



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本 (11) 證書號數：TW I390184B1

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 21 日

(21) 申請案號：098115384

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 05 月 08 日

(51) Int. Cl. : G01D5/38 (2006.01)

(71) 申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：徐桂珠 HSU, KUEI CHU (TW)；陳啟昌 CHEN, CHII CHANG (TW)；詹佳樺 CHAN, CHIA HUA (TW)；賴暎杰 LAI, YIN CHIEH (TW)

(74) 代理人：詹銘文；蕭錫清

(56) 參考文獻：

US 5666196

Kuei-Chu Hsu; Lih-Gen Sheu; Yinchieh Lai, "Fabrication of fiber Bragg gratings by sequential W-writing with real-time interferometric side-diffraction position monitoring", Optical Communication, 2005. ECOC 2005. 31st European Conference on Volume: 3, Publication Year: 2005, Page(s): 765 - 766 vol.3

審查人員：朱姍姍

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：14 共 0 頁

(54) 名稱

位移量測系統及其方法

DISPLACEMENT MEASUREMENT SYSTEM AND METHOD THEREOF

(57) 摘要

一種位移量測系統，包括一同調光源、一二維光柵、一光感測器及一訊號處理裝置。當同調光入射至二維光柵後，產生一零階光束及多個一階繞射光束。零階光束與其中的兩個一階繞射光束在光感測器上形成不同方向的干涉條紋。因此，當二維光柵移動時，位移量測系統藉由計算不同方向的干涉條紋之相位差，而獲得二維光柵於對應方向上的位移量。此外，當二維光柵旋轉時，位移量測系統藉由一階繞射光束之繞射圖形的旋轉角度，而獲得二維光柵的旋轉量。

A displacement measurement system including a coherent light source, a two-dimension gating, a photo sensor and a signal process apparatus is provided. After the coherent light incidents into the two-dimension gating, a zero-order beam and a plurality of first-order beams are generated. The zero-order beam interferes with two of the first-order beams in different directions, so that corresponding interference patterns are formed on the photo sensor. Accordingly, while the two-dimensional gating moves, displacements of the two-dimensional gating in the different directions are obtained by calculating phase changes of the interference patterns in the corresponding directions. Besides, while the two-dimensional gating rotates, the rotational angle of the two-dimension gating is obtained from the corresponding rotation of a diffracted spot configuration of the first-order beams.

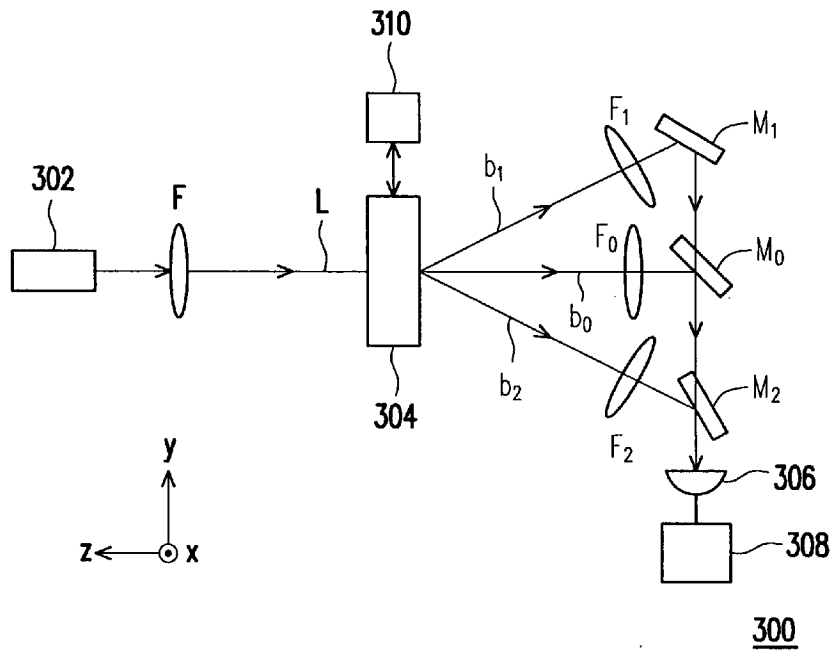


圖 3

- 300 . . . 位移量測系統
- 302 . . . 同調光源
- 304 . . . 二維光柵、光子晶體基板
- 306 . . . 光感測器
- 308 . . . 訊號處理裝置
- 310 . . . 麥克森干涉儀
- b_0 . . . 零階光束
- b_1 . . . 第一階繞射光束
- b_2 . . . 第二階繞射光束
- F、 F_0 、 F_1 、 F_2 . . . 球面透鏡
- L . . . 同調光
- M_0 、 M_1 、 M_2 . . . 反射元件

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：098115384

※申請日：98.5.8 ※IPC分類：G01D5/38 (2006.01)

一、發明名稱：

位移量測系統及其方法 / DISPLACEMENT
MEASUREMENT SYSTEM AND METHOD
THEREOF

二、中文發明摘要：

一種位移量測系統，包括一同調光源、一二維光柵、一光感測器及一訊號處理裝置。當同調光入射至二維光柵後，產生一零階光束及多個一階繞射光束。零階光束與其中的兩個一階繞射光束在光感測器上形成不同方向的干涉條紋。因此，當二維光柵移動時，位移量測系統藉由計算不同方向的干涉條紋之相位差，而獲得二維光柵於對應方向上的位移量。此外，當二維光柵旋轉時，位移量測系統藉由一階繞射光束之繞射圖形的旋轉角度，而獲得二維光柵的旋轉量。

三、英文發明摘要：

A displacement measurement system including a coherent light source, a two-dimension gating, a photo sensor and a signal process apparatus is provided. After the

coherent light incidents into the two-dimension gating, a zero-order beam and a plurality of first-order beams are generated. The zero-order beam interferes with two of the first-order beams in different directions, so that corresponding interference patterns are formed on the photo sensor. Accordingly, while the two-dimensional gating moves, displacements of the two-dimensional gating in the different directions are obtained by calculating phase changes of the interference patterns in the corresponding directions. Besides, while the two-dimensional gating rotates, the rotational angle of the two-dimension gating is obtained from the corresponding rotation of a diffracted spot configuration of the first-order beams.

四、指定代表圖：

- (一) 本案之指定代表圖：圖 3
- (二) 本代表圖之元件符號簡單說明：
 - 300：位移量測系統
 - 302：同調光源
 - 304：二維光柵、光子晶體基板
 - 306：光感測器
 - 308：訊號處理裝置
 - 310：麥克森干涉儀
 - b_0 ：零階光束

coherent light incidents into the two-dimension gating, a zero-order beam and a plurality of first-order beams are generated. The zero-order beam interferes with two of the first-order beams in different directions, so that corresponding interference patterns are formed on the photo sensor. Accordingly, while the two-dimensional gating moves, displacements of the two-dimensional gating in the different directions are obtained by calculating phase changes of the interference patterns in the corresponding directions. Besides, while the two-dimensional gating rotates, the rotational angle of the two-dimension gating is obtained from the corresponding rotation of a diffracted spot configuration of the first-order beams.

四、指定代表圖：

- (一) 本案之指定代表圖：圖 3
- (二) 本代表圖之元件符號簡單說明：
 - 300：位移量測系統
 - 302：同調光源
 - 304：二維光柵、光子晶體基板
 - 306：光感測器
 - 308：訊號處理裝置
 - 310：麥克森干涉儀
 - b_0 ：零階光束

b_1 ：第一一階繞射光束

b_2 ：第二一階繞射光束

F 、 F_0 、 F_1 、 F_2 ：球面透鏡

L ：同調光

M_0 、 M_1 、 M_2 ：反射元件

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種光學量測系統及其方法，且特別是有關於一種二維奈米級位移量測系統及其方法。

【先前技術】

一般而言，應用光柵的位移量測系統係將同調光入射至週期性光柵，而產生多個繞射光束。部分繞射光束與參考光束互相干涉而形成具有週期性的干涉條紋。因此，當光柵移動時，藉由觀察上述干涉條紋的變化來計算光柵之位移量。然而，在相關技術發展初期，此種位移量測系統侷限於當時光柵的製造技術，因而僅可作一維位移量的量測。

隨著相關技術的發展，多維度的位移量測系統逐漸被提出。例如，美國專利公告號第 5,666,196 號所提出的位移量測系統，將每一維度的位移量分別用其對應的預設週期之光柵來做對準標記，以記錄實際之位移量。另外，美國專利公告號第 5,493,397 號所提出的位移量測系統，藉由偵測每一維度干涉條紋的強度變化，以推得每個維度實際的位移量。

在上述多維度的位移量測系統中，每一維度都需要多個光感測器來讀取干涉條紋的強度，以換算成實際的位移量。然而，在實際應用上，每一維度都設置多個光感測器會增加光學系統的複雜度及製作成本。再者，使用多個光

感測器的位移量測系統在實際的應用上亦有其困難度。

【發明內容】

本發明提供一種位移量測系統，其使用一個光感測器同時量測二維之位移量及旋轉量，可降低系統的製作成本及複雜度。

本發明提出一種位移量測方法，應用上述位移量測系統同時量測二維之位移量及旋轉量，可降低系統的製作成本及複雜度。

本發明提供一種位移量測系統，其包括一同調光源、一二維光柵、一光感測器及一訊號處理裝置。同調光源適於發出一同調光。二維光柵配置於同調光之傳遞路徑上，以使同調光入射至二維光柵後，產生一零階光束及多個一階繞射光束。其中，一階繞射光束包括一第一一階繞射光束及一第二一階繞射光束。光感測器接收零階光束及一階繞射光束，其中零階光束分別與第一一階繞射光束及第二一階繞射光束在光感測器上形成不同方向的干涉條紋。訊號處理裝置記錄不同方向的干涉條紋之圖形。當二維光柵移動時，藉由計算不同方向的干涉條紋之相位差，而獲得二維光柵於對應方向上的位移量。

在本發明之一實施例中，當二維光柵旋轉時，上述之位移量測系統藉由一階繞射光束之繞射圖形的旋轉角度，而獲得二維光柵的旋轉量。

在本發明之一實施例中，上述之位移量測系統更包括

多個反射元件。反射元件使零階光束及一階繞射光束轉向而入射至光感測器。

在本發明之一實施例中，上述之位移量測系統更包括多個光調變器。光調變器分別配置於零階光束及一階繞射光束的傳遞路徑上，以調整零階光束及一階繞射光束入射光感測器的強度。

在本發明之一實施例中，上述之零階光束與第一一階繞射光束在光感測器上形成一第一方向的干涉條紋，而零階光束與第二一階繞射光束在光感測器上形成一第二方向的干涉條紋，其中第一方向及第二方向正交。

在本發明之一實施例中，上述之二維光柵為一二維週期性基板。

在本發明之一實施例中，上述之同調光的波長小於二維週期性基板之晶格點的間距。

在本發明之一實施例中，上述之二維週期性基板之晶格點的間距小於或等於一微米。

在本發明之一實施例中，上述之二維週期性基板為六角型週期性排列的光子晶體。

本發明提出一種位移量測方法，其包括下列步驟。首先，提供一二維光柵。接著，入射一同調光於二維光柵而產生一零階光束及多個一階繞射光束，其中一階繞射光束包括一第一一階繞射光束及一第二一階繞射光束。之後，藉由一光感測器接收零階光束及一階繞射光束，其中零階光束分別與第一一階繞射光束及第二一階繞射光束在光感

測器上形成不同方向的干涉條紋。因此，當二維光柵移動時，計算不同方向的干涉條紋之相位差，便可得到二維光柵於對應方向上的位移量。

在本發明之一實施例中，上述之位移量測方法的步驟更包括在藉由光感測器接收零階光束及一階繞射光束的步驟之前，反射零階光束及一階繞射光束，而使其入射至光感測器。

在本發明之一實施例中，上述之位移量測方法的步驟更包括在藉由光感測器接收零階光束及一階繞射光束的步驟之前，調整零階光束及一階繞射光束入射光感測器的強度。

基於上述，本發明之實施例的位移量測系統使用一個光感測器來感測干涉條紋的變化，並利用干涉條紋之相位差計算出二維光柵於對應方向上的位移量。此外，本發明之實施例的位移量測系統還可根據一階繞射光束之繞射圖形的旋轉角度，而獲得二維光柵的旋轉量。因此，本發明之實施例的位移量測系統僅使用一個光感測器，便可同時量測二維之位移量及旋轉量，不僅降低系統的複雜度，並降低其製作成本。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【實施方式】

圖 1 為本發明一實施例所繪示之位移量測系統架構示

意圖。請參照圖 1，本實施例之位移量測系統 100 包括一同調光源 102、一屏幕 103、一二維光柵 104 及球面透鏡 F。

同調光源 102 適於發出一同調光 L。二維光柵 104 配置於同調光 L 之傳遞路徑上，以使同調光 L 入射於二維光柵 104 後，而產生一零階光束 b_0 及多個一階繞射光束，並投射於屏幕 103 上形成繞射圖形。其中，一階繞射光束包括一第一一階繞射光束 b_1 及一第二一階繞射光束 b_2 。

詳細而言，在本實施例中，同調光源 102 例如是一波長為 633 奈米的氦氖雷射(633-nm He-Ne laser)，其適於發出 633 奈米的同調雷射光 L。雷射光 L 通過焦距為 125 毫米的球面透鏡 F，聚焦在二維光柵 104 上並產生繞射圖形。在本實施例中，二維光柵 104 例如是一六角型週期性排列的光子晶體基板(hexagonal photonic crystal glass, HPCG)。

圖 2A 為本發明一實施例所繪示之光子晶體基板結構示意圖。請參照圖 2A，光子晶體基板 104 的晶格點 P 為週期性排列。每一晶格點 P 在 x 方向上的間距大小為 d_x ，而在 y 方向上的間距大小為 d_y 。在本實施例中，光子晶體基板 104 的製備方式，係先在玻璃基板上緊密地排列單層奈米小球，再蝕刻玻璃基板而形成。

圖 2B 是雷射光 L 入射於光子晶體基板 104 後，於屏幕 103 上所產生的繞射圖形。請參照圖 2B，中心光點 P'_0 為零階光束 b_0 所產生，而周圍環繞的六個繞射光點 $P'_1 \sim P'_6$ 分別為對應的一階繞射光束所產生。因此，當光子晶體基板 104 旋轉時，位移量測系統 100 藉由屏幕 103 上繞射圖

形的旋轉角度，而可得光子晶體基板 104 的旋轉量。例如，當光子晶體基板 104 以 z 方向為轉軸往逆時鐘方向旋轉 60° 時，則在圖 2B 中的一階繞射光點 $P'_1 \sim P'_6$ 亦往逆時鐘方向旋轉 60° ，如圖 2C 所示。圖 2C 為光子晶體基板 104 以 z 方向為轉軸，往逆時鐘方向旋轉 60° 後所得的繞射圖形。請參照圖 2C，在光子晶體基板 104 往逆時鐘方向旋轉 60° 後，中心光點 P'_0 仍保持在繞射圖形中央不變，但周圍環繞的六個繞射光點 $P'_1 \sim P'_6$ 的位置顯然與光子晶體基板 104 旋轉前不同。例如，在光子晶體基板 104 往逆時鐘方向旋轉 60° 後，圖 2B 中光點 P'_1 的位置現為光點 P'_6 ，而圖 2B 中光點 P'_6 的位置現為光點 P'_5 。也就是說，相對於圖 2B 中光點 $P'_1 \sim P'_6$ 的位置而言，圖 2C 中光點 $P'_1 \sim P'_6$ 的位置均以 z 方向為轉軸往逆時鐘方向旋轉 60° 。

因此，藉由圖 2B 中周圍環繞的光點 $P'_1 \sim P'_6$ 相對於中心光點 P'_0 旋轉角度，可推知光子晶體基板 104 的旋轉量。也就是說，位移量測系統 100 可根據一階繞射光束之繞射圖形的旋轉角度，而獲得二維光柵 104 的旋轉量。

在本實施例中，光子晶體基板 104 的透射率 $t(x, y)$ 可以如下公式(1)所示：

$$t(x, y) = g(x, y) \otimes \left[\text{comb}\left(\frac{x}{d_x}\right) \text{comb}\left(\frac{y}{d_y}\right) + \text{comb}\left(\frac{x}{d_x} - \frac{1}{2}\right) \text{comb}\left(\frac{y}{d_y} - \frac{1}{2}\right) \right] \quad (1)$$

其中， $t(x, y)$ 為光子晶體基板的透射率， d_x 及 d_y 分別為晶格點 P 在 x 方向及 y 方向上的間距大小(如圖 2A 所示)，而 $g(x, y)$ 為單位晶格的穿透率。

光子晶體基板 104 的透射率 $t(x, y)$ 經傅立葉轉換後，如

下公式(2)所示：

$$u_f(f_x, f_y) = \sum_{m,n} G(f_x - \frac{n}{d_x}, f_y - \frac{m}{d_y}) (1 + e^{in(m+n)}) \quad (2)$$

其中 f_x 及 f_y 分別為繞射光點在 x 方向及 y 方向上的間距大小(如圖 2B 所示)，而函數 G 為 $g(x, y)$ 的傅立葉轉換函數。此外，公式(2)除了表示透射率 $t(x, y)$ 的傅立葉轉換函數 $u_f(f_x, f_y)$ 外，同時也是繞射光束的遠場繞射波函數。

由此可知，六角型週期性排列的光子晶體基板在同調雷射光 L 入射後所產生的弗勞恩霍夫(Fraunhofer)遠場繞射圖形，即為其基板結構經傅立葉轉換後所得的圖形。例如，圖 2B 的零階及一階繞射圖形為圖 2A 的光子晶體基板 104 的排列結構經傅立葉轉換(Fourier transform)後所得的圖形。此外，由圖 2B 可知，六角型週期性排列的光子晶體基板 104 的結構經傅立葉轉換後亦為六角型週期性排列的結構。

圖 3 是依照本發明一實施例所繪示之位移量測系統架構示意圖。請參照圖 3，本實施例之位移量測系統 300 包括一同調光源 302、一二維光柵 304、一光感測器 306、一訊號處理裝置 308、多個球面透鏡 F_0 、 F_1 、 F_2 、 F 、多個反射元件 M_0 、 M_1 、 M_2 及麥克森干涉儀 (Michelson interferometer) 310。另外，在圖 3 與圖 1 中相同或相似的元件標號代表相同或相似的元件，本實施例中便不再贅述。

在本實施例中，同調光源 302 發出波長為 633 奈米的雷射光 L ，在通過球面透鏡 F 之後，聚焦在六角型週期性排列的光子晶體基板 304 上並產生一零階光束 b_0 及多個一

階繞射光束。其中，一階繞射光束包括一第一一階繞射光束 b_1 及一第二一階繞射光束 b_2 。

底下，將以零階光束 b_0 、第一一階繞射光束 b_1 及第二一階繞射光束 b_2 為例，說明當光子晶體基板 304 移動時，位移量測系統 300 如何利用繞射光束 b_0 、 b_1 、 b_2 的干涉條紋之相位差來計算出光子晶體基板 304 於對應方向上的位移量。

圖 4A 為零階光束 b_0 及第一一階繞射光束 b_1 在光感測器 306 上所形成的干涉條紋，而此干涉條紋沿著 x 方向排列。圖 4B 為圖 4A 的干涉條紋在 x 方向上的強度分布圖。圖 4C 為圖 4A 的干涉條紋在 x 方向上的相位(phase)分布圖。

請參考圖 3 及圖 4A，以零階光束 b_0 及第一一階繞射光束 b_1 為例，在雷射光 L 入射至光子晶體基板 304 並產生繞射光束後，零階光束 b_0 及第一一階繞射光束 b_1 分別通過球面透鏡 F_0 、 F_1 ，而聚焦在反射元件 M_0 、 M_1 上。接著，反射元件 M_0 、 M_1 分別使零階光束 b_0 及第一一階繞射光束 b_1 轉向而入射至光感測器 306。

在本實施例中，反射元件 M_1 例如是可將大部份第一一階繞射光束 b_1 反射至光感測器 306 的反射鏡。而反射元件 M_0 例如是具有穿透率為 50% 的反射鏡，以讓部份第一一階繞射光束 b_1 穿透至光感測器 306，而將部份零階光束 b_0 反射至光感測器 306。

在本實施例中，光感測器 306 為一 440×480 的單色電

容耦合元件(charge coupled device, CCD), 其畫素寬度為 7.15 微米(7.15- μm), 用以進行干涉條紋的感測。零階光束 b_0 及第一一階繞射光束 b_1 在入射至光感測器 306 之後, 於光感測器 306 上形成沿 x 方向分布的干涉條紋, 如圖 4A 所示。接著, 耦接至光感測器 306 的訊號處理裝置 308 便記錄零階光束 b_0 及第一一階繞射光束 b_1 所形成的干涉條紋。

任何所屬技術領域中具有通常知識者當知, 圖 4A 所繪示之零階光束 b_0 及第一一階繞射光束 b_1 於光感測器 306 上形成沿 x 方向排列的干涉條紋僅用以示例, 本發明並不限定於此。

圖 5A 為零階光束 b_0 及第二一階繞射光束 b_2 在光感測器 306 上所形成的干涉條紋, 而此干涉條紋沿著 y 方向排列。圖 5B 為圖 5A 的干涉條紋在 y 方向上的強度分布圖。圖 5C 為圖 5A 的干涉條紋在 y 方向上的相位(phase)分布圖。

請參考圖 3 及圖 5A, 類似地, 在雷射光 L 入射至光子晶體基板 304 並產生繞射光束後, 第二一階繞射光束 b_2 通過球面透鏡 F_2 , 而聚焦在反射元件 M_2 上。接著, 反射元件 M_2 使第二一階繞射光束 b_2 轉向而入射至光感測器 306。第二一階繞射光束 b_2 在入射至光感測器 306 之後, 於光感測器 306 上與零階光束 b_0 形成沿著 y 方向分布的干涉條紋, 如圖 5A 所示。之後, 耦接至光感測器 306 的訊號處理裝置 308 便記錄零階光束 b_0 及第二一階繞射光束 b_2

所形成的干涉條紋。

在本實施例中，反射元件 M_2 例如是具有穿透率為 50% 的反射鏡，以讓部份零階光束 b_0 及部份第一一階繞射光束 b_1 穿透至光感測器 306，而將部份第二一階繞射光束 b_2 反射至光感測器 306。

任何所屬技術領域中具有通常知識者當知，圖 5A 所繪示之零階光束 b_0 及第二一階繞射光束 b_2 於光感測器 306 上形成沿 y 方向排列的干涉條紋僅用以示例，本發明並不限定於此。而且，於實際應用時，光感測器 306 實質上同時感測圖 4A 及圖 5A 所繪示的干涉條紋。當然，本實施例之位移量測系統 300 並不限定於感測兩個沿著正交方向排列的干涉條紋。

圖 6 為零階光束 b_0 、第一一階繞射光束 b_1 及第二一階繞射光束 b_2 在光感測器 306 上所形成的干涉條紋。請參考圖 6，在本實施例中，零階光束 b_0 、第一一階繞射光束 b_1 及第二一階繞射光束 b_2 在光感測器 306 上所形成的干涉圖案為棋盤式(chessboard-like)的干涉圖案。值得注意的是，本實施例之位移量測系統 300 僅使用一個光感測器 306 即可同時感測繞射光束在不同方向形成的干涉圖案，不僅降低量測系統的複雜度，並降低其製作成本。

當光子晶體基板 304 移動時，遠場繞射波函數的相位部分記錄了位移量。光感測器 306 可感測干涉條紋的變化，並利用訊號處理裝置 308 計算干涉條紋之相位差，而得到光子晶體基板 304 於對應方向上的位移量。

詳細而言，如果光子晶體基板 304 二維之位移同時產生，則遠場的繞射波函數 $u_f'(f_x, f_y)$ 如下公式(3)所示：

$$\begin{aligned} u_f'(f_x, f_y) &= u_f(f_x, f_y) e^{i2\pi f_x \lambda_1} e^{i2\pi f_y \lambda_1} \\ &= u_{0f}(f_x, f_y) e^{i\delta_0} + u_{1f}(f_x, f_y) e^{i\delta_1} + u_{2f}(f_x, f_y) e^{i\delta_2} + \dots \end{aligned} \quad (3)$$

其中 $u_{0f}(f_x, f_y)$ 、 $u_{1f}(f_x, f_y)$ 及 $u_{2f}(f_x, f_y)$ 分別為零階光束 b_0 、第一一階繞射光束 b_1 及第二一階繞射光束 b_2 的遠場的繞射波函數，而 δ_0 、 δ_1 及 δ_2 分別為光子晶體基板 304 移動前和移動後，零階光束 b_0 、第一一階繞射光束 b_1 及第二一階繞射光束 b_2 的相位移。

當光子晶體基板 304 移動時，雖然干涉條紋的形狀不變，然而光子晶體基板 304 移動前後的位移量已記錄在遠場繞射波函數的相位部分。因此，將第一一階繞射光束 b_1 及第二一階繞射光束 b_2 分別與零階光束 b_0 相干涉，則記錄在遠場繞射波函數的相位部分之位移量，可由對應的干涉條紋之相位分布中推算出來。

以圖 4A 中沿著 x 方向排列的干涉條紋為例，請同時參考圖 3 及圖 4A-4C。在圖 4A 中，光子晶體基板 304 移動前，干涉亮紋的波前 A 的強度及相位分別對應於圖 4B 及 4C 中的波峰 A_1 及頂點 A_θ 。在光子晶體基板 304 移動後，雖然干涉條紋的形狀不變，但干涉亮紋的波前 A 已右移至干涉亮紋的波前 A'，此時干涉亮紋的波前 A' 的強度及相位分別對應於圖 4B 及 4C 中的波峰 A'_1 及頂點 A'_θ 。因此，光感測器 306 感測在圖 4A 中的干涉條紋之變化，並利用訊號處理裝置 308 計算干涉條紋之相位差 δ_1 ，而得

到光子晶體基板 304 於 x 方向上的位移量 x_1 。

類似地，請同時參考圖 3 及圖 5A-5C，光感測器 306 在感測圖 4A 中的干涉條紋的變化時，即同時感測圖 5A 中的干涉條紋之變化，並利用訊號處理裝置 308 計算干涉條紋之相位差 δ_2 ，而得到光子晶體基板 304 於 y 方向上的位移量 y_1 。

在本實施例中，圖 4A 及圖 5A 的干涉條紋分別經由訊號處理裝置 308 作傅立葉轉換後取得頻譜圖。接著，訊號處理裝置 308 過濾函數中實部分量的雜訊。之後，訊號處理裝置 308 再對傅立葉轉換後的函數作傅立葉反轉換，即可得到如圖 4B 及圖 5B 所繪示之週期性曲線。而相位差 δ_1 及 δ_2 則分別取決於訊號處理後，複數函數的相位角。

表一為位移量測系統 300 量測光子晶體基板 304 的位移量的統計資料表。在表一中，每個相位差的取樣數目為 50 次。在本實施例中，光子晶體基板 304 的晶格點間距約為 1357 奈米(nm)。

(表一)

相位差(度)	2	5	60	180	360
平均位移量(奈米)	8.12	19.06	439.67	664.51	1357.51
標準差(奈米)	0.94	1.65	5.70	12.63	18.03

由表一可知，光子晶體基板 304 移動時，訊號處理裝置 308 計算所得的位移量，與麥克森干涉儀實際讀取到的位移量相較，其標準差均在標準的範圍內。因此，本實施例之位移量測系統 300 具有相當高的精準度，可準確到奈

米等級。

圖 7 繪示光子晶體基板 304 旋轉前(旋轉 0°)與旋轉後(旋轉 60°)，平均移動距離與週期數的關係圖。請同時參照圖 2A 及圖 7，在本實施中，光子晶體基板 304 的排列方式如圖 2A 所示，且光子晶體基板 304 的晶格點間距約為 1357 奈米(nm)。由於光子晶體基板 304 為六角型週期性排列，因此當光子晶體基板 304 旋轉 60° 後，與旋轉前比較，晶格點排列的週期仍然保持不變。

本發明除了以上的位移量測系統以外，也提供一種位移量測方法。

圖 8 為本發明一實施例之位移量測系統 300 的位移量測方法的步驟流程圖。請參考圖 8，首先，於步驟 S802 中，提供一光子晶體基板。接著，於步驟 S804 中，入射一同調光於光子晶體基板而產生一零階光束及多個一階繞射光束。之後，於步驟 S806 中，利用一光感測器接收零階光束及一階繞射光束，並於光感測器上形成不同方向的干涉條紋。最後，於步驟 S808 中，當光子晶體基板移動時，計算不同方向的干涉條紋之相位差，而獲得光子晶體基板於對應方向上的位移量。此方法可以由以上實施例之敘述中獲致足夠的教示、建議與實施說明，因此不再贅述。

綜上所述，本發明之實施例的位移量測系統使用一個光感測器同時感測繞射光束在不同方向形成的干涉條紋，並利用訊號處理裝置計算干涉條紋之相位差，進而獲得二維光柵於對應方向上的位移量。此外，訊號處理裝置計算

所得的位移量，與麥克森干涉儀實際讀取到的位移量相較，其標準差均在標準的範圍內。因此，使用本發明之實施例的位移量測系統不僅可以降低量測成本，其精準度更可準確至奈米等級。在另一實施例中，位移量測系統還可根據一階繞射光束之繞射圖形的旋轉角度，而獲得二維光柵的旋轉量。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 為本發明一實施例所繪示之位移量測系統架構示意圖。

圖 2A 為本發明一實施例所繪示之光子晶體基板結構示意圖。

圖 2B 是雷射光入射於光子晶體基板後，於屏幕上所產生的繞射圖形。

圖 2C 為光子晶體基板以 z 方向為轉軸，往逆時鐘方向旋轉 60° 後所得的繞射圖形。

圖 3 是依照本發明一實施例所繪示之位移量測系統架構示意圖。

圖 4A 為零階光束及第一一階繞射光束在光感測器上所形成的干涉條紋，而此干涉條紋沿著 x 方向排列。

圖 4B 為圖 4A 的干涉條紋在 x 方向上的強度分布圖。

圖 4C 為圖 4A 的干涉條紋在 x 方向上的相位分布圖。

圖 5A 為零階光束及第二一階繞射光束在光感測器上所形成的干涉條紋，而此干涉條紋沿著 y 方向排列。

圖 5B 為圖 5A 的干涉條紋在 y 方向上的強度分布圖。

圖 5C 為圖 5A 的干涉條紋在 y 方向上的相位分布圖。

圖 6 為零階光束、第一一階繞射光束及第二一階繞射光束在光感測器上所形成的干涉條紋。

圖 7 繪示光子晶體基板旋轉前與旋轉後，平均移動距離與週期數的關係圖。

圖 8 為本發明一實施例之位移量測系統之位移量測方法的步驟流程圖。

【主要元件符號說明】

100、300：位移量測系統

102、302：同調光源

103：屏幕

104、304：二維光柵、光子晶體基板

306：光感測器

308：訊號處理裝置

310：麥克森干涉儀

b_0 ：零階光束

b_1 ：第一一階繞射光束

b_2 ：第二一階繞射光束

F 、 F_0 、 F_1 、 F_2 ：球面透鏡

L ：同調光

P ：晶格點

$P'_0 \sim P'_6$ ：繞射光點

d_x 、 d_y 、 f_x 、 f_y ：間距

M_0 、 M_1 、 M_2 ：反射元件

δ_1 、 δ_2 ：相位差

x_1 、 y_1 ：位移量

A 、 A' 、 B 、 B' ：波前

A_I 、 A'_I 、 B_I 、 B'_I ：波峰

A_θ 、 A'_θ 、 B_ϕ 、 B'_ϕ ：頂點

S802、S804、S806、S808：步驟

七、申請專利範圍：

1. 一種位移量測系統，包括：

一同調光源，適於發出一同調光；

一二維光柵，配置於該同調光之傳遞路徑上，使該同調光入射該二維光柵而產生一零階光束及多個一階繞射光束，其中該些一階繞射光束包括一第一一階繞射光束及一第二一階繞射光束；

一光感測器，接收該零階光束及該些一階繞射光束，其中該零階光束分別與該第一一階繞射光束及該第二一階繞射光束在該光感測器上形成不同方向的干涉條紋；以及

一訊號處理裝置，記錄各該不同方向的干涉條紋之圖形，當該二維光柵移動時，藉由計算各該不同方向的干涉條紋之相位差，而獲得該二維光柵於對應方向上的位移量，其中當該二維光柵旋轉時，該位移量測系統藉由該些一階繞射光束之繞射圖形的旋轉角度，而獲得該二維光柵的旋轉量。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之位移量測系統，更包括多個反射元件，使該零階光束及該些一階繞射光束轉向而入射至該光感測器。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之位移量測系統，更包括多個光調變器，分別配置於該零階光束及該些一階繞射光束的傳遞路徑上，以調整該零階光束及該些一階繞射光束入射該光感測器的強度。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之位移量測系統，其中

該零階光束與該第一一階繞射光束在該光感測器上形成一第一方向的干涉條紋，而該零階光束與該第二一階繞射光束在該光感測器上形成一第二方向的干涉條紋，且該第一方向及該第二方向正交。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之位移量測系統，其中該二維光柵為一二維週期性基板。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之位移量測系統，其中該同調光的波長小於該二維週期性基板之晶格點的間距。

7. 如申請專利範圍第 5 項所述之位移量測系統，其中該二維週期性基板之晶格點的間距小於或等於一微米。

8. 如申請專利範圍第 5 項所述之位移量測系統，其中該二維週期性基板為六角型週期性排列的光子晶體。

9. 一種位移量測系統的位移量測方法，包括：

提供一二維光柵；

入射一同調光於該二維光柵而產生一零階光束及多個一階繞射光束，其中該些一階繞射光束包括一第一一階繞射光束及一第二一階繞射光束；

藉由一光感測器接收該零階光束及該些一階繞射光束，其中該零階光束分別與該第一一階繞射光束及該第二一階繞射光束在該光感測器上形成不同方向的干涉條紋；
以及

當該二維光柵移動時，計算各該不同方向的干涉條紋之相位差，而獲得該二維光柵於對應方向上的位移量，其中當該二維光柵旋轉時，藉由該些一階繞射光束之繞射圖形的旋轉角度，而獲得該二維光柵的旋轉量。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之位移量測方法，其中，在藉由該光感測器接收該零階光束及該些一階繞射光束的步驟之前，更包括：

反射該零階光束及該些一階繞射光束，而使其入射至該光感測器。

11. 如申請專利範圍第 9 項所述之位移量測方法，其中，在藉由該光感測器接收該零階光束及該些一階繞射光束的步驟之前，更包括：

調整該零階光束及該些一階繞射光束入射該光感測器的強度。

12. 如申請專利範圍第 9 項所述之位移量測方法，其中該零階光束與該第一一階繞射光束在該光感測器上形成一第一方向的干涉條紋，而該零階光束與該第二一階繞射光束在該光感測器上形成一第二方向的干涉條紋，且該第一方向及該第二方向正交。

13. 如申請專利範圍第 9 項所述之位移量測方法，其中該二維光柵為一二維週期性基板。

14. 如申請專利範圍第 13 項所述之位移量測方法，其中該同調光的波長小於該二維週期性基板之晶格點的間距。

15. 如申請專利範圍第 13 項所述之位移量測方法，其中該二維週期性基板之晶格點的間距小於或等於一微米。

16. 如申請專利範圍第 13 項所述之位移量測方法，其中該二維週期性基板為六角型週期性排列的光子晶體。

八、圖式：

30488TW_M

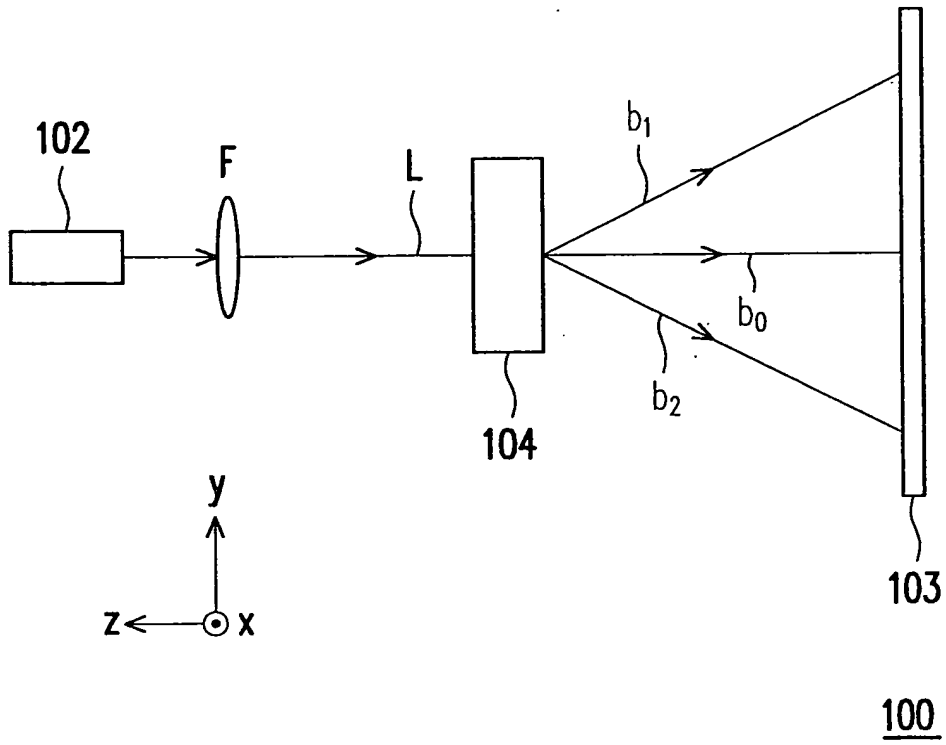


圖 1

30488TW_M

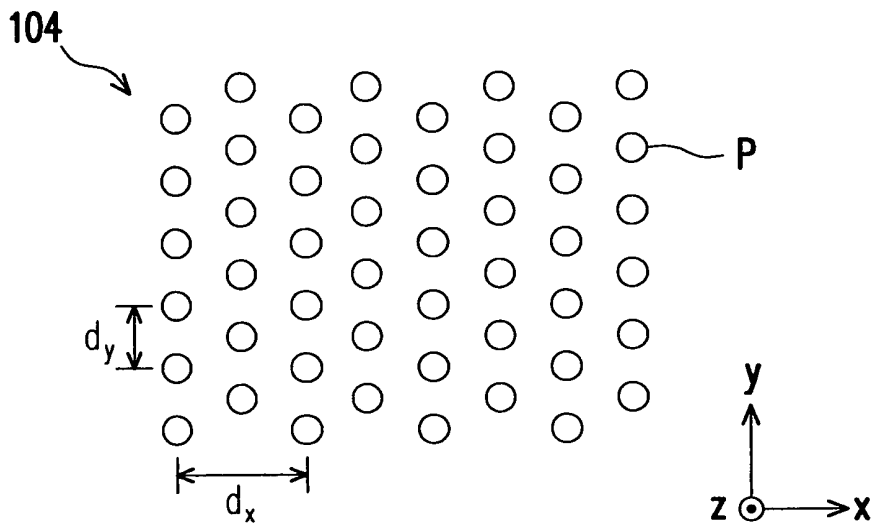


圖 2A

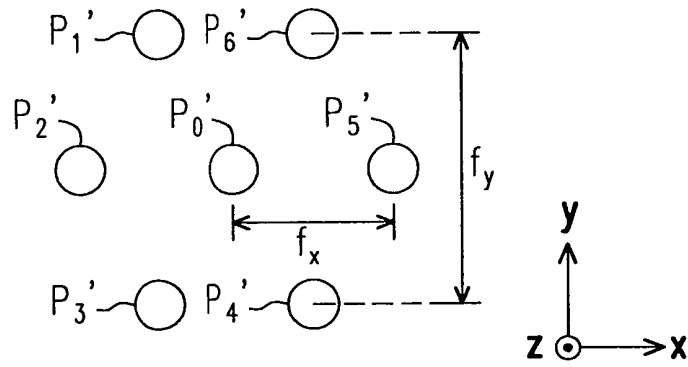


圖 2B

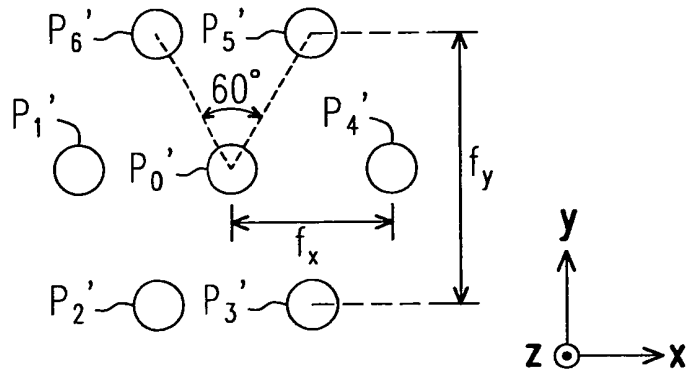


圖 2C

30488TW_M

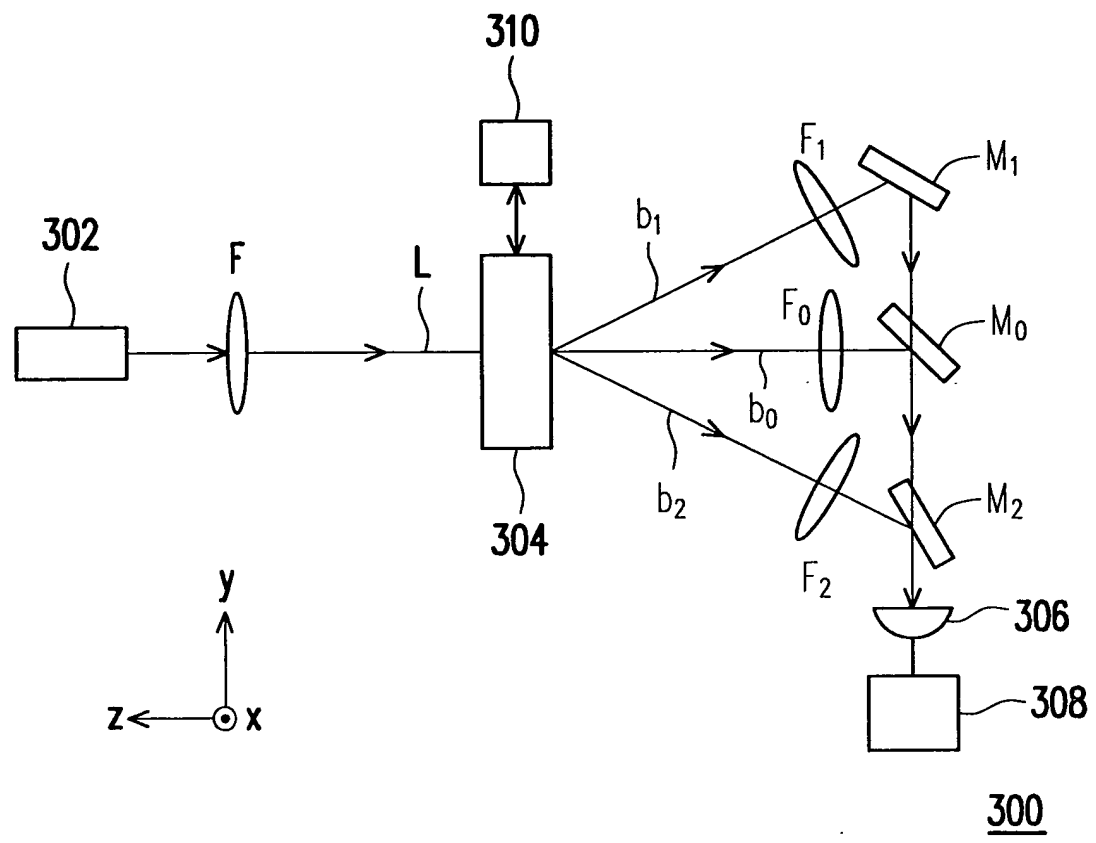


圖 3

30488TW_M

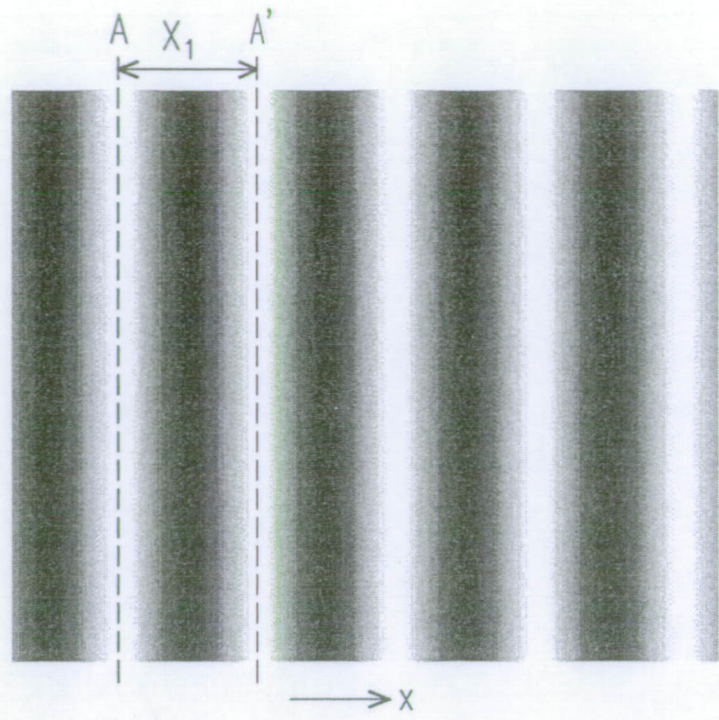


圖 4A

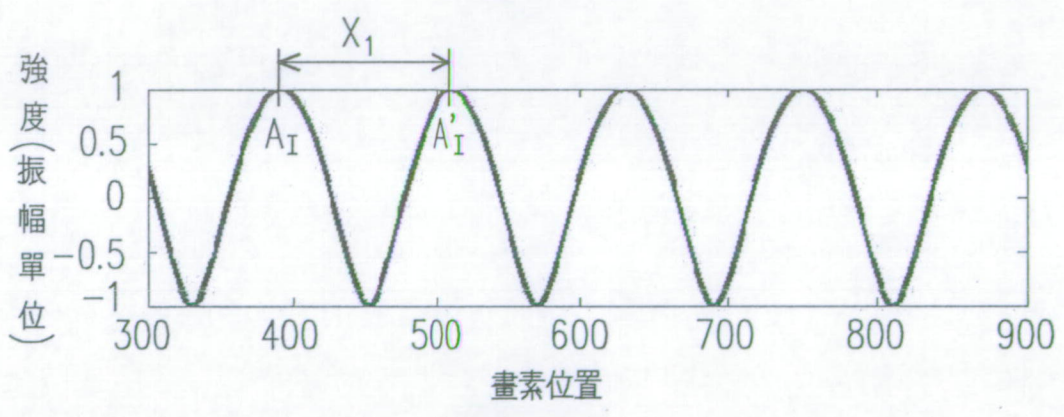


圖 4B

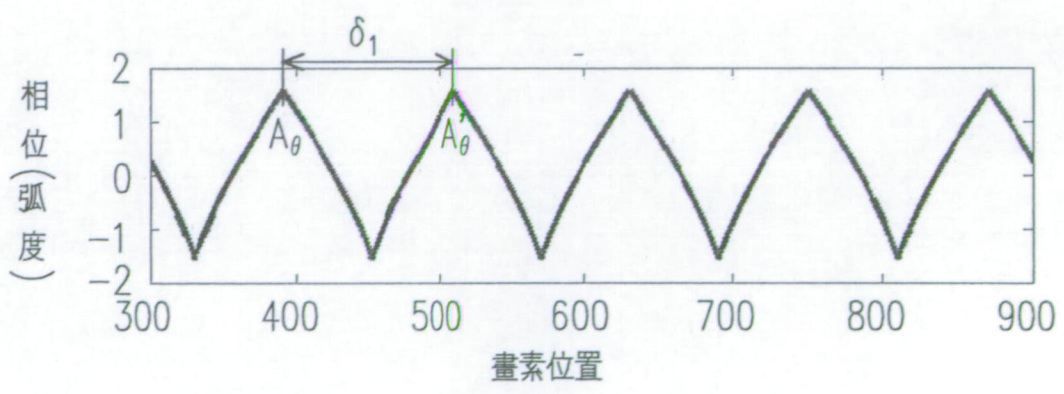


圖 4C

30488TW_M

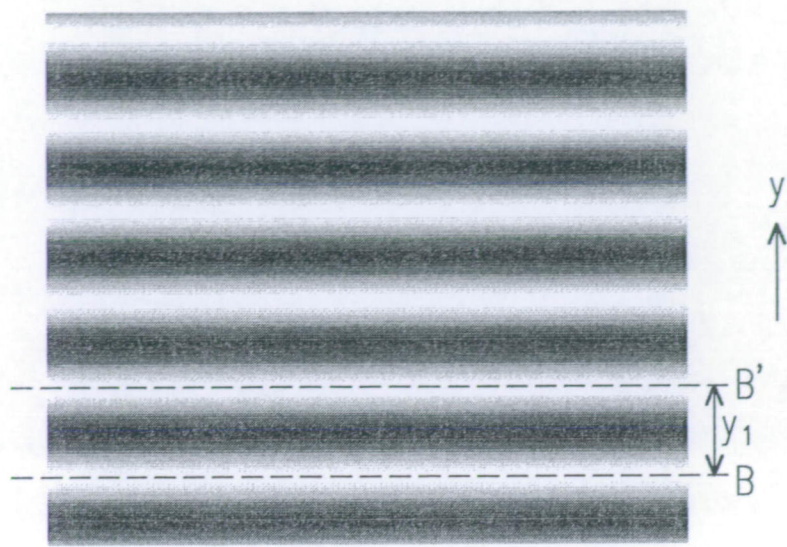


圖 5A

30488TW_M

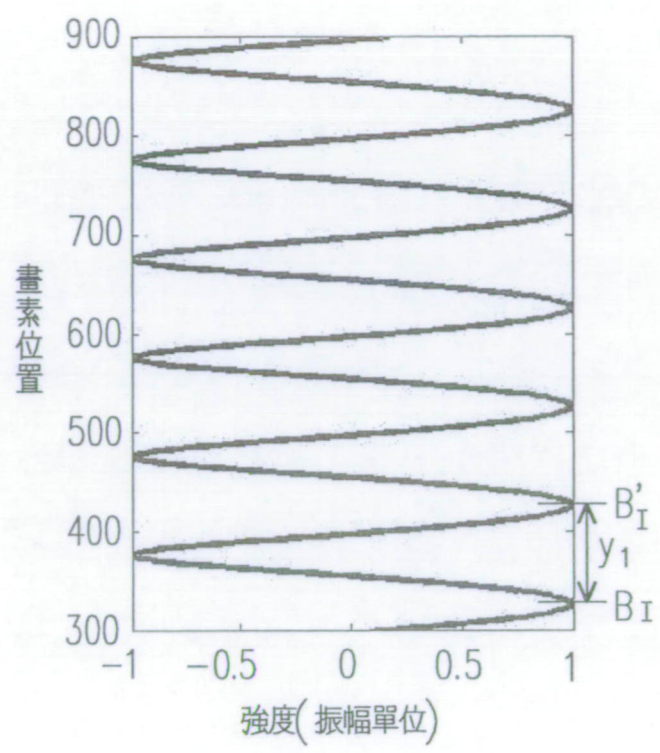


圖 5B

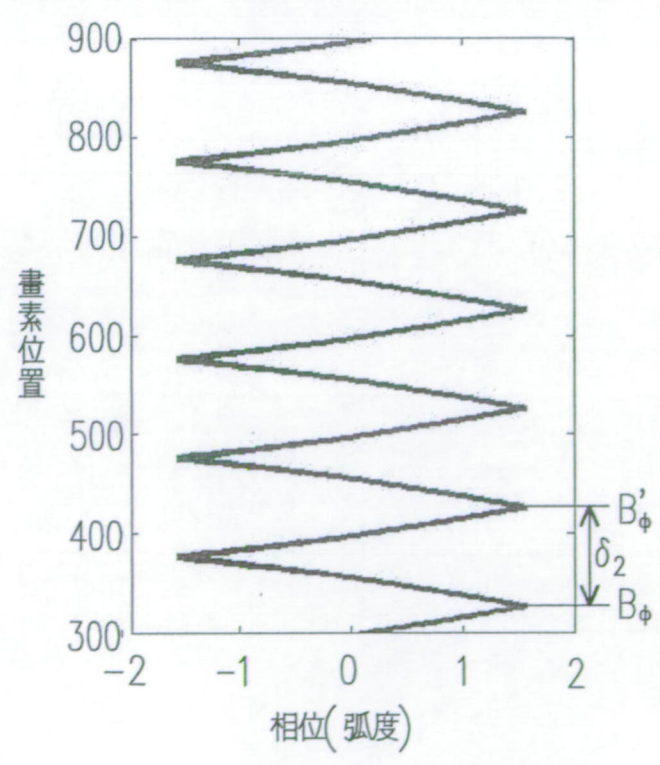


圖 5C

30488TW_M

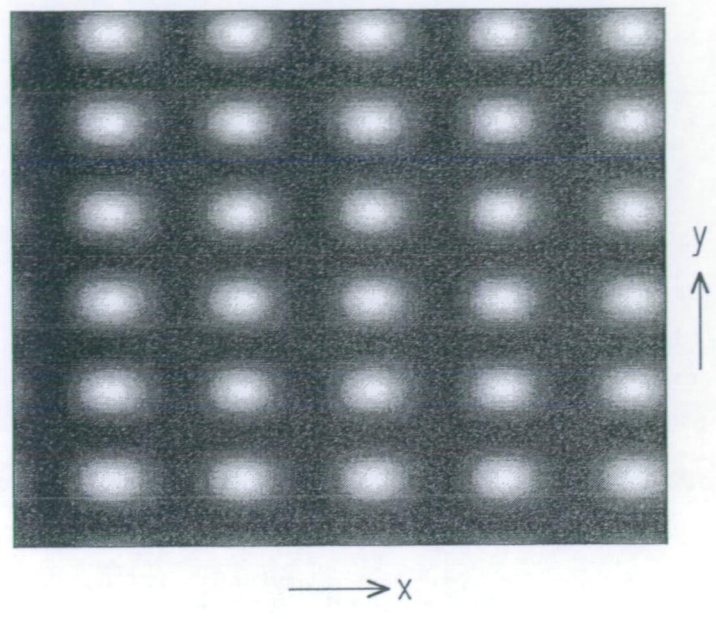


圖 6

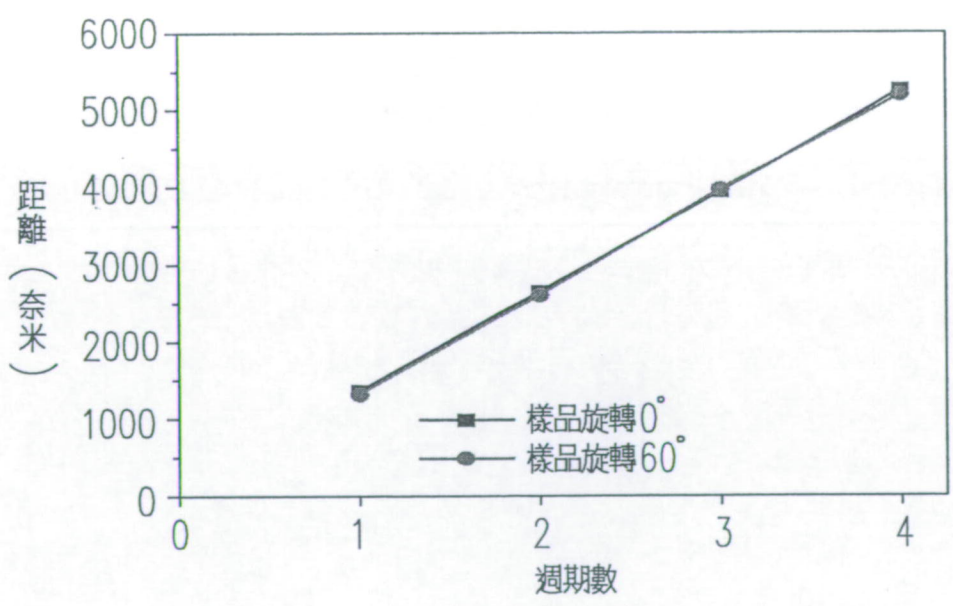


圖 7

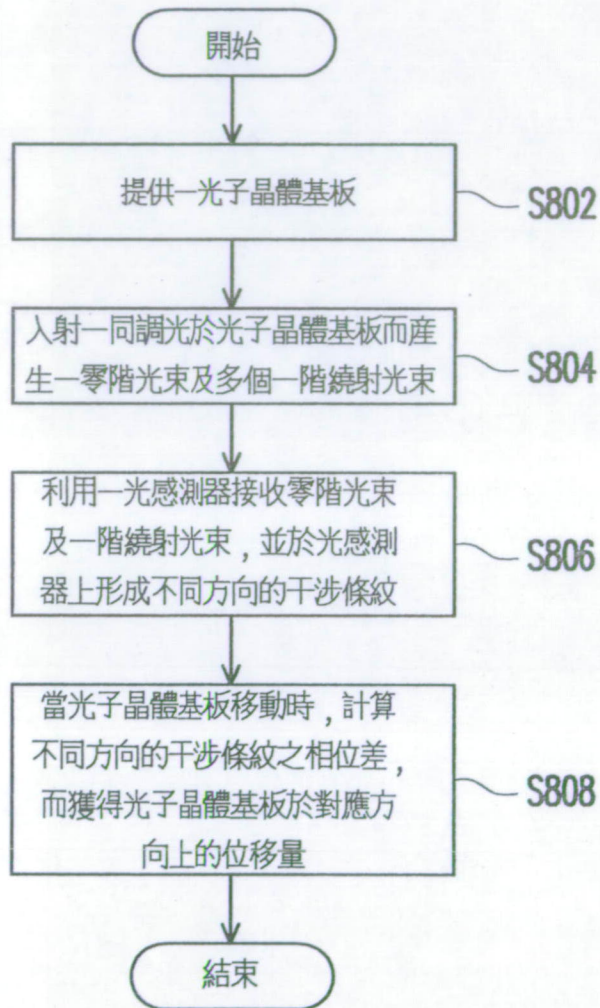


圖 8