

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

微電子學門赴歐參訪

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2217-E-009-009-

執行期間：91年11月01日至91年12月31日

執行單位：國立交通大學電子工程研究所

計畫主持人：雷添福

計畫參與人員：王永和,陳良基,張世杰,黃弘一,雷添福,潘敏治

報告類型：精簡報告

報告附件：國外研究心得報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 7 日

微電子學門赴歐參訪報告

91.12.12

王永和教授·陳良基教授·張世杰教授·黃弘一教授·雷添福教授·潘敏治先生

為配合微電子學門發展規劃需要，在微電子學門召集人台灣大學電子所陳良基教授之規劃下，率清華大學資工系張世杰教授、交通大學電子系雷添福教授、成功大學微電子所王永和教授、輔仁大學電子系黃弘一助理教授及工程處潘敏治助理研究員等六名，於九十一年十一月十九日至十一月二十五日組團赴荷蘭與比利時等國，參訪此領域著名之相關院校及研究機構，如 IMEC，其在微電子、資訊與通訊等先驅技術的研究發展享譽國際，目前也是歐洲最大的微電子和資訊暨通訊的研發中心，尤其在微電子領域之研究成果最為突出，值得去學習及瞭解的。



拜會駐歐盟兼駐比利時代表處李代表大維 和駐歐盟兼駐比利時代表處科技組許組長榮富及陳嘉猶秘書合影

11/21 上午參訪

(Interuniversity MicroElectronic Center) IMEC



位於比利時 (Belgium) 魯汶城 (Leuven) 的 IMEC，為比國荷語區政府 (Flemish government) 於 1984 年所成立，是座非營利性研究中心，其成立宗旨為集合荷語區內各大學學術研究，推動荷語區 (Flanders) 電子科技產業，並從事技術研究與開發，以

應應工業界 三至十年後的需要。IMEC 雖為荷語系政府所成立，它也是個多國籍研究中心。

IMEC 方面由 Business Development Manager, Dr. Philip Pieters, Strategic Advisor, Dr. Marc Vam Rossum 及 Associate Director Dr. Paul Six 接待及簡報。首先由 Dr. Philip Pieters 簡介 IMEC 的狀況。IMEC 是 European Center of Excellence, 其研究計劃是領先工業界 3 至 10 年, 其經費 2001 年是 118 百萬歐元, 其員工有 1200 人, 其中有薪資的 837 人, 無薪資的 375 人, 佔地 36,000 m², 其中 4,800 m² 為潔淨室, (2,400 m² 為包 class 1), 有一個 8 吋晶圓試產線, 其研究領域很廣, 有後段製程、Cu、及 Low-K。元件包含奈米 CMOS, 含 90nm、65nm、45nm 等, 微系統元件及封裝以及設計技術, 含 SOC、MPEG-4 等。其合作的方式包含研發合作、訓練級成熟技術的轉移目前有許多工業界級學校參與 IMEC 的計劃, 其海外分機構有美國矽谷的 IMEG, 及中國大陸上海一個 IMES 銷售辦公室。

接著由 Dr. Marc Vam Rossum 介紹 Nanoelectronics 之研究, 其研究領域也非常廣泛, 包括在化合物半導體如 HEMT, HBT, Q.W. Laser, SET, Biosensor, 在 CMOS 元件技術如 Sige, RF, BiCMOS, High-K 材料, 淺接面及金屬矽化物, 也研究碳基材料, 在奈米技術上, 如新行次 50 奈米電晶體, Spintronics, self-assembled nanolayers, 在微影技術上研究, 特別的是一直在研究 Solar Cell 如 plastic solar cell 含 C60 等。最後由 Dr. Paul Six 簡報 Design Technology for integrated information & communications system。其中最重要的觀念是要建立 Ambient intelligence 系統, 是一個可攜帶、無線的、不需要按鍵、全球化的系統。將各種類型的元件, 如數位、類比、RF、磁性等元件製作於系統單晶片 (SOC) 或系統單封裝 (System-in-Package, SIP)。IMEC 已發展 ATOMIUM CAD 工具, 使記憶體最佳化, 可使用多種 V_{DD}, 可減少 power-time 的消耗。其壓縮技術, 使用 MPEG-4 及 MPEG-3。IMEC 也與 Leuven 大學研究 Dynamic Concurrent task system。最後強調在全面 SOC 技術有困難時, 可改採 SiP 利用 MEMS 技術、薄膜技術、3D 連線等將整個系統包於一封裝內。

今日的 IMEC 已成為歐洲最大的微電子、資訊及通信的研發中心。除此之外 IMEC 也做為一個大學院校的永久教育訓練中心, 並與魯汶大學、根特大學、和布魯塞爾自由大學合作開設博士班課程。於 2000 年底共有 104 位博士生在此攻讀學位。

IMEC 所從事的研究廣泛, 在半導體方面, 0.13 至 0.07 微米 CMOS 製程整合技術為主要重點, 其中包含了 193 和 157 奈米光刻技術、高介電質閘極 (gate dielectric) 材料、銅導線及低介電質材料開發。CMOS 元件微小化有助於未來系

統單晶片(system on chip, SoC) 的開發。在微波元件上, SiGe BiCMOS 模組也是開發重點, 此模組適用於數位類比混和信號 (analog/digital mixed signal) 電路, 並對於無線通信相關之應用有關鍵影響。在揮發性記憶體 (non-volatile memory) 上, 鐵電材料記憶體 (ferroelectric memory) 為主要研究重點, 今天 IMEC 已成為歐洲最大揮發性記憶體研究中心。

在積體電路(IC)方面, IMEC 著重於系統設計程序軟體開發並從事內建系統 (embedded system) 構建之研究, 更進一步的發展家用互動式多媒體之應用。在晶片封裝上, 微波系統單一包裝 (RF system-in-package) 和多晶片模組包裝 (multi-chip-module) 為研究重點, 此項技術對室內無線通信之應用有關鍵性之影響。

在半導體和電子市場及技術快速發展的今天, IMEC 也成功的發展出一套產業聯盟的計畫 (Industrial Affiliation Program-IIAP), 目地在結合工業界之力量, 共同從事研究與開發新一代技術, 使參與其計畫的公司不僅可以分攤研究經費與風險, 並可縮短時間, 更進一步的分享研發成果。目前世界上為數不少的半導體及微電子大廠, 均與 IMEC 有共同研發計畫。

此外, IMEC 也積極將自己研究成果產品化, 目前以 IMEC 研發成果所衍生的公司 (spin-off company) 共有 20 家。

11/21 下午參訪 Catholic University of Leuven

校園相當漂亮, 已有數百年歷史, 頗有名氣。此次主要參觀電機系中之 MICA (Microelectronics and Sensor), 由 G. Gielen 教授主持, 該單位主要從事積體電路設計及微機電感測器之研發, 其 IC 設計相當有水準 (TSMC, UMC, 亦曾為其代工製造), 其測量設備亦相當充實, 令人羨慕。四位教授一年發表 18 篇著名期刊論文, 相當不容易。

首先由 Director of International Relations Office, Prof. L. Delbeke 致歡迎詞, 並對 Univ. of Leuven 之環境與校史做介紹。然後, 由 Prof. Robert Pures, Prof. Geogres Gielen, 與 Prof. Wim Dehaene 分別介紹該校電機系之研究分組與具體研究成果, 雙方並分享兩國學制之差異、博士班研究生之招生狀況與畢業條件、研究計劃與資金之來源、及國際會議與期刊論文之發表心得, 最後由三位教授帶領訪問團參觀該系系館與研究環境及實驗室設備。

Univ. Leuven 電機系之研究與教學區分以下七組:

1. Automatic Control and Computer Architecture

研究領域：

- real-time digital signal processing
- fault-tolerant computing

2. Electrical Energy

研究領域：

- analysis and optimization of electromagnetic energy transducer
- control, automation, and simulation of variable speed drivers
- distribution networks – power quality
- analysis and optimization of various electroheat systems

3. Medical and Integrated Circuits and Sensors

研究領域：

- analog signal processing
- integrated circuits for telecommunications
- biomedical applications
- silicon sensor development

4. Processing of Speech and Images

研究領域：

- industrial image processing
- medical image
- speech processing

5. Computer Security and Industrial Cryptography

研究領域：

- numerical linear algebra and optimization
- signal processing
- non-linear and complex systems and neural nets, systems and circuits theory
- control systems design and analysis and system identification
- cryptography

6. Telecommunications and Microwaves

研究領域：

- electromagnetic theory numerical techniques
- microwaves and millimeter circuits
- numerical technique for wave propagation and adaptive antennas
- telecommunication systems

7. Applied Electronics and Optics

研究領域：

- document architectures
- electromechanical developments
- optical engineering



魯汶天主教大學校園之一角



會後合影留念

11/22 上午參訪飛利浦研究中心

飛利浦電子公司由 VP 直接接待我們。值的一提的是在公司的入口處，飛利浦電子公司特別懸掛中華民國的國旗以表示對於我們此行的重視。1914 年成立於荷蘭安多芬 (Eindhoven)，飛利浦現已成為全世界最主要的私人研究機構之一，實驗室遍及荷蘭、比利時、英國、法國、德國、美國、中國和印度，員工總數約有 2,500 人，西元 2001 年的銷售額便達 323 億歐元。在彩色電視、照明、電鬚刀、醫療診斷系統及病患生理監視系統，和電視單晶片積體電路等產品上居世界領導地位。而飛利浦旗下分布 60 多國的 18 萬 4 千名員工，則活躍於照明、消費性電子產品、家電、電子電子零組件、半導體，以及醫療系統等領域。在財星 (Fortune) 雜誌的全球 30 大電子公司排行榜上，飛利浦名列第 9。從消費性電子產品到家電，從安全系統到半導體，飛利浦活躍於約 60 種事業中。在電視和顯示器的數位技術、無線通訊、語音辨識、影像壓縮 (video compression)、光儲產品，還有得以使這一切突破成真的半導體技術上，飛利浦都算的上是世界的佼佼者。工廠每天製造出 5 千萬件積體電路。此外，飛利浦每年也生產了 250 萬個供 X 光設備使用的心臟醫療設備 (掃瞄和介入性放射)。而全球每 7 台電視中，便有一台裝有飛利浦映像管，至於所有的電話裏，更有 6 成裝有飛利浦產品。此外，全球有 3 成辦公室、6 成 5 一流機場、5 成 5 足球場，以及 3 成醫院，都使用飛利浦照明。

在這次的參觀訪問中皇家飛利浦電子公司特別針對以下幾個主題簡介。首先提到公司的四個主要的技術：Display connectivity, Storage, Digital Video, 與 Ambient Intelligent. 其中有關於 Ambient Intelligent，提到了有關於 Environment is sensitive and adaptive, technology is embedded, smart and non-explicit assistance, Digital Convergence observed in all application domains。有關於 IC design Challenge 提到了 Moore's Law, size scaling complexity 的問題, wires' delay >>

gate delay, computing efficiency。在 leading research 方面，飛利浦電子公司特別著重於 circuits and design style to manage complexity, 以及 performance robustness and cost。其中兩個主要的 theorems 是：Theorem1: Regularity and Theorem 2: robust Design。有關 Regularity 方面主要要能 reduce design complexity. In addition,在未來的技術上，他們相信 that ultra regular layout can lead to a better design. It is also nature way to insert redundancy to improve the design stability. 有關 Robust design 方面，設計上必須要能夠 detect weak cells. 也就是那些容易產生錯誤的 cells，並且在設計上要能具有防錯的能力，特別是那些 dynamic faults which will appear during runtime. Those dynamic faults should be prevented by adding some redundancy to a circuit. 在高效能的電路設計上，飛利浦電子公司也強調藉由增加多餘電路，並認為 embedded FPGA is very important。

有關於 programmable Architecture is very important in the future because higher mask cost and design cost. 飛利浦電子公司 feels that in the future computing system, memory dominates and in addition, faster CPU needs more memory. 飛利浦電子公司也簡介一種 VLIW 的電路架構。The scheduling of instructions is done by compiler. The programming model is similar to sequential C.

利用過去和未來的發明成果，飛利浦研究事業部為人們提供突破性的科技體驗方式。在其「環境智能」(Ambient Intelligence) 願景中，獨立裝置將逐漸從居家環境消失，由網路連接的各種背景裝置取而代之，並為消費者創造他們想要的功能；在這個明日願景的鼓舞下，飛利浦研究人員正積極努力，要把顯示、連接和儲存領域的促成技術付諸實現。而它旗下科學家的學歷背景十分多元，從電機工程、物理、化學、數學、機械、資訊科技到軟體設計，彼此攜手同心、互相影響並拓展視野，也因而能獲得相輔相成、集思廣益的好處。

飛利浦研究部門與產品部密切合作，不僅創造出嶄新、改良的產品與服務，也在許多領域催生出重要的專利。多年來，有 7 萬 6 千種專利不斷更新，而這些專利十分重要，因為它們不但保護了技術成就，更使飛利浦得以接觸其他同業的知識。此外，飛利浦研究事業部也為探索外界科技開了一扇窗。

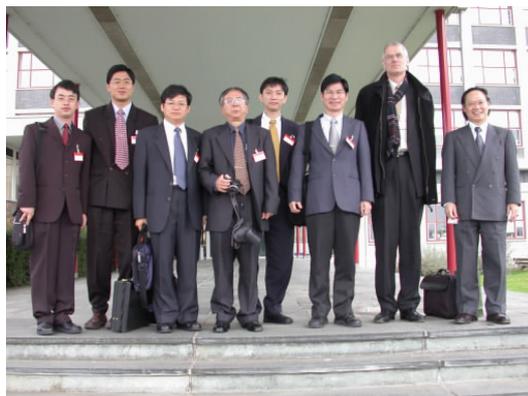
飛利浦以 2020 年之環境智慧為主題(亦為 IMEC 之重點發展之一)，發展所必備的技術，方向極為明確而有效率。飛利浦副總裁從頭到尾參與討論，相當不容易，亦顯示其對此代表團之重視。雖然飛利浦已將台灣之研發中心移往大陸，但其和台積電之關係亦為其帶入不少收入，台灣還是有其實力而受重視。結束時，看到場外中華民國國旗隨風飄揚，實在令人感動！

在這次的參觀訪問中，台大電子所陳教授也向皇家飛利浦電子公司提出此次

訪問團的主要目的，包括了國科會千里馬計畫以及其他相關有可能合作的方案。



附圖背景—飄揚之國旗!

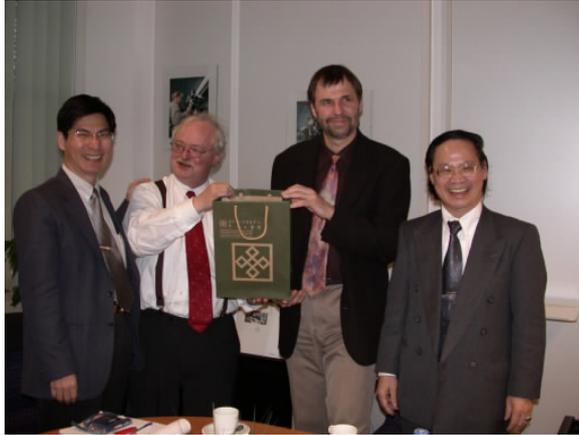


會後和副總裁合影

11/22 下午 Delft 科技大學 (DIMES) 參訪

下午三點一行人準時訪問 Delft University & Technology，由 Prof. J.N. Burghartz 及 Prof.C.I.M. Beenakkar 接待，並由 Burghartz 教授負責簡報，報告 Delft Institute of Microelectronics and Submicro Technology (DIMES) 之研究方向、人員、設備相關資訊，摘要如附件。DIMES 有一相當完整的半導體製程設備，從事電路，元件及 sensor 方面之研究，量測設備亦相當齊備，成果相當不錯，有一定的聲譽，尤其微機電方面令人印象相當深刻，但對台灣學生而言，對該校並不熟悉，且以台灣微電子方面的成就，想要到此留學的人恐怕不多，目前只有兩位。Beenakkar 對於如何招攬好的台灣學生相當積極，但他提到因兵役的問題，很難和台灣進行實質合作（他們已和大陸的清華大學簽訂合作協定），由於台灣學生到此修得博士學位意願並不是很高，且有實質上的困難，但博士學生短期訪問（一年或...）或許可行，唯 Beenakkar 教授馬上質疑如此對他們有什麼好處！事實上，以台灣目前的狀況，人員實質的交流已是相當的好處！許榮富組長則以和加拿大 NRC 合作成功的模式加以說明，探討可行方式，以進行雙贏的策略，雙方逐步取得共識，首先由雙方以研討會方式，瞭解彼此的研究方向及合作意願，進而洽商具體的合作計畫，一如和加拿大合作的模式，陳召集人亦同意回國後擇期舉行研討會，作一雙向溝通，以初步落實合作。

在相關領域上，台灣研究成果、設備資源，相較下毫不遜色，甚或超越他們，唯從國家長遠發展，國際化而言，仍有必要和世界各國接軌，有機會仍宜鼓勵學生多往歐洲留學，增廣視野，有助於全球化，提升國際競爭力。



陳召集人贈紀念品合影

DIMES Mission

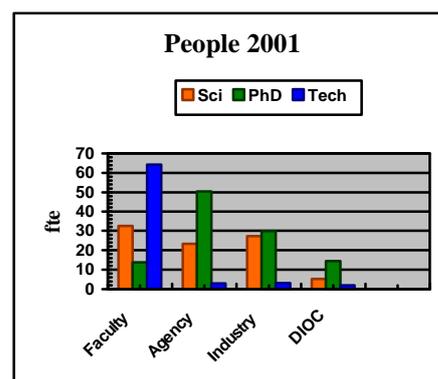
The mission of DIMES is to be an international center of excellence dedicated to promoting research and training in micro- and nanoelectronics through infrastructure, technology development, and innovation in process, device, circuit and system technologies.

DIMES History

- 1987: Foundation as Research Institute
- 1987-1993: Director prof. dr. ir. Pieter Balk
- after 1993: Transition to Research School and Institute
- 1993-2001: Director prof. dr. ir. Patrick Dewilde
- Since 2001: Director prof. dr. dipl.-ing. Joachim Burghartz
- 2002: Implementation of Four Research Themes

DIMES in 2002

- ca. 300 staff
- Class-100 Integrated Process Lab (ICP)
- Class-10000 Nanofacility (NAF)
- Special Labs (SAL, MCL, CSL)
- 21 M€ Annual Budget



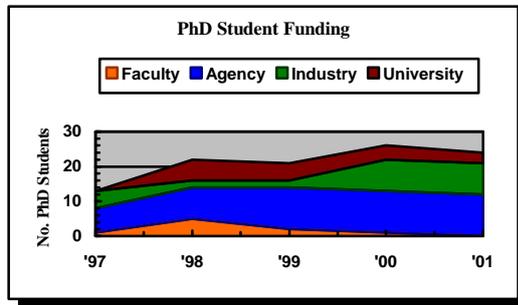
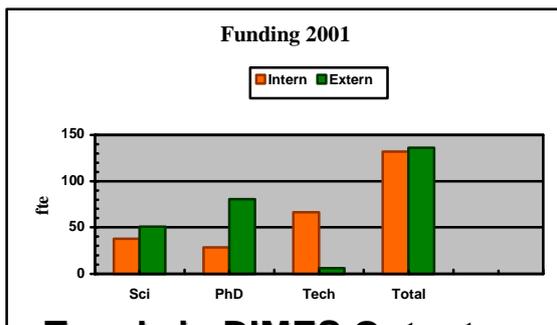
People at DIMES

People per categories

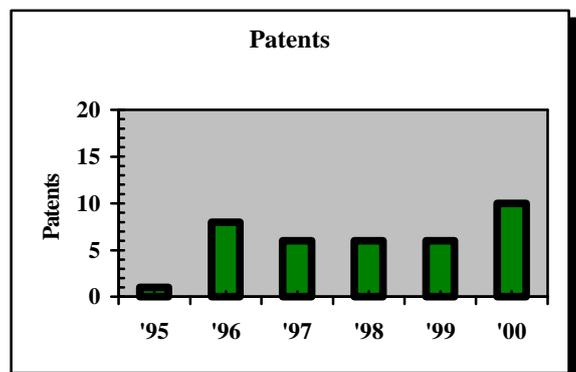
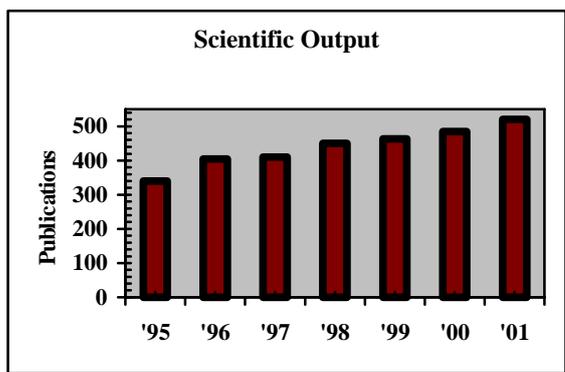
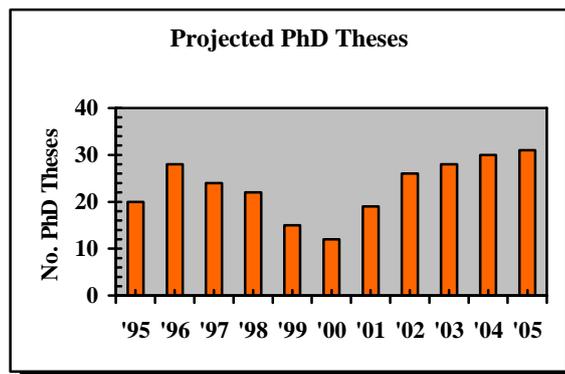
- Staff of 260-270 fte
- Fairly constant over years
- >1/3 PhD students

PhD students

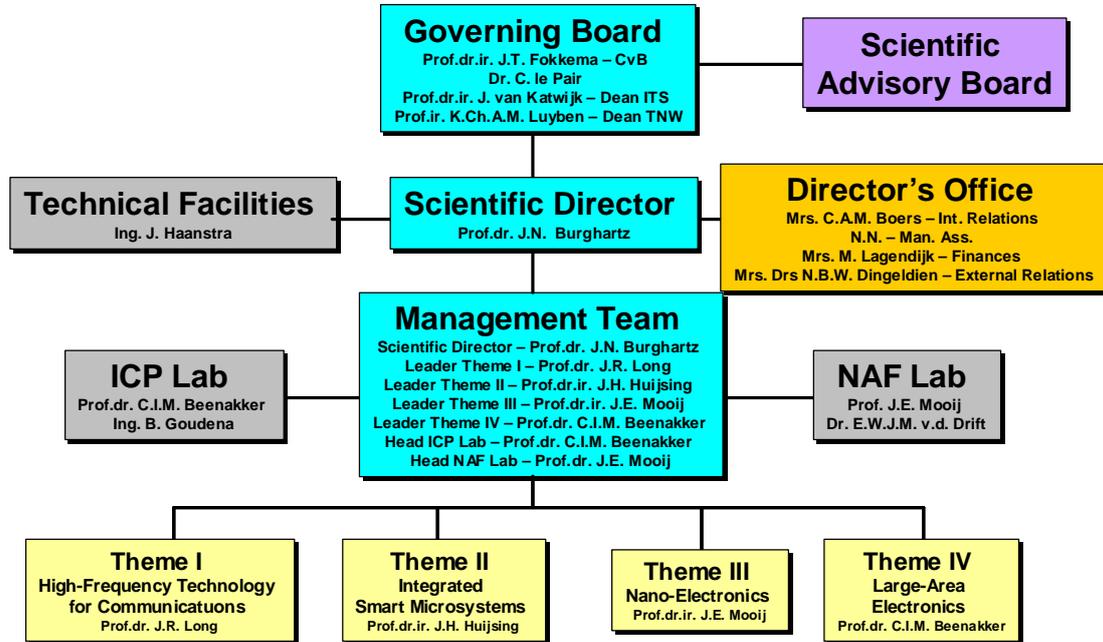
- Large number (more than 100)
- Ph.D. education has high priority
- Increase due to growing markets



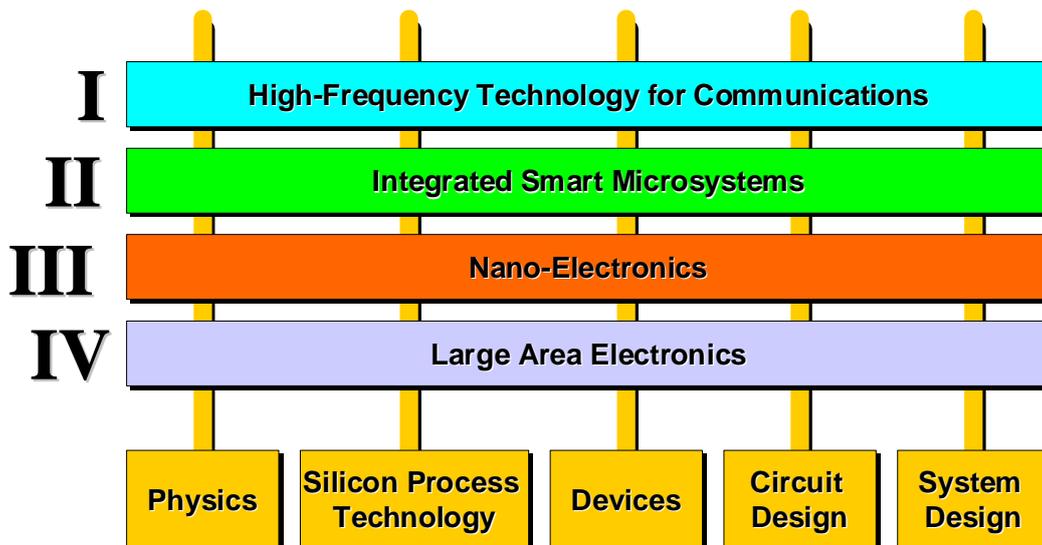
Trends in DIMES Output

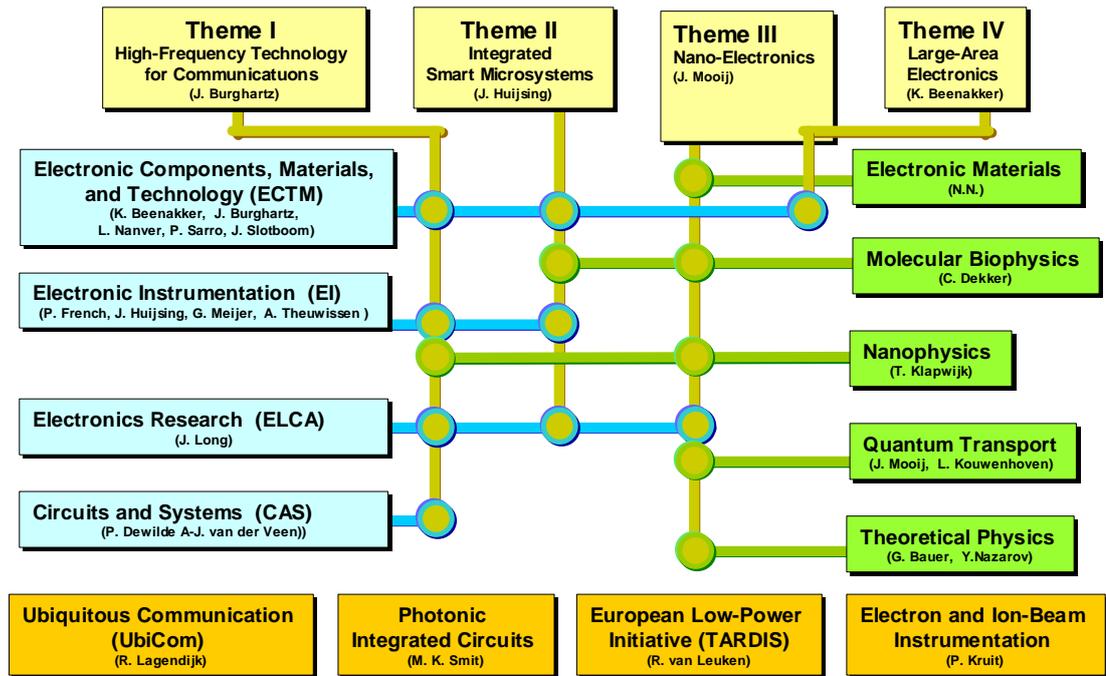


DIMES Organization



DIMES Research Themes



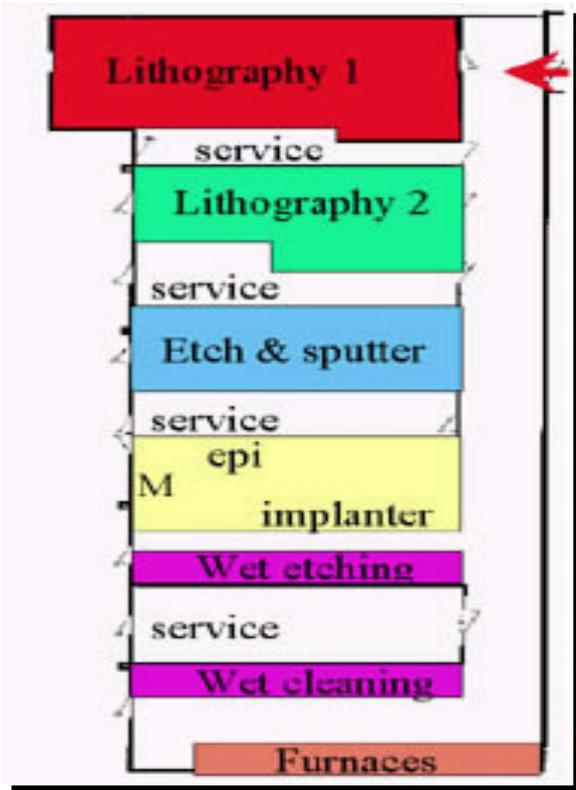


DIMES-IMETU Trainings Centre



- recently opened by minister Jorritsma
- Tsing Hua University and TU Delft cooperate
- microelectronics expanding in China
- DIMES trainings courses being transferred
- European Associate Research Groups •
- Participation in European Networks of Excellence
- International Cooperations

DIMES Facilities – ICP Lab



Base Processes

- 1.5- μ m MOS (DIMOS)
- 5-GHz Bipolar (Dimes-01)
- 20-GHz Bipolar (Dimes-03)

- 25-GHz Bipolar (Dimes-04)
- (60-GHz SiGe-BJT)
- (Si, SiGe-BJT on SOA)

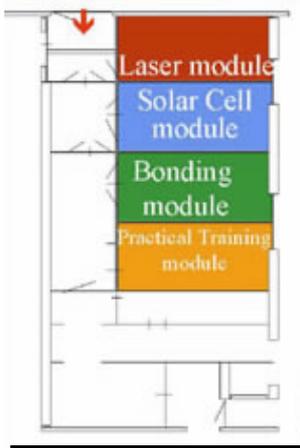


DIMES Facilities –Special Applications Lab (SAL)



Post-Process Labs

- MEMS and RF/MEMS
- Wafer-Scale Packaging
- Laser annealing
- Amorphous silicon
- Other special processes

DIMES Facilities –Microwave Components Lab

(MCL) Highlights

- Pulsed PA Test
- HF Noise Measurement
- Load-Pull HF Test
- 110 GHz Test (soon)



DIMES Facilities –Circuits&Systems Lab (CSL)

EDA Tools

- for analog IC design
- for RF-IC design
- for SOG design
- for system design
- for MEMS design
- for process simulation
- for device simulation

DIMES Processes

- DIMES-01
- DIMES-03
- DIMES-04
- DIMOS-01
- DIMES-SiGe
- SOG

Industrial Processes

- IBM BiCMOS-5hp
- IBM BiCMOS-6hp
- IBM BiCMOS-7hp
- Philips Qubic-3
- Philips Qubic-4
- National-CMOS-7_5V
- National-Perfect
- AMS • Alcatel
- UMC-0.13 μ m,0.18 μ m,0.25 μ m



一行人與施克敏代表攝於荷蘭海牙代表處

比較

A. 比利時&臺灣

比利時在學制上，與台灣之教學與研究環境比較，規納以下：

1. 比利時中學生畢業後進入大學，以五年時間完成工程學位，其訓練課程非常重視實習，畢業生相當於台灣之碩士，取得學位以後可以直接進入高科技公司參與研發工作。
2. 學費與台灣接近。
3. 因應國際化，目前之大學教育採用荷語，研究所教育採用英語，三年後則在大學與研究所教育完全採用英語，每一位學生都可以流利使用 2-3 種語言。
4. 比利時 Univ. of Leuven 屬於國際知名大學，可以招收來自世界各地之優秀國際學生。
5. 維持一個博士班學生所需研究經費約歐幣 80,000 元，相當於台幣 2,800,000 元，博士班學生取得學位時間約 4-5 年。
6. 取得計劃之機會，主要在第一流國際會議呈現研究成果，以便與廠商積極互動。因此，第一流國際會議之論文發表，為博士生畢業之必要條件，當然國際期刊論文之發表也一樣重要。

兩國學習環境心得：

1. 台灣大學生重視補習與研究所考試，導致理論基礎不夠扎實，實務經驗又不足。研究所之入學制度可以適當檢討，如果入學考試有不可廢除之公平原則，應該以多位委員共同命題，並要求命題委員用心設計考題，考題特別重視基本觀念，避免需要解題技巧以及繁雜之計算。大學與研究所之教育可以在實習課程再加強。
2. 台灣學生之外語能力普遍能力不足，國際競爭力顯的薄弱。大學之英語教育應該力求生活化，並著重論文之寫作技巧。
3. 教育部應更積極規劃國際學生之招生，提供優渥之講學金以延攬優秀國際學生，研究型大學之研究所應該鼓勵使用英文授課，以提高本國學生之英文程度，並創造國際學生之學習環境。
4. 鼓勵本國學生出國留學，擴充國際觀與語言能力，並在國外學習前瞻之技術，畢業後可以留在國外就業，未來不管是否持續留在國外或是返國貢獻，都可以對台灣之產業或學術研究產生深遠之影響。
5. 比較國內一流大學與比利時 U. Leuven 之研究環境與博士班學生人數，台灣毫不遜色，甚至更多更好，但台灣在一流之國際會議論文卻非常稀少，可見本國之研究企圖心不夠。建議提高國內博士班研究生之福利與待遇，相對的就可以要求博士生以第一流之研究成果為目標，並產出第一流之成果。
6. 鼓勵國內之教授走上國際舞台，積極參與國際會議與委員會，一方面可以宣揚台灣豐碩之研發成果，另一方面可以影響國際學術組織之決策。

B. 荷蘭&臺灣

- 1 在荷蘭 TU Delft,大部分的上課都是用英語教的，這樣較可以吸引優秀的外國學生來就讀。這所學校提供的 bachelor's courses 是三年，Master's courses 是兩年且完全以英語教學為主。要獲得 bachelor's degree 是要通過一個考試，通過後就可拿到學位，拿到學位後可以找工作或繼續唸 master degree。唸 master 的前提通常是要求 bachelor's 的學位，同樣的，只要通過一個考試，就能得到 master's degree.
- 2 TU Delft 是荷蘭最大的、最全面的大學，全校有超過 13000 位的學生，而且有 2100 位研究人員(包括 200 位教授)，此外，TU Delft 也和其他的研究機構合作-包括荷蘭和其他國家。同時它也樂於和政府機關、其他的公司行號合作。
- 3 TU Delft 近年來也致力於國際化的工作，自 1997 年，它們推出了二年科學碩士的國際課程，在 engineering sciences 共提供 11 門課。本課程是以英語授課，可吸引國際學生來就讀，讓學生可在一個多元文化、生動活潑的學習環境學習。台灣的大學在國際化這方面做的還不夠，也沒有足夠的師資來提供全英語授課的課程。
- 4 TU Delft 發表的論文數很多，每年平均發表 190 篇論文，另外，有超過 4000 篇文章被發表在科學期刊上，但是在台灣，大學的研究風氣就沒那麼盛。