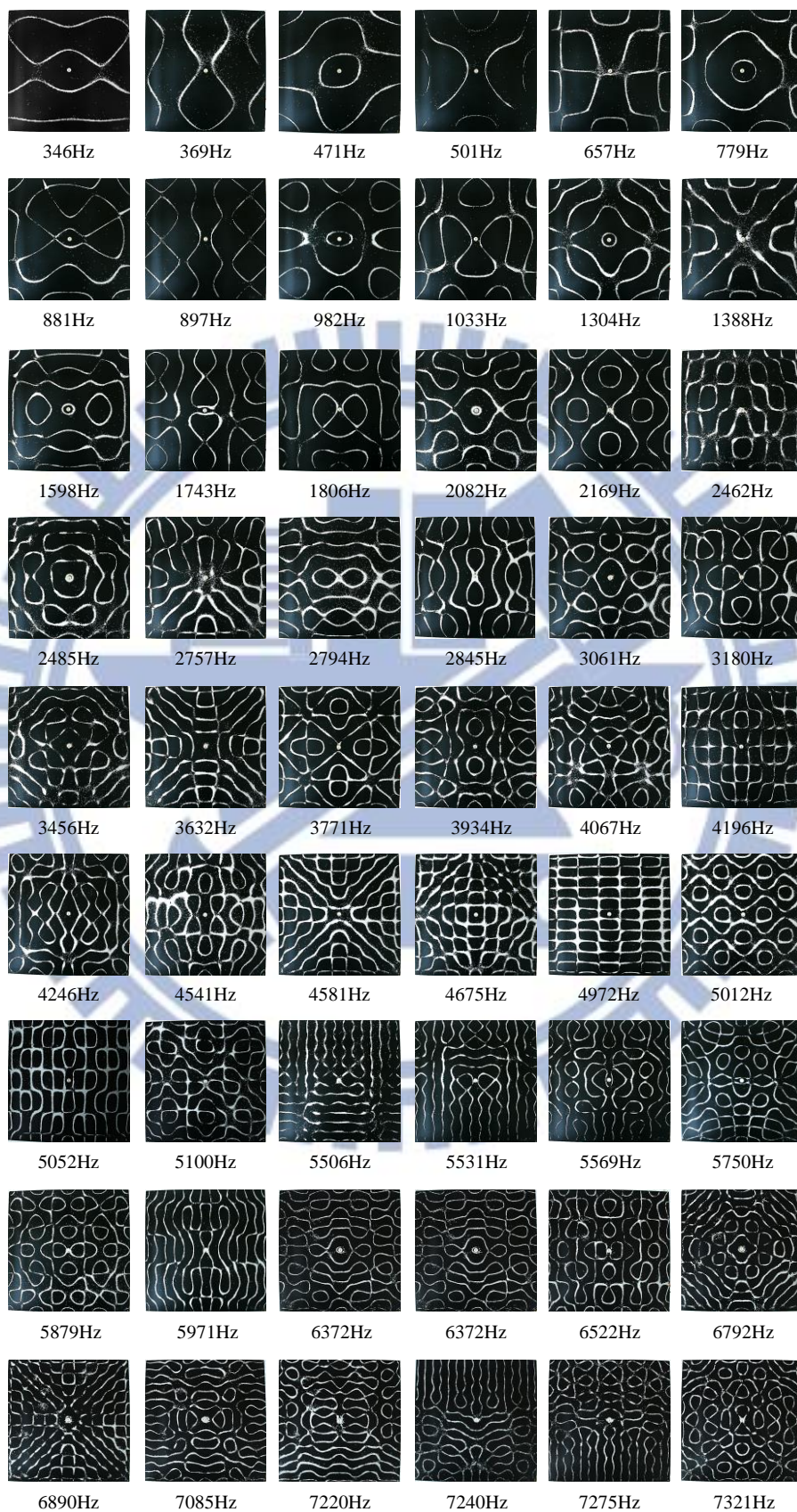
f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
7156	22.847	7282	22.729	7408	22.603	7534	22.447	7660	22.385	7786	22.259	7912	22.161	8038	22.052
7158	22.846	7284	22.726	7410	22.6	7536	22.458	7662	22.385	7788	22.261	7914	22.159	8040	22.049
7160	22.843	7286	22.725	7412	22.597	7538	22.472	7664	22.373	7790	22.262	7916	22.157	8042	22.048
7162	22.841	7288	22.721	7414	22.597	7540	22.478	7666	22.371	7792	22.262	7918	22.156	8044	22.045
7164	22.837	7290	22.72	7416	22.595	7542	22.484	7668	22.369	7794	22.262	7920	22.154	8046	22.044
7166	22.836	7292	22.718	7418	22.594	7544	22.486	7670	22.367	7796	22.263	7922	22.151	8048	22.042
7168	22.834	7294	22.718	7420	22.592	7546	22.488	7672	22.365	7798	22.261	7924	22.149	8050	22.042
7170	22.832	7296	22.715	7422	22.59	7548	22.487	7674	22.365	7800	22.259	7926	22.148	8052	22.039
7172	22.83	7298	22.714	7424	22.587	7550	22.486	7676	22.362	7802	22.257	7928	22.147	8054	22.037
7174	22.828	7300	22.712	7426	22.585	7552	22.484	7678	22.36	7804	22.255	7930	22.145	8056	22.035
7176	22.825	7302	22.711	7428	22.583	7554	22.482	7680	22.357	7806	22.253	7932	22.144	8058	22.034
7178	22.824	7304	22.708	7430	22.581	7556	22.479	7682	22.356	7808	22.251	7934	22.141	8060	22.032
7180	22.822	7306	22.706	7432	22.579	7558	22.478	7684	22.354	7810	22.25	7936	22.14	8062	22.031
7182	22.82	7308	22.705	7434	22.577	7560	22.476	7686	22.353	7812	22.25	7938	22.139	8064	22.029
7184	22.817	7310	22.702	7436	22.576	7562	22.475	7688	22.352	7814	22.248	7940	22.136	8066	22.027
7186	22.813	7312	22.7	7438	22.573	7564	22.473	7690	22.351	7816	22.245	7942	22.133	8068	22.025
7188	22.811	7314	22.7	7440	22.571	7566	22.473	7692	22.348	7818	22.243	7944	22.133	8070	22.023
7190	22.809	7316	22.697	7442	22.57	7568	22.471	7694	22.344	7820	22.242	7946	22.131	8072	22.022
7192	22.809	7318	22.696	7444	22.568	7570	22.469	7696	22.344	7822	22.239	7948	22.128	8074	22.02
7194	22.807	7320	22.694	7446	22.566	7572	22.466	7698	22.342	7824	22.238	7950	22.127	8076	22.017
7196	22.805	7322	22.692	7448	22.563	7574	22.463	7700	22.341	7826	22.234	7952	22.126	8078	22.015
7198	22.803	7324	22.69	7450	22.562	7576	22.463	7702	22.339	7828	22.234	7954	22.125	8080	22.014
7200	22.801	7326	22.687	7452	22.56	7578	22.461	7704	22.336	7830	22.231	7956	22.123	8082	22.011
7202	22.797	7328	22.685	7454	22.557	7580	22.459	7706	22.334	7832	22.229	7958	22.121	8084	22.01
7204	22.795	7330	22.684	7456	22.554	7582	22.457	7708	22.332	7834	22.228	7960	22.119	8086	22.009
7206	22.795	7332	22.682	7458	22.553	7584	22.454	7710	22.331	7836	22.226	7962	22.117	8088	22.007
7208	22.793	7334	22.68	7460	22.551	7586	22.454	7712	22.33	7838	22.225	7964	22.115	8090	22.006
7210	22.791	7336	22.678	7462	22.549	7588	22.452	7714	22.328	7840	22.223	7966	22.114	8092	22.004
7212	22.79	7338	22.675	7464	22.546	7590	22.45	7716	22.326	7842	22.221	7968	22.113	8094	22.003
7214	22.788	7340	22.674	7466	22.545	7592	22.447	7718	22.324	7844	22.22	7970	22.11	8096	22.001
7216	22.785	7342	22.672	7468	22.541	7594	22.445	7720	22.323	7846	22.217	7972	22.109	8098	21.999
7218	22.784	7344	22.662	7470	22.539	7596	22.443	7722	22.321	7848	22.215	7974	22.108	8100	21.995
7220	22.783	7346	22.66	7472	22.536	7598	22.441	7724	22.32	7850	22.213	7976	22.106	8102	21.994
7222	22.781	7348	22.659	7474	22.535	7600	22.439	7726	22.318	7852	22.212	7978	22.102	8104	21.993
7224	22.78	7350	22.656	7476	22.53	7602	22.438	7728	22.316	7854	22.21	7980	22.1	8106	21.992
7226	22.778	7352	22.654	7478	22.53	7604	22.436	7730	22.315	7856	22.209	7982	22.099	8108	21.99
7228	22.777	7354	22.651	7480	22.526	7606	22.433	7732	22.312	7858	22.206	7984	22.079	8110	21.989
7230	22.775	7356	22.649	7482	22.522	7608	22.432	7734	22.31	7860	22.206	7986	22.076	8112	21.988
7232	22.775	7358	22.647	7484	22.52	7610	22.432	7736	22.308	7862	22.204	7988	22.076	8114	21.985
7234	22.772	7360	22.647	7486	22.514	7612	22.429	7738	22.305	7864	22.202	7990	22.08	8116	21.984
7236	22.771	7362	22.645	7488	22.511	7614	22.426	7740	22.303	7866	22.201	7992	22.083	8118	21.982
7238	22.768	7364	22.643	7490	22.51	7616	22.425	7742	22.302	7868	22.199	7994	22.085	8120	21.98
7240	22.767	7366	22.64	7492	22.509	7618	22.424	7744	22.3	7870	22.197	7996	22.084	8122	21.979
7242	22.765	7368	22.639	7494	22.512	7620	22.422	7746	22.299	7872	22.196	7998	22.083	8124	21.977
7244	22.764	7370	22.638	7496	22.512	7622	22.421	7748	22.297	7874	22.193	8000	22.081	8126	21.974
7246	22.761	7372	22.636	7498	22.511	7624	22.418	7750	22.295	7876	22.192	8002	22.08	8128	21.974
7248	22.759	7374	22.634	7500	22.509	7626	22.417	7752	22.292	7878	22.19	8004	22.079	8130	21.972
7250	22.758	7376	22.633	7502	22.507	7628	22.415	7754	22.29	7880	22.187	8006	22.078	8132	21.971
7252	22.757	7378	22.63	7504	22.502	7630	22.414	7756	22.288	7882	22.186	8008	22.076	8134	21.969
7254	22.755	7380	22.63	7506	22.498	7632	22.412	7758	22.288	7884	22.186	8010	22.073	8136	21.968
7256	22.752	7382	22.628	7508	22.494	7634	22.41	7760	22.286	7886	22.184	8012	22.071	8138	21.966
7258	22.751	7384	22.626	7510	22.489	7636	22.408	7762	22.284	7888	22.181	8014	22.071	8140	21.964
7260	22.748	7386	22.624	7512	22.485	7638	22.406	7764	22.283	7890	22.179	8016	22.069	8142	21.962
7262	22.747	7388	22.623	7514	22.479	7640	22.404	7766	22.28	7892	22.177	8018	22.066	8144	21.96
7264	22.745	7390	22.621	7516	22.474	7642	22.402	7768	22.277	7894	22.175	8020	22.067	8146	21.958
7266	22.744	7392	22.619	7518	22.468	7644	22.399	7770	22.276	7896	22.173	8022	22.064	8148	21.956
7268	22.741	7394	22.616	7520	22.463	7646	22.399	7772	22.272	7898	22.173	8024	22.062	8150	21.954
7270	22.741	7396	22.615	7522	22.452	7648	22.396	7774	22.269	7900	22.169	8026	22.062	8152	21.952
7272	22.738	7398	22.612	7524	22.444	7650	22.394	7776	22.264	7902	22.17	8028	22.058	8154	21.949
7274	22.736	7400	22.61	7526	22.43	7652	22.393	7778	22.26	7904	22.168	8030	22.057	8156	21.947
7276	22.734	7402	22.609	7528	22.422	7654	22.39	7780	22.255	7906	22.166	8032	22.056	8158	21.945
7278	22.733	7404	22.607	7530	22.418	7656	22.39	7782	22.252	7908	22.164	8034	22.054	8160	21.943
7280	22.73	7406	22.605	7532	22.427	7658	22.388	7784	22.255	7910	22.164	8036	22.052	8162	21.939

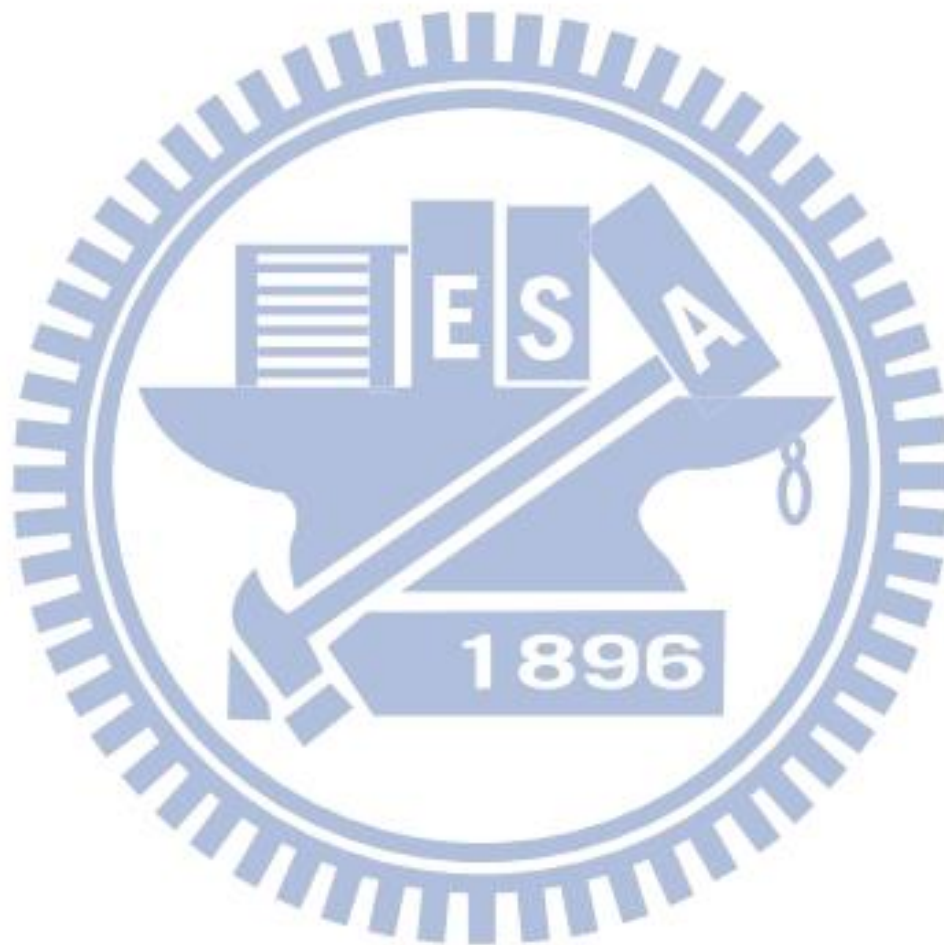
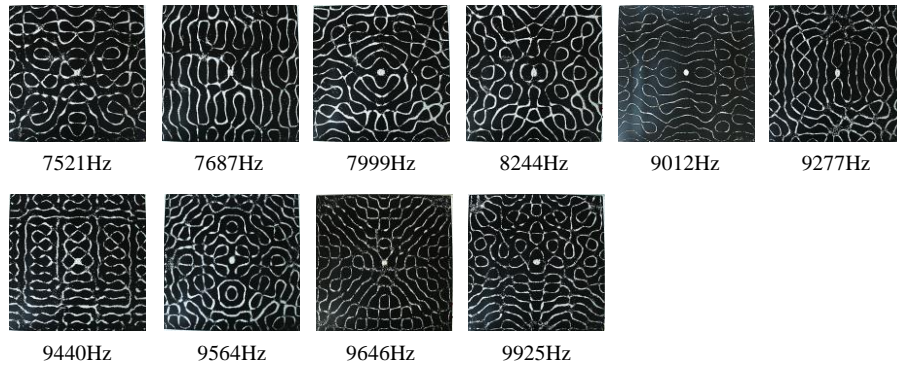
f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
8164	21.937	8290	21.843	8416	21.733	8542	21.636	8668	21.539	8794	21.459	8920	21.371	9046	21.271
8166	21.934	8292	21.842	8418	21.732	8544	21.633	8670	21.539	8796	21.458	8922	21.369	9048	21.272
8168	21.93	8294	21.841	8420	21.73	8546	21.632	8672	21.537	8798	21.456	8924	21.368	9050	21.271
8170	21.925	8296	21.839	8422	21.728	8548	21.631	8674	21.535	8800	21.456	8926	21.366	9052	21.271
8172	21.919	8298	21.837	8424	21.727	8550	21.63	8676	21.535	8802	21.454	8928	21.365	9054	21.27
8174	21.916	8300	21.836	8426	21.726	8552	21.628	8678	21.533	8804	21.453	8930	21.365	9056	21.269
8176	21.913	8302	21.834	8428	21.725	8554	21.627	8680	21.532	8806	21.451	8932	21.363	9058	21.269
8178	21.916	8304	21.824	8430	21.722	8556	21.626	8682	21.531	8808	21.449	8934	21.361	9060	21.269
8180	21.918	8306	21.823	8432	21.721	8558	21.624	8684	21.53	8810	21.447	8936	21.359	9062	21.267
8182	21.924	8308	21.822	8434	21.72	8560	21.622	8686	21.53	8812	21.447	8938	21.359	9064	21.267
8184	21.927	8310	21.82	8436	21.717	8562	21.622	8688	21.527	8814	21.446	8940	21.358	9066	21.266
8186	21.927	8312	21.818	8438	21.716	8564	21.621	8690	21.527	8816	21.445	8942	21.357	9068	21.264
8188	21.928	8314	21.817	8440	21.715	8566	21.618	8692	21.526	8818	21.442	8944	21.344	9070	21.262
8190	21.925	8316	21.814	8442	21.711	8568	21.617	8694	21.524	8820	21.442	8946	21.343	9072	21.261
8192	21.925	8318	21.813	8444	21.711	8570	21.615	8696	21.525	8822	21.44	8948	21.342	9074	21.26
8194	21.923	8320	21.812	8446	21.708	8572	21.611	8698	21.523	8824	21.44	8950	21.339	9076	21.258
8196	21.922	8322	21.81	8448	21.708	8574	21.61	8700	21.523	8826	21.438	8952	21.338	9078	21.256
8198	21.921	8324	21.808	8450	21.706	8576	21.607	8702	21.52	8828	21.436	8954	21.336	9080	21.255
8200	21.92	8326	21.806	8452	21.704	8578	21.606	8704	21.518	8830	21.435	8956	21.335	9082	21.255
8202	21.919	8328	21.805	8454	21.702	8580	21.604	8706	21.518	8832	21.434	8958	21.333	9084	21.253
8204	21.916	8330	21.804	8456	21.701	8582	21.602	8708	21.516	8834	21.432	8960	21.332	9086	21.251
8206	21.915	8332	21.802	8458	21.699	8584	21.6	8710	21.515	8836	21.432	8962	21.329	9088	21.249
8208	21.913	8334	21.802	8460	21.699	8586	21.598	8712	21.514	8838	21.43	8964	21.328	9090	21.246
8210	21.912	8336	21.798	8462	21.696	8588	21.595	8714	21.513	8840	21.429	8966	21.324	9092	21.246
8212	21.91	8338	21.796	8464	21.694	8590	21.595	8716	21.51	8842	21.428	8968	21.323	9094	21.243
8214	21.908	8340	21.795	8466	21.692	8592	21.593	8718	21.51	8844	21.426	8970	21.322	9096	21.242
8216	21.908	8342	21.794	8468	21.691	8594	21.592	8720	21.509	8846	21.425	8972	21.32	9098	21.241
8218	21.904	8344	21.793	8470	21.688	8596	21.591	8722	21.507	8848	21.423	8974	21.318	9100	21.239
8220	21.904	8346	21.79	8472	21.688	8598	21.589	8724	21.506	8850	21.421	8976	21.316	9102	21.238
8222	21.901	8348	21.789	8474	21.685	8600	21.588	8726	21.505	8852	21.419	8978	21.316	9104	21.237
8224	21.898	8350	21.787	8476	21.684	8602	21.587	8728	21.503	8854	21.418	8980	21.315	9106	21.235
8226	21.897	8352	21.784	8478	21.681	8604	21.588	8730	21.501	8856	21.417	8982	21.313	9108	21.234
8228	21.895	8354	21.784	8480	21.679	8606	21.585	8732	21.5	8858	21.417	8984	21.312	9110	21.233
8230	21.893	8356	21.781	8482	21.678	8608	21.585	8734	21.5	8860	21.416	8986	21.312	9112	21.232
8232	21.891	8358	21.782	8484	21.677	8610	21.584	8736	21.499	8862	21.414	8988	21.31	9114	21.231
8234	21.89	8360	21.78	8486	21.675	8612	21.581	8738	21.498	8864	21.411	8990	21.308	9116	21.231
8236	21.889	8362	21.778	8488	21.674	8614	21.58	8740	21.497	8866	21.41	8992	21.306	9118	21.228
8238	21.888	8364	21.777	8490	21.672	8616	21.58	8742	21.495	8868	21.408	8994	21.306	9120	21.228
8240	21.886	8366	21.775	8492	21.67	8618	21.578	8744	21.493	8870	21.406	8996	21.305	9122	21.225
8242	21.884	8368	21.772	8494	21.668	8620	21.576	8746	21.492	8872	21.405	8998	21.304	9124	21.223
8244	21.882	8370	21.772	8496	21.667	8622	21.575	8748	21.491	8874	21.404	9000	21.302	9126	21.222
8246	21.882	8372	21.771	8498	21.665	8624	21.566	8750	21.489	8876	21.403	9002	21.3	9128	21.221
8248	21.879	8374	21.77	8500	21.664	8626	21.565	8752	21.488	8878	21.402	9004	21.299	9130	21.219
8250	21.877	8376	21.767	8502	21.662	8628	21.564	8754	21.486	8880	21.4	9006	21.297	9132	21.218
8252	21.875	8378	21.766	8504	21.66	8630	21.563	8756	21.486	8882	21.398	9008	21.295	9134	21.215
8254	21.872	8380	21.764	8506	21.659	8632	21.561	8758	21.484	8884	21.398	9010	21.294	9136	21.214
8256	21.871	8382	21.763	8508	21.658	8634	21.56	8760	21.481	8886	21.396	9012	21.291	9138	21.212
8258	21.87	8384	21.758	8510	21.657	8636	21.558	8762	21.48	8888	21.397	9014	21.289	9140	21.213
8260	21.867	8386	21.758	8512	21.655	8638	21.557	8764	21.48	8890	21.395	9016	21.286	9142	21.211
8262	21.867	8388	21.756	8514	21.654	8640	21.556	8766	21.478	8892	21.393	9018	21.284	9144	21.21
8264	21.866	8390	21.756	8516	21.651	8642	21.555	8768	21.478	8894	21.391	9020	21.282	9146	21.208
8266	21.865	8392	21.754	8518	21.651	8644	21.555	8770	21.475	8896	21.39	9022	21.28	9148	21.207
8268	21.863	8394	21.752	8520	21.649	8646	21.553	8772	21.475	8898	21.388	9024	21.277	9150	21.205
8270	21.86	8396	21.749	8522	21.647	8648	21.551	8774	21.473	8900	21.386	9026	21.275	9152	21.204
8272	21.857	8398	21.748	8524	21.646	8650	21.55	8776	21.472	8902	21.384	9028	21.274	9154	21.202
8274	21.856	8400	21.748	8526	21.645	8652	21.549	8778	21.47	8904	21.384	9030	21.272	9156	21.2
8276	21.854	8402	21.745	8528	21.644	8654	21.547	8780	21.468	8906	21.382	9032	21.27	9158	21.199
8278	21.853	8404	21.742	8530	21.643	8656	21.546	8782	21.468	8908	21.382	9034	21.271	9160	21.197
8280	21.85	8406	21.741	8532	21.641	8658	21.544	8784	21.465	8910	21.379	9036	21.27	9162	21.195
8282	21.85	8408	21.74	8534	21.64	8660	21.543	8786	21.464	8912	21.377	9038	21.27	9164	21.194
8284	21.849	8410	21.738	8536	21.639	8662	21.542	8788	21.463	8914	21.376	9040	21.272	9166	21.193
8286	21.848	8412	21.736	8538	21.638	8664	21.54	8790	21.462	8916	21.374	9042	21.272	9168	21.19
8288	21.845	8414	21.735	8540	21.637	8666	21.539	8792	21.46	8918	21.371	9044	21.272	9170	21.188



f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)	f(Hz)	I(mA)
9172	21.187	9298	21.1	9424	21.01	9550	20.912	9676	20.832	9802	20.754	9928	20.673		
9174	21.186	9300	21.099	9426	21.008	9552	20.91	9678	20.831	9804	20.753	9930	20.671		
9176	21.183	9302	21.097	9428	21.007	9554	20.908	9680	20.83	9806	20.752	9932	20.669		
9178	21.182	9304	21.095	9430	21.007	9556	20.907	9682	20.827	9808	20.75	9934	20.668		
9180	21.181	9306	21.094	9432	21.006	9558	20.903	9684	20.827	9810	20.749	9936	20.668		
9182	21.179	9308	21.092	9434	21.005	9560	20.903	9686	20.827	9812	20.748	9938	20.666		
9184	21.178	9310	21.091	9436	21.002	9562	20.9	9688	20.825	9814	20.745	9940	20.664		
9186	21.176	9312	21.089	9438	21.001	9564	20.898	9690	20.824	9816	20.745	9942	20.663		
9188	21.174	9314	21.089	9440	21	9566	20.897	9692	20.823	9818	20.744	9944	20.662		
9190	21.173	9316	21.086	9442	20.999	9568	20.895	9694	20.823	9820	20.742	9946	20.661		
9192	21.171	9318	21.085	9444	20.997	9570	20.894	9696	20.821	9822	20.742	9948	20.658		
9194	21.17	9320	21.084	9446	20.996	9572	20.893	9698	20.819	9824	20.74	9950	20.657		
9196	21.17	9322	21.083	9448	20.995	9574	20.891	9700	20.818	9826	20.739	9952	20.655		
9198	21.169	9324	21.082	9450	20.992	9576	20.889	9702	20.818	9828	20.737	9954	20.656		
9200	21.166	9326	21.08	9452	20.991	9578	20.887	9704	20.816	9830	20.737	9956	20.654		
9202	21.165	9328	21.078	9454	20.99	9580	20.885	9706	20.815	9832	20.735	9958	20.652		
9204	21.164	9330	21.077	9456	20.989	9582	20.882	9708	20.814	9834	20.734	9960	20.65		
9206	21.162	9332	21.075	9458	20.988	9584	20.881	9710	20.813	9836	20.733	9962	20.649		
9208	21.16	9334	21.075	9460	20.986	9586	20.88	9712	20.812	9838	20.732	9964	20.647		
9210	21.16	9336	21.073	9462	20.985	9588	20.878	9714	20.811	9840	20.729	9966	20.647		
9212	21.158	9338	21.072	9464	20.984	9590	20.875	9716	20.809	9842	20.728	9968	20.645		
9214	21.159	9340	21.07	9466	20.983	9592	20.874	9718	20.807	9844	20.726	9970	20.643		
9216	21.157	9342	21.068	9468	20.98	9594	20.871	9720	20.807	9846	20.726	9972	20.642		
9218	21.155	9344	21.067	9470	20.978	9596	20.869	9722	20.805	9848	20.726	9974	20.641		
9220	21.153	9346	21.064	9472	20.977	9598	20.867	9724	20.803	9850	20.724	9976	20.639		
9222	21.152	9348	21.062	9474	20.976	9600	20.866	9726	20.802	9852	20.723	9978	20.637		
9224	21.15	9350	21.061	9476	20.975	9602	20.863	9728	20.801	9854	20.721	9980	20.636		
9226	21.148	9352	21.06	9478	20.974	9604	20.861	9730	20.8	9856	20.72	9982	20.634		
9228	21.147	9354	21.06	9480	20.972	9606	20.858	9732	20.799	9858	20.719	9984	20.633		
9230	21.147	9356	21.057	9482	20.972	9608	20.857	9734	20.798	9860	20.718	9986	20.632		
9232	21.144	9358	21.057	9484	20.969	9610	20.855	9736	20.797	9862	20.716	9988	20.63		
9234	21.144	9360	21.056	9486	20.969	9612	20.854	9738	20.796	9864	20.715	9990	20.629		
9236	21.142	9362	21.055	9488	20.966	9614	20.851	9740	20.795	9866	20.715	9992	20.627		
9238	21.142	9364	21.054	9490	20.957	9616	20.848	9742	20.794	9868	20.712	9994	20.625		
9240	21.14	9366	21.052	9492	20.955	9618	20.847	9744	20.793	9870	20.711	9996	20.624		
9242	21.139	9368	21.049	9494	20.954	9620	20.845	9746	20.791	9872	20.709	9998	20.622		
9244	21.137	9370	21.049	9496	20.952	9622	20.845	9748	20.79	9874	20.708	10000	20.619		
9246	21.134	9372	21.047	9498	20.95	9624	20.843	9750	20.789	9876	20.707				
9248	21.134	9374	21.046	9500	20.948	9626	20.843	9752	20.787	9878	20.706				
9250	21.133	9376	21.045	9502	20.946	9628	20.842	9754	20.786	9880	20.705				
9252	21.131	9378	21.043	9504	20.946	9630	20.842	9756	20.785	9882	20.704				
9254	21.13	9380	21.042	9506	20.945	9632	20.842	9758	20.784	9884	20.701				
9256	21.129	9382	21.04	9508	20.943	9634	20.843	9760	20.782	9886	20.7				
9258	21.126	9384	21.038	9510	20.94	9636	20.842	9762	20.782	9888	20.699				
9260	21.125	9386	21.038	9512	20.94	9638	20.842	9764	20.781	9890	20.697				
9262	21.124	9388	21.036	9514	20.937	9640	20.842	9766	20.779	9892	20.696				
9264	21.123	9390	21.035	9516	20.937	9642	20.842	9768	20.777	9894	20.695				
9266	21.122	9392	21.033	9518	20.937	9644	20.842	9770	20.776	9896	20.694				
9268	21.12	9394	21.032	9520	20.934	9646	20.841	9772	20.776	9898	20.693				
9270	21.119	9396	21.03	9522	20.933	9648	20.839	9774	20.774	9900	20.692				
9272	21.117	9398	21.028	9524	20.931	9650	20.838	9776	20.773	9902	20.69				
9274	21.116	9400	21.027	9526	20.929	9652	20.837	9778	20.772	9904	20.689				
9276	21.114	9402	21.026	9528	20.928	9654	20.836	9780	20.77	9906	20.686				
9278	21.113	9404	21.025	9530	20.928	9656	20.836	9782	20.769	9908	20.685				
9280	21.112	9406	21.024	9532	20.925	9658	20.836	9784	20.767	9910	20.684				
9282	21.11	9408	21.022	9534	20.923	9660	20.835	9786	20.766	9912	20.683				
9284	21.109	9410	21.021	9536	20.922	9662	20.835	9788	20.765	9914	20.682				
9286	21.107	9412	21.019	9538	20.92	9664	20.834	9790	20.762	9916	20.681				
9288	21.106	9414	21.018	9540	20.919	9666	20.835	9792	20.761	9918	20.679				
9290	21.104	9416	21.017	9542	20.918	9668	20.835	9794	20.76	9920	20.677				
9292	21.104	9418	21.015	9544	20.916	9670	20.834	9796	20.758	9922	20.677				
9294	21.103	9420	21.013	9546	20.914	9672	20.833	9798	20.757	9924	20.676				
9296	21.1	9422	21.011	9548	20.913	9674	20.832	9800	20.755	9926	20.673				

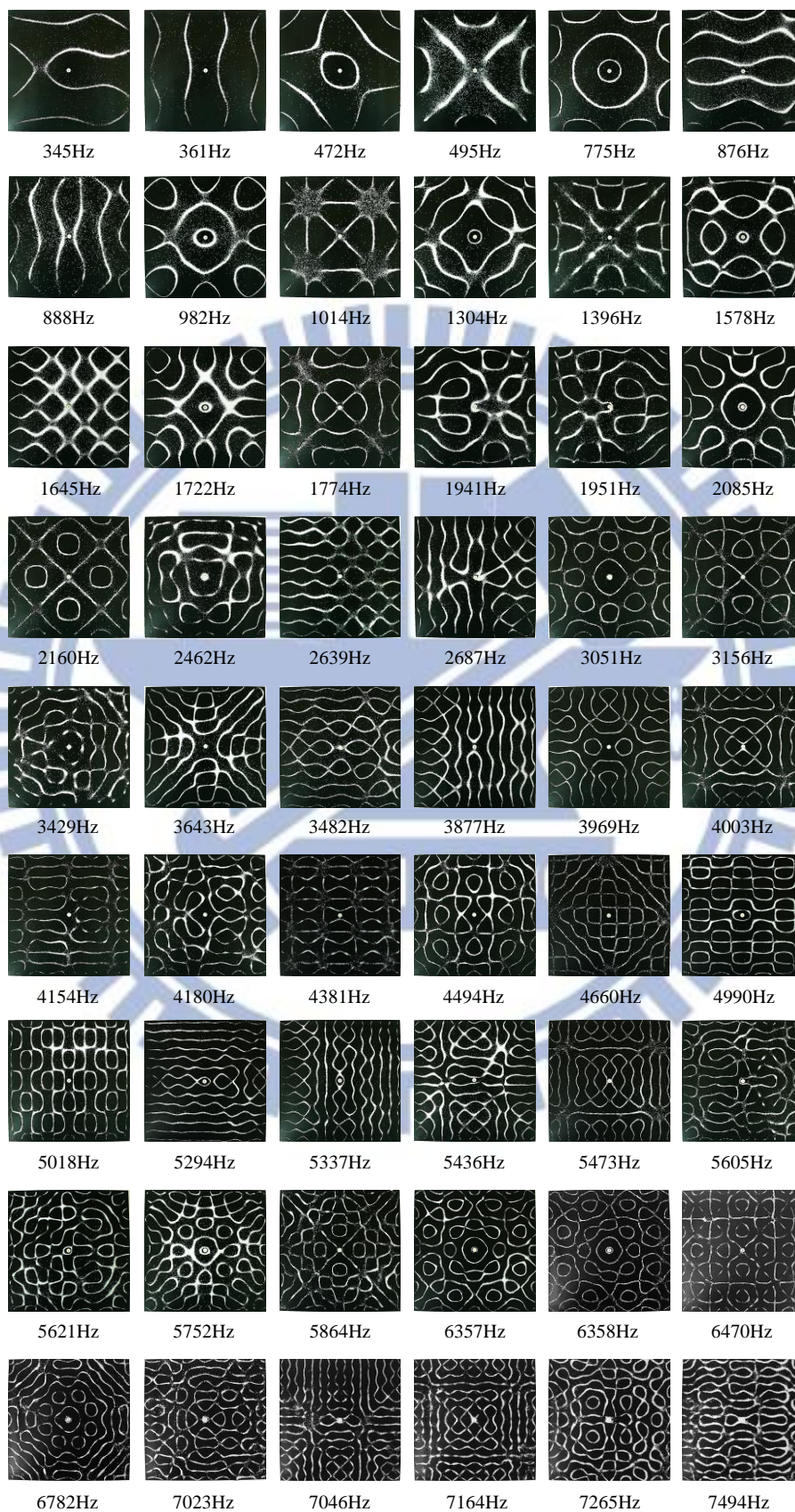
### 附錄三：青銅的實驗共振圖樣

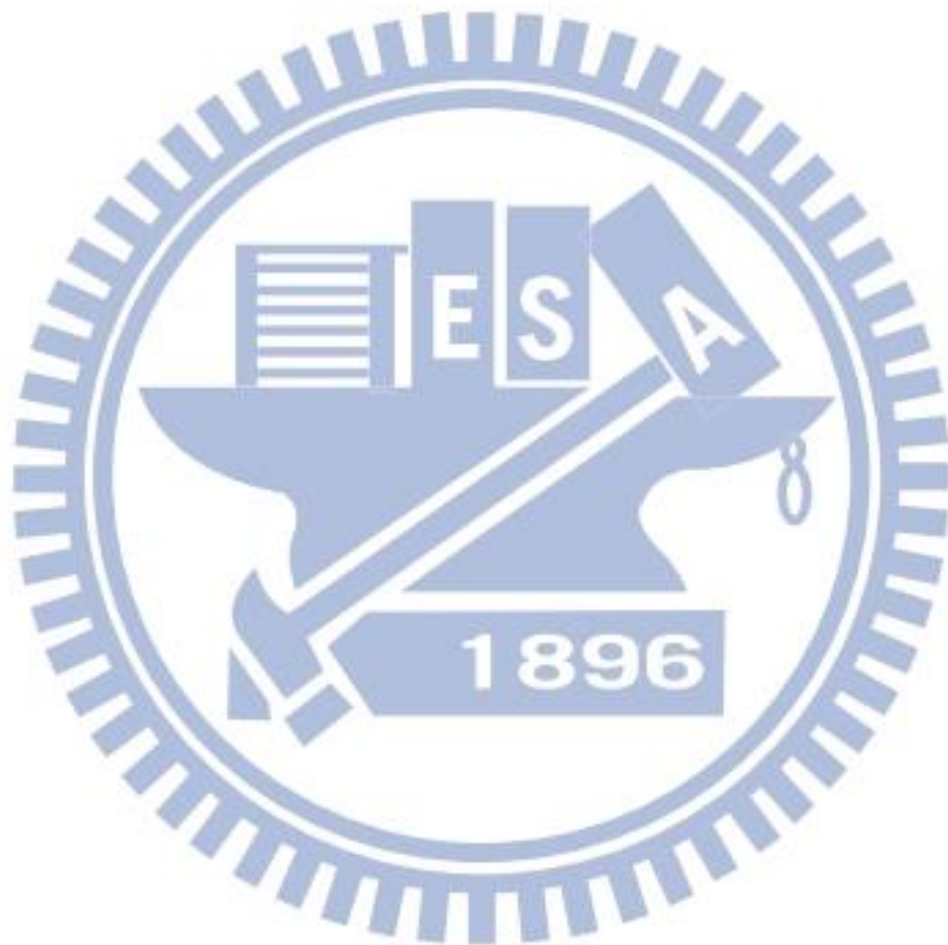
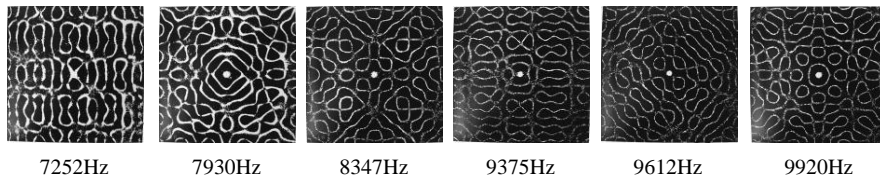






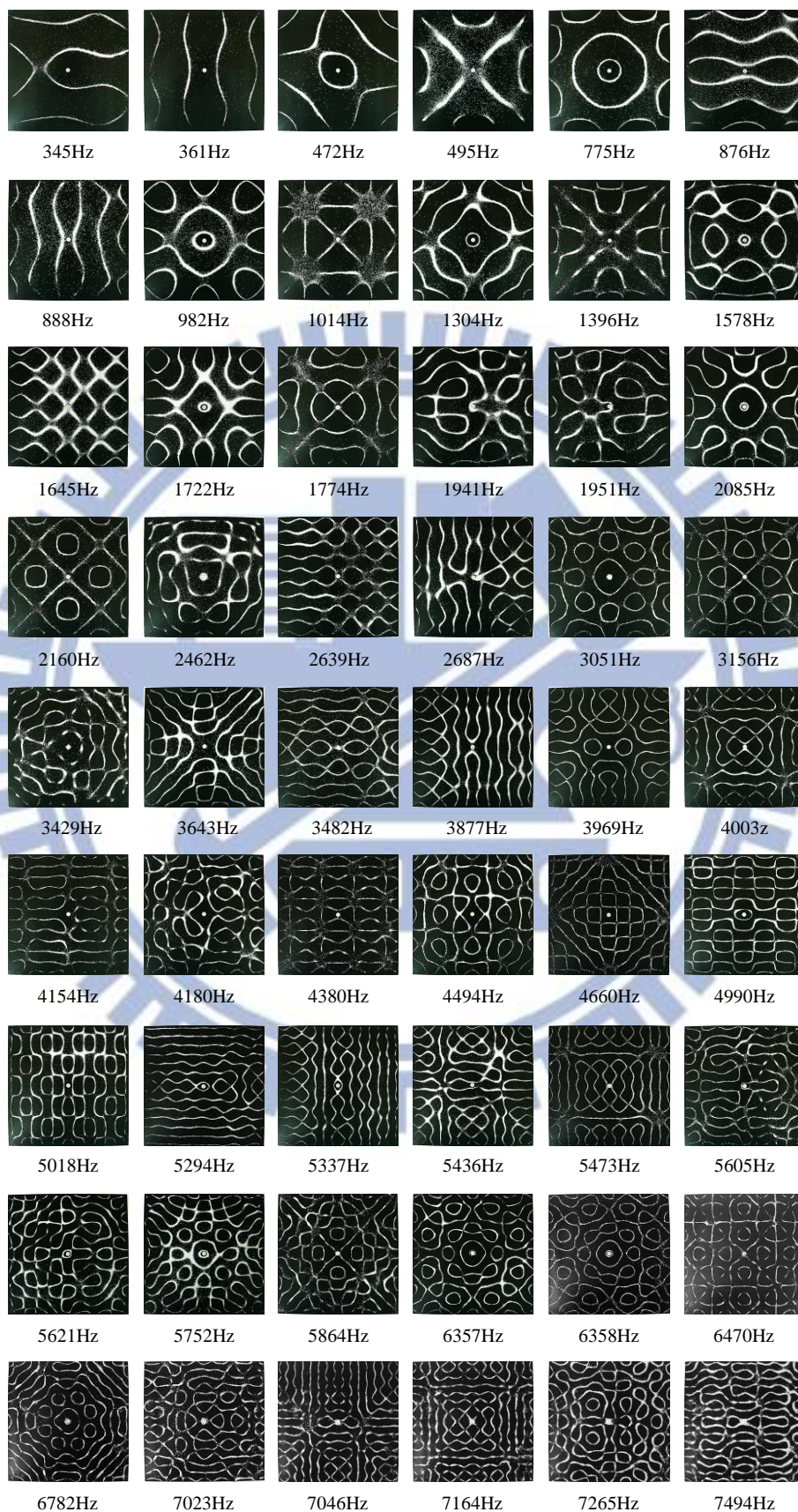
## 附錄四：黃銅的實驗共振圖樣

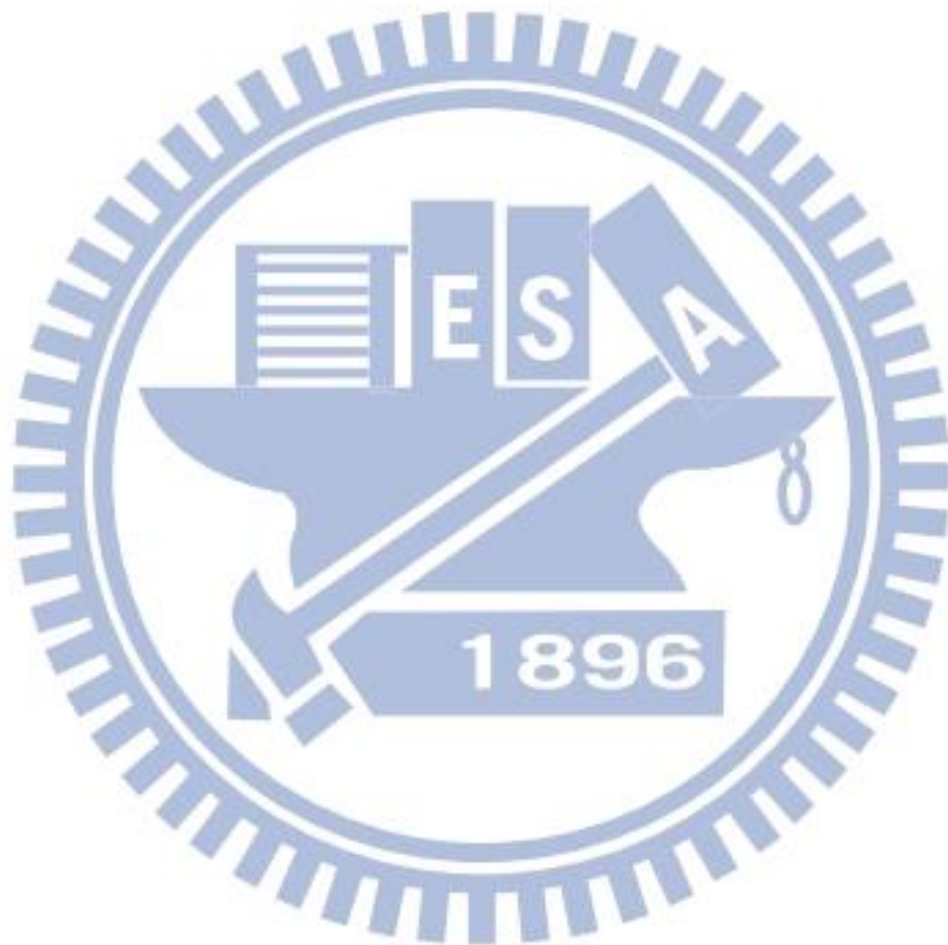
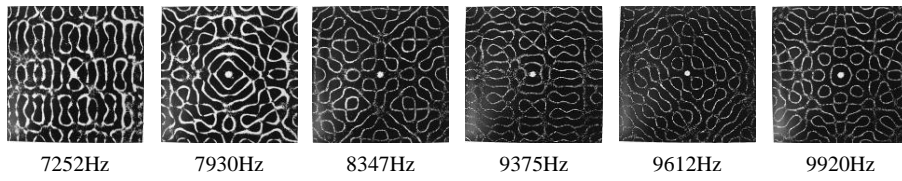






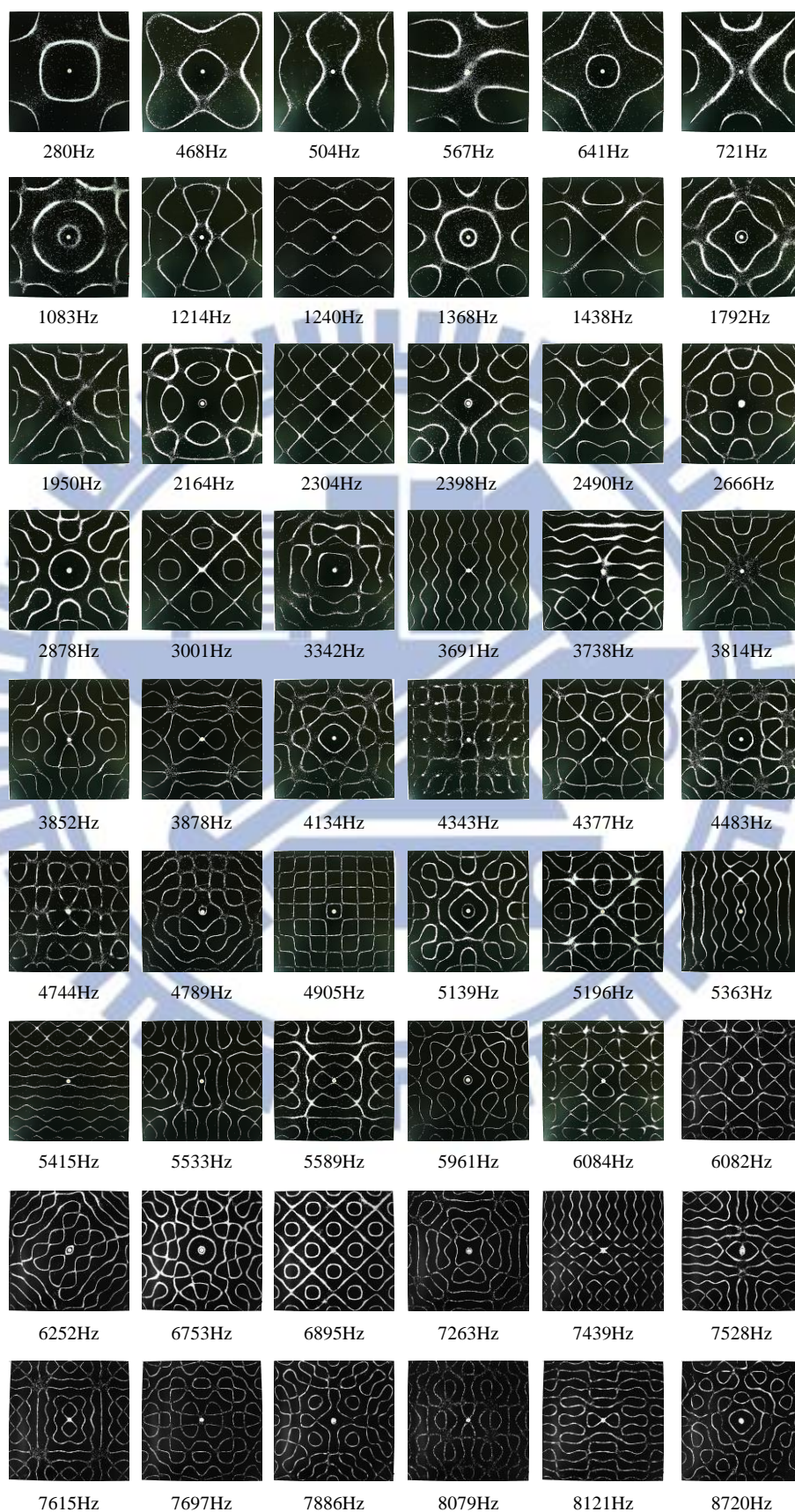
## 附錄五：無氧銅的實驗共振圖樣

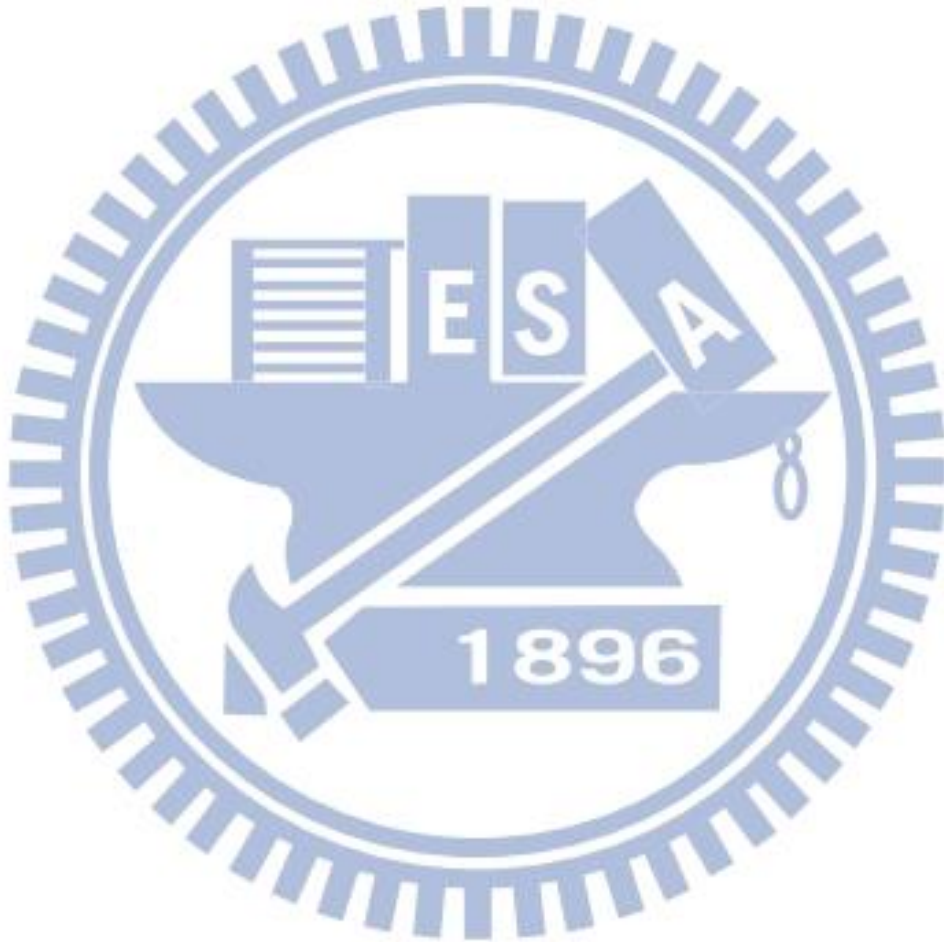
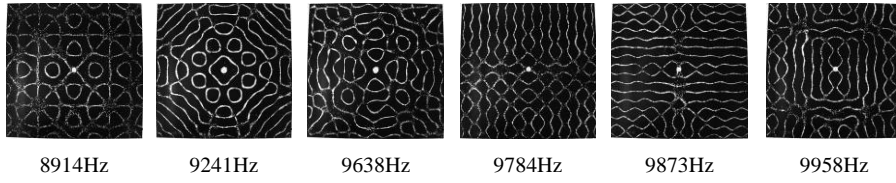






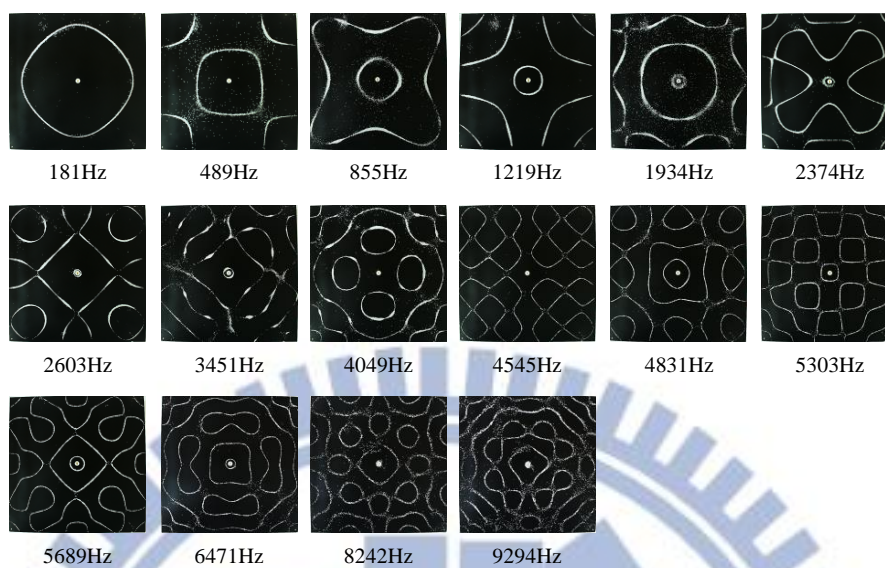
## 附錄六：不鏽鋼的實驗共振圖樣



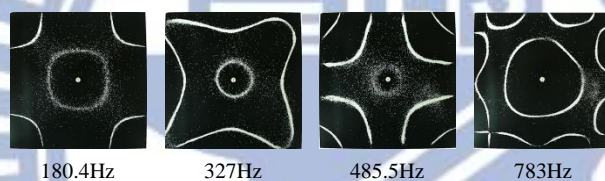




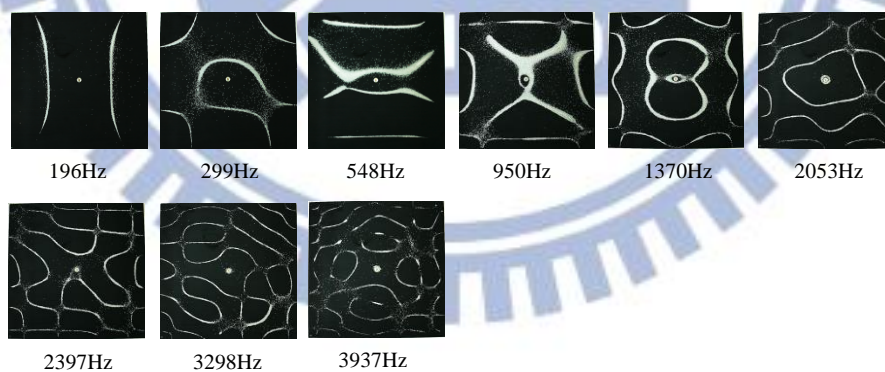
## 附錄七:玻璃的實驗共振圖樣



## 附錄八:壓克力的實驗共振圖樣

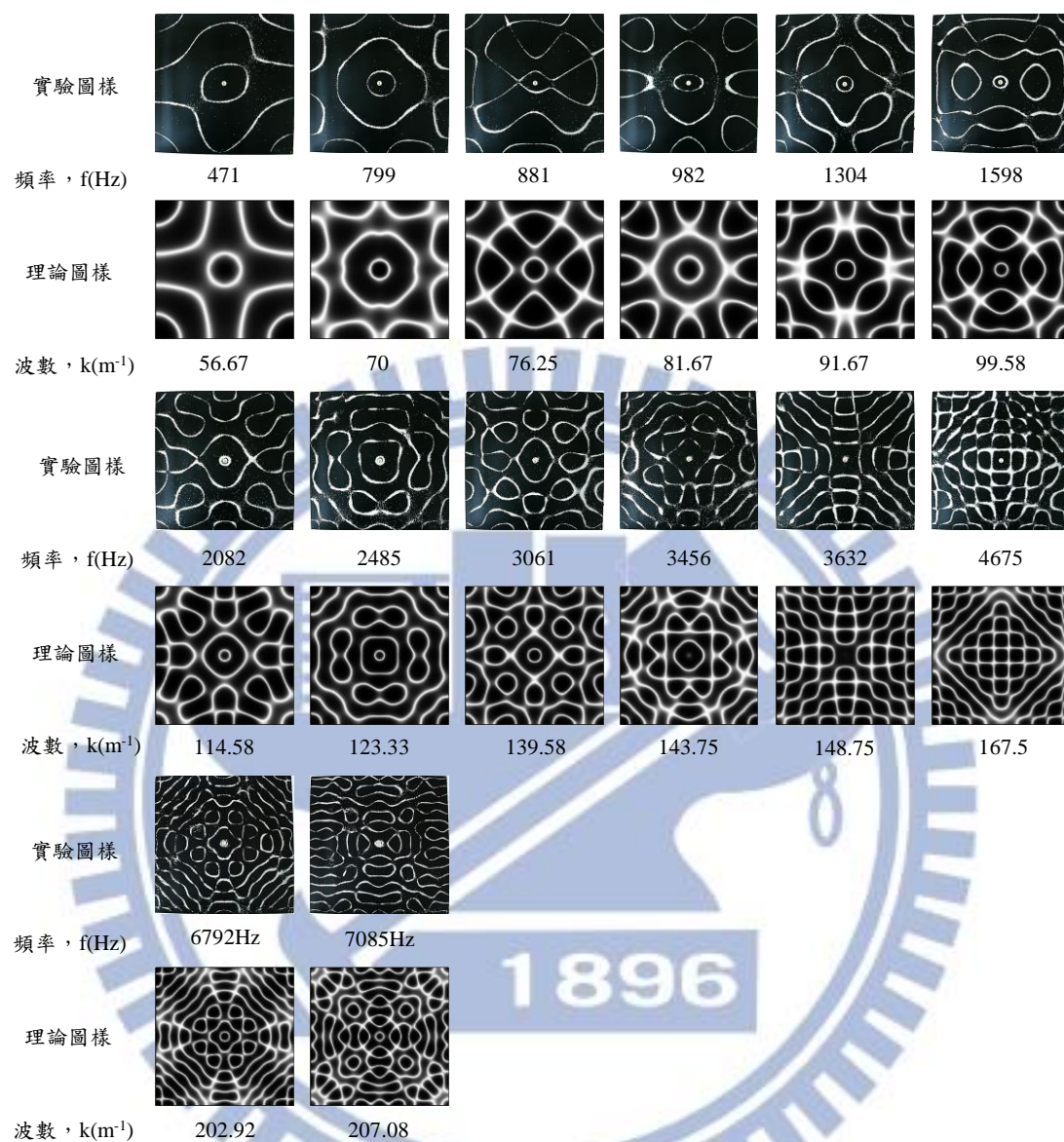


## 附錄九:木板的實驗共振圖樣

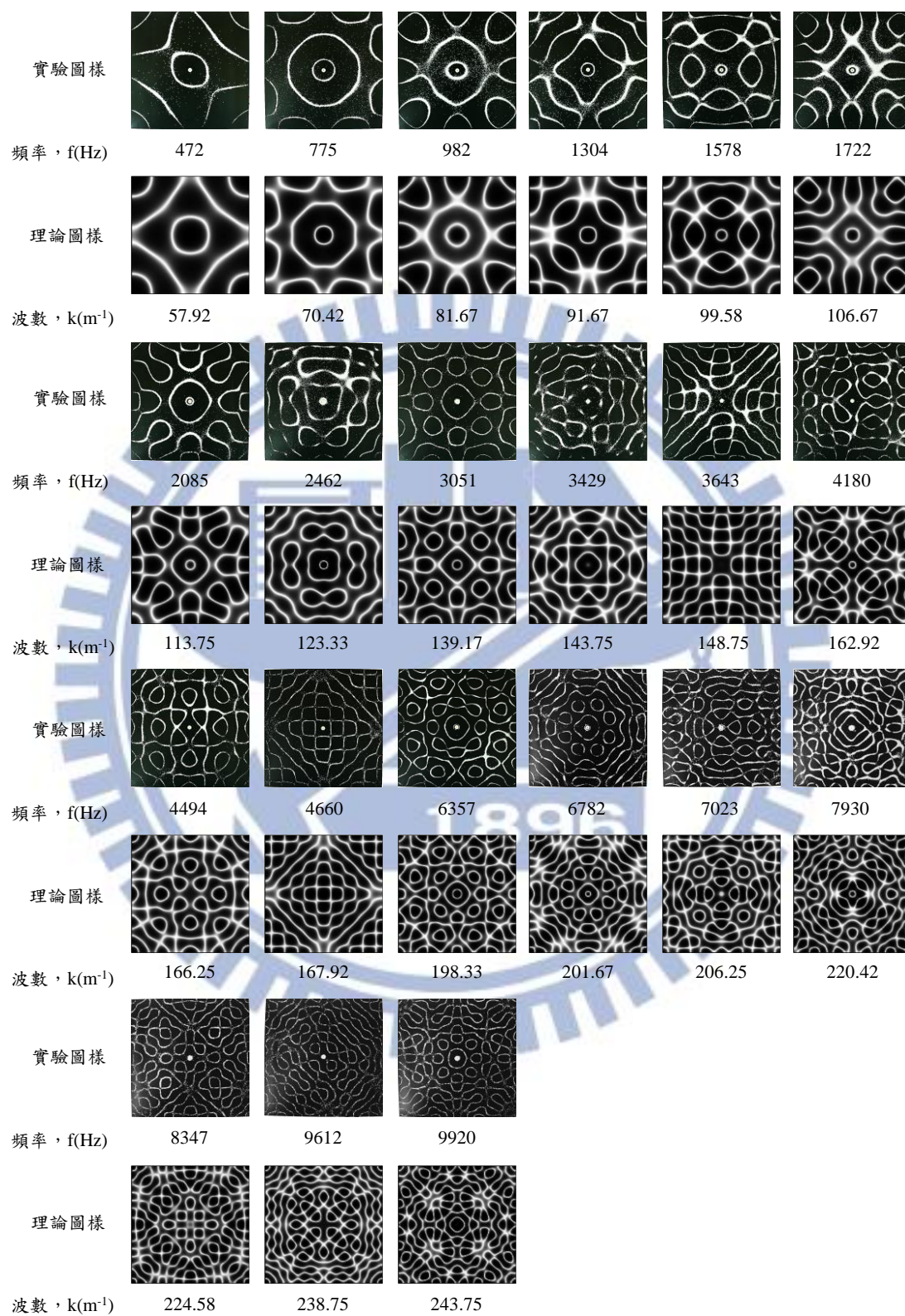




## 附錄十：青銅的圖樣比對

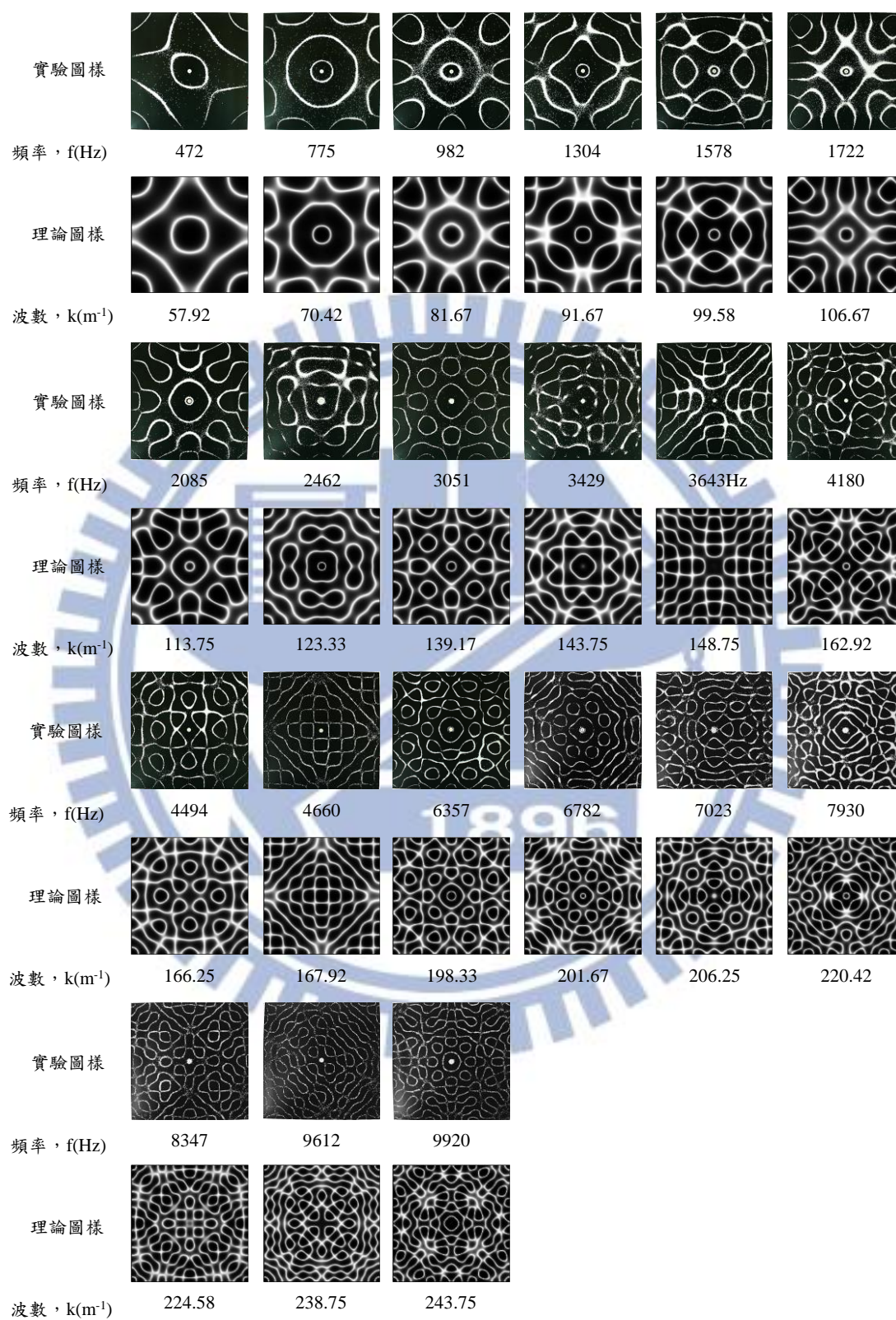


## 附錄十一：黃銅的圖樣比對

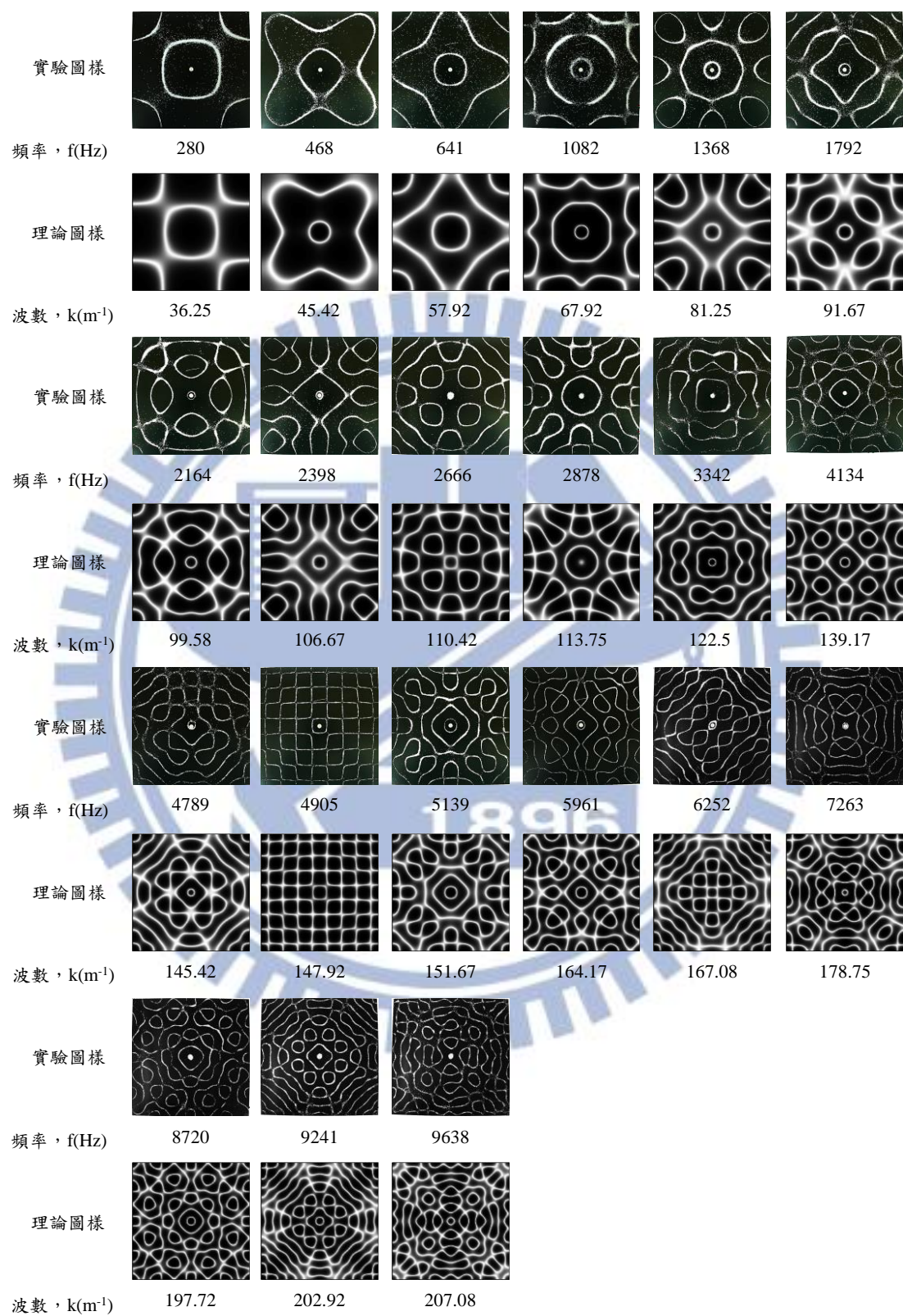




## 附錄十二：無氧銅的圖樣比對

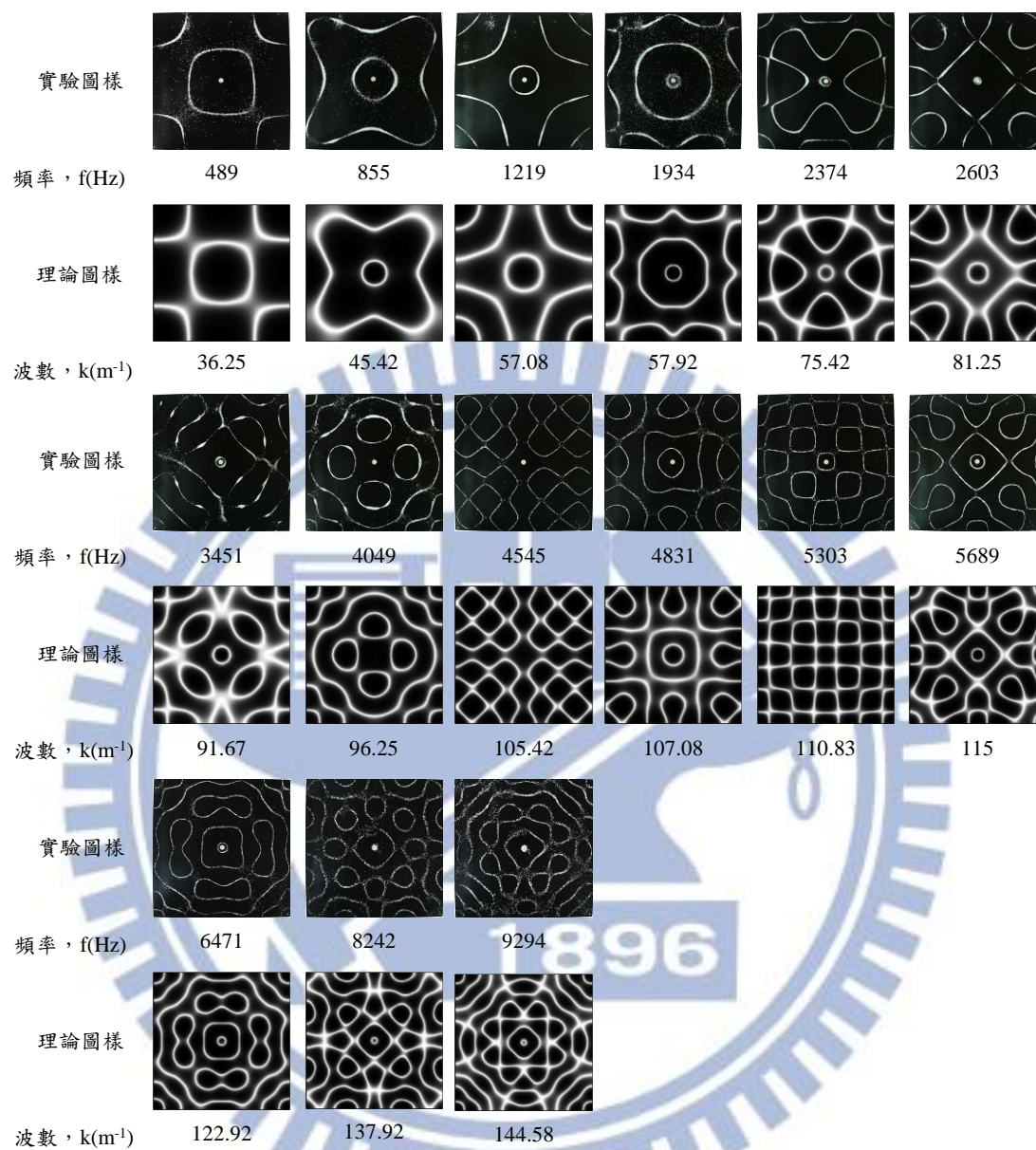


### 附錄十三：不鏽鋼的圖樣比對

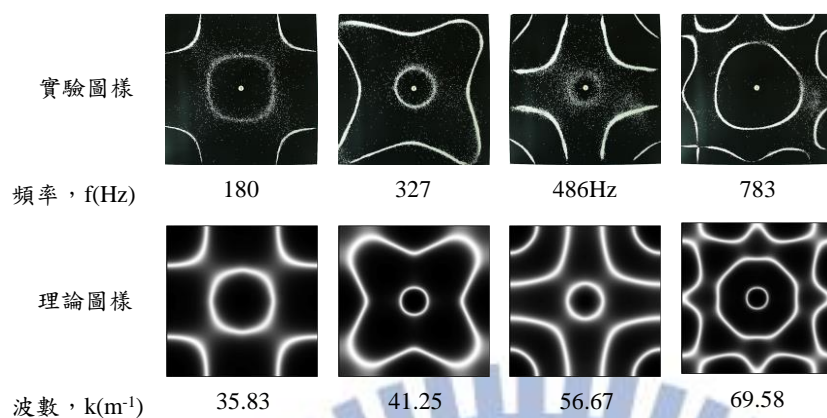




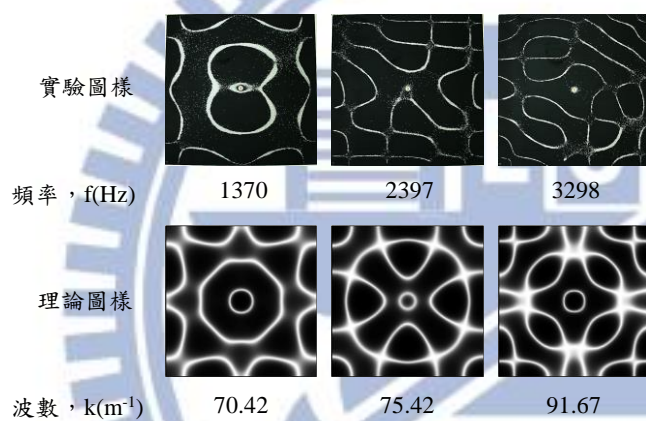
## 附錄十四：玻璃的圖樣比對



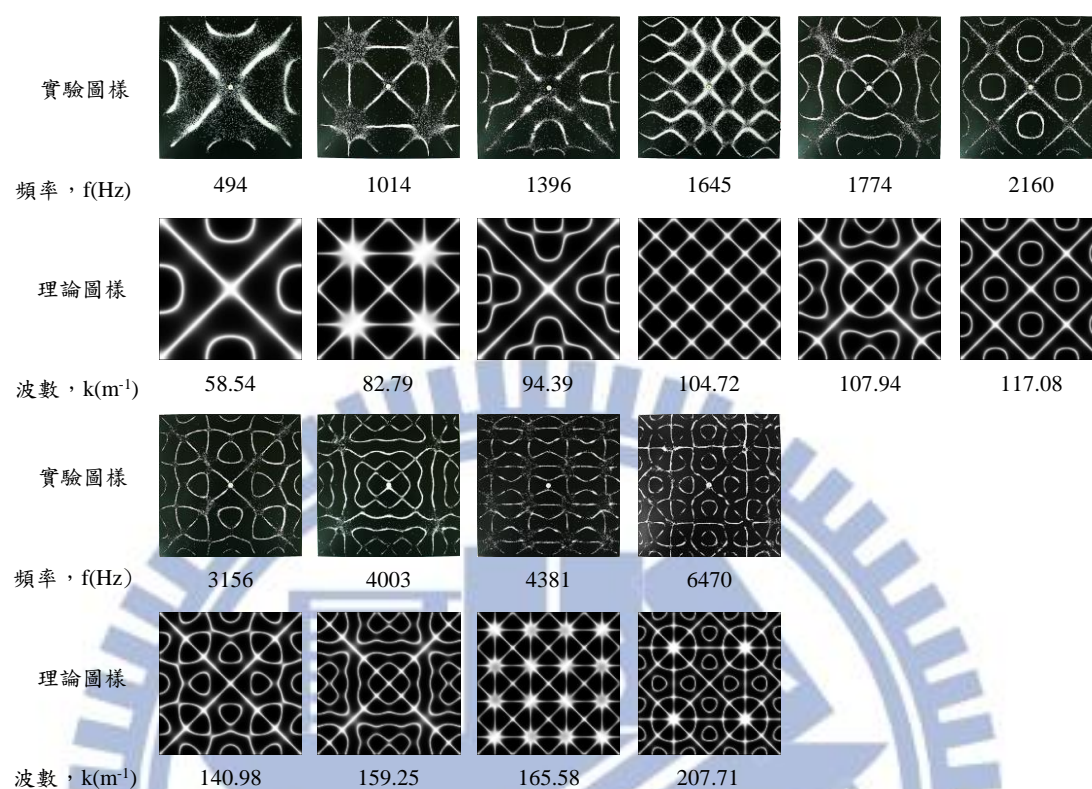
## 附錄十五：壓克力的圖樣比對



## 附錄十六：木板的圖樣比對

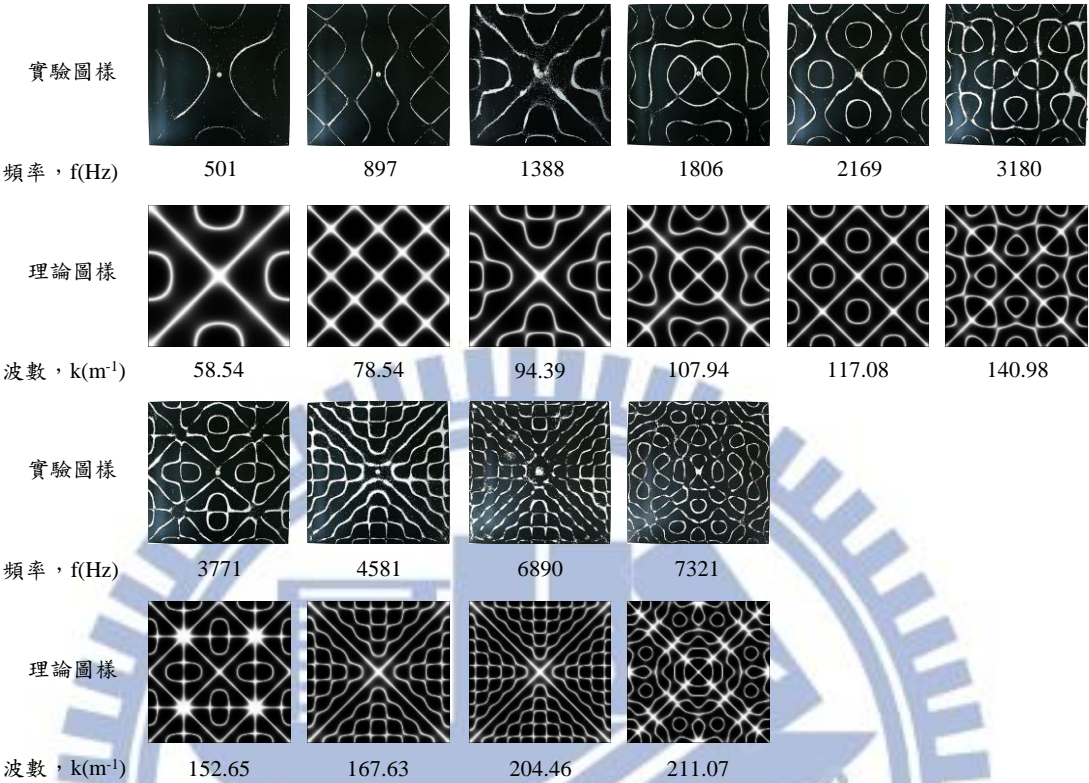


## 附錄十七：青銅反相節線圖樣比對



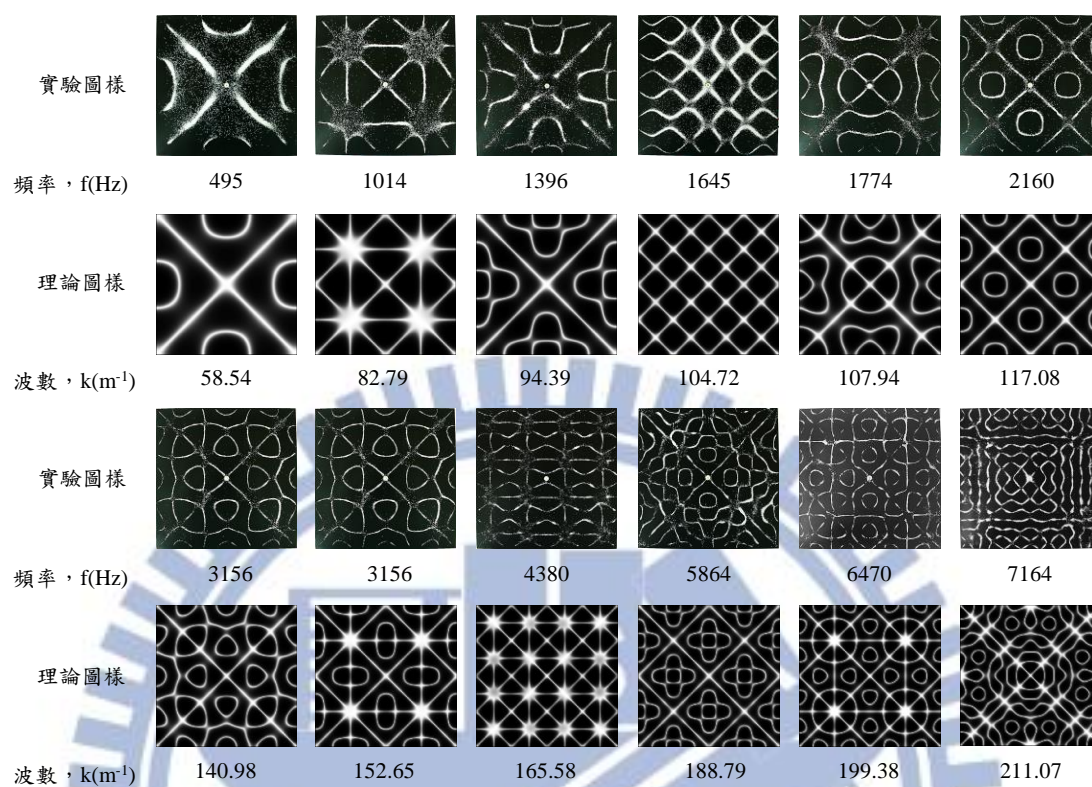


# 附錄十八：黃銅反相節線圖樣比對





## 附錄十九：無氧銅反相節線圖樣比對



## 附錄二十：不鏽鋼反相節線圖樣比對

