

IC 大未來 2：微型生物晶片

IMEC 精進「微型化尺度」 關鍵技術 & 複合材料

■文：任苙萍

深受業界肯定的比利時微電子研究中心 (IMEC) 亦同意：將半導體應用到生醫，微型化尺度 (Scale) 是個關卡——人類頭髮是 $50\mu\text{m}$ 、紅血球細胞是 $8\mu\text{m}$ 、大腸桿菌是 $2\mu\text{m}$ 、抗體是 12nm 、DNA (去氧核糖核酸) 更只有 2nm ，半導體技術須以 $50\mu\text{m}$ 電子探針、 $8\mu\text{m}$ 微鏡、 $2\mu\text{m}$ 微柱、 14nm 鰭式場效電晶體 (FinFet)、 5nm 奈米孔 (Nanopore) 因應，極為複雜；而 IMEC 設有超過百人的生命科學專案團隊，專責半導體製程和廠房運作整合，並將之與細胞 (Cell) / 分子 (Molecular) 生技、表面化學 (Surface Chemistry) 和病理分析等化驗工作連結。

微流道晶片、微電極陣列、高光譜成像領先群倫

IMEC 總裁兼執行長 LUC VAN DEN HOVE 表示，現今人們對於生技的關注點，已從存活期限 (Lifespan) 推展至健康期限 (Healthspan)。根據統計，有超過一萬種疾病是由人類基因突變所引起，希望藉由體外測試 (In Vitro Testing) 以及 CRISPR/Cas9 等基



照片人物：IMEC 總裁兼執行長 LUC VAN DEN HOVE

因編輯 (Gene Editing) 技術，達到治療與預防效果；而 IMEC 可借助更快速的微流道晶片 (microfluidic) 和化學反應，以及更高的平行結構 (parallelism) 進行基因定序 (Gene Sequencing)，並與策略夥伴共同開發「微電極陣列」(MEA) 晶片，透過片上神經元解碼老年失智症 (dementia) 以利藥物研究。

IMEC 生命科學暨影像部門副總裁 Paru Deshpande 補充，微型化通常是生醫電子的先決條件；在歐洲研究理事會啟動獎助金 (ERC Starting Grant) 資助下，IMEC 已開發出高解析度的片上影像分析系

統，乃藉由主動式片上光子掃描結構化圖紋，並直接整合到 CMOS 影像感測器以極小化器件尺寸。他們也正在開發小型、高效的流式細胞儀 (cytometry)，可用於癌症研究和產檢的診斷；搭載新型微致動器的高效微流道晶片，結合螢光反應 (Fluorescence) 和成像技術偵測細胞，輔以機器學習 (Machine Learning) 演算法區分正常或異常細胞。

多模觀測強化實證經驗

微流道晶片亦可與前述矽

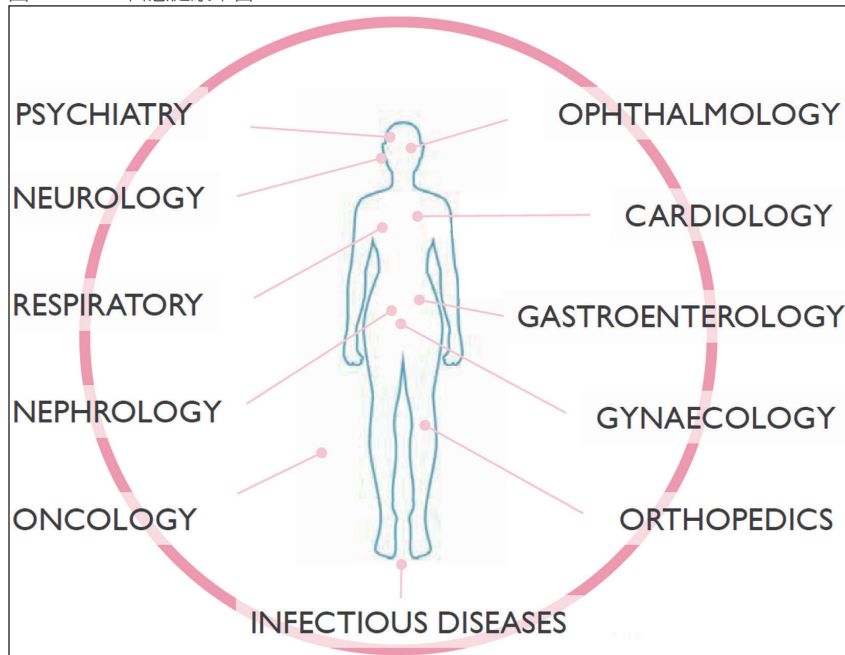
基 MEA 整合在同一塊電路板，打造超高解析度的多模讀取儀器。IMEC 新一代 MUSEICV3 即是全球首款整合電池驅動之無線感測器中樞的多模類比讀數單晶片 (SOC)，包括：心電圖 (ECG)、光體積變化描記圖 (PPG) 和生物電阻抗 (BioZ) 等。在 4.3mm X 4.3mm 緊湊面積上，集成電源管理單元 (PMU)、USB2.0/BLE 4.2 產業標準協定，以及基於 ARM M4f 內核的數位訊號處理器 (DSP)，並內建加密引擎等安全功能，適用於穿戴裝置。總裁暨執行長 HOVE 堅信，「在數位世界中，敢於從不尋常的角度建立多模觀測將能強化實證經驗」。

例如，手指觸覺回饋 (Haptic Feedback) 會透露許多訊息，而薄膜電子可降低平板顯示處理成本並易於螢幕縮放。另一方面，具有 5 個乾式電極 (dry electrode) 的低功耗智慧眼鏡，可經由追蹤鏡片做眼電圖檢驗 (EOG)、虛擬實境／擴增實境 (AR/VR) 導航，以及神經退化疾病的早期偵測。HOVE 強調，要實現智慧應用，須從運算、儲存和連接三路並進。特別一提，IMEC 認為人體所有系統皆是緊密相連的，故發揮微型化專長、以一個晶片監測欲觀察的生命體徵，並做成拋棄式貼布方便大眾使用。另一個議題是：這麼龐大的數據量，該如何消化？

神經形態晶片：儲存＋處理，高效、靈活、擴展佳

「現今這些大數據，每年約

圖 1：IMEC 智慧健康平台



資料來源：IMEC 提供

有 1 Zettabyte (ZB) 的資料量在流動，等同 1,000 個資料中心的容量，2025 年預估將逼近 100 ZB，只靠雲端足以支撐？」HOVE 拋出這樣的疑問。他認為，在電池驅動的邊緣裝置做機器學習有其必要，而「磁阻式隨機存取記憶體」(MRAM) 相較於 CMOS 架構更節能，更適合用於二元神經網路。有鑑於傳統電腦將儲存、處理分開，會耗費許多能量在兩地穿梭；IMEC 模擬人類大腦發展「神經形態晶片」(neuromorphic chip)，將儲存與處理合而為一、分佈在原始的處理節點 (神經元) 及互連 (突觸) 之間。

在記憶體上運算有助於提高效率、靈活度與擴展性。總結 IMEC 在運算和儲存已取得以下成果：

■運算：用於 3nm 以下的 FinFet 和奈米線 (NANOWIRE)、神經

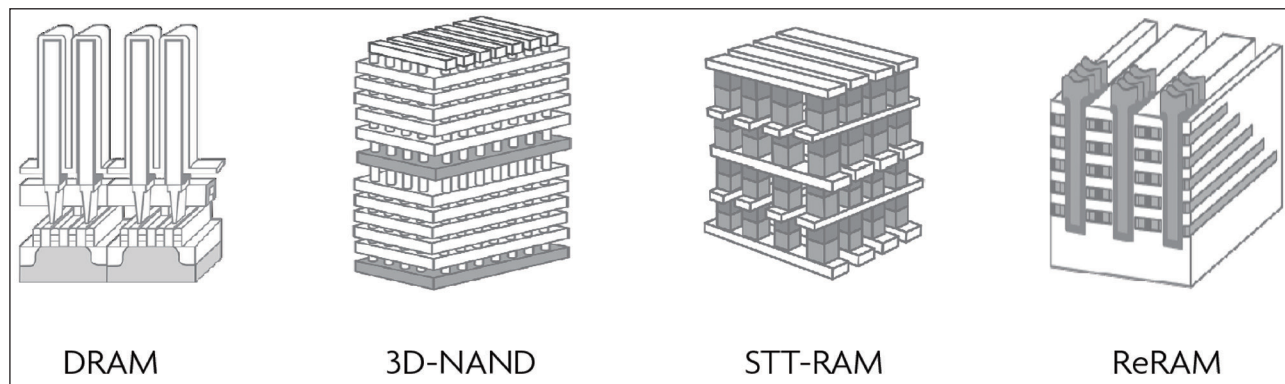
形態晶片／量子 (Quantum) 運算、基於超導體和矽材的量子位元 (qubit)，實現 TFLOPS (teraFLOPS)——每秒 1 萬億次的浮點運算；

■儲存：基於鐵電氧化鈣 (Hafnium Oxide) 的新型非揮發性 DRAM、類似 3D-NAND 的堆疊鐵電器件 (3D FeNAND)、僅以 CMOS 相容處理的新型 MRAM 單元 (稱為 SOT-MRAM) 解決自旋轉移力矩式記憶體 (STT-MRAM) 的可靠度問題，以及將電壓施加到材料堆疊，記錄儲存器電阻變化的可變電阻式記憶體 (ReRAM)，皆有利於高密度的長時間儲存。

「從創意到產品」的一站式服務

此外，HOVE 直指「成本、

圖 2：高密度、長時間儲存，是新世代記憶體特色



資料來源：IMEC 提供

充電設施和行駛距離的焦慮」是標榜零事故、零排放、零壅塞的電動車迄今未成為主流的原因。為此，IMEC 研發出新型奈米複合材料，可將電解質由液體轉成固體成為「固態電池」，能源密度上看 200 WH/L、充電速度達 0.5C (以 500mA 放電約 2.5 小時可充滿)，不僅可用於電動車，亦適用於小型可攜式電子設備和定置電網 (Stationary Grid) 的儲能系統。

IMEC 創新服務總監暨台灣總經理 Peter Lemmens 重申，IMEC 可支援客戶「從創意到產品」的整個創新週期，迄今已服務超過 300 家公司和 700 家學術機構。

在台灣立足邁入第十個年頭的 IMEC，日前與國研院儀器科技研究中心 (ITRC，簡稱「儀科中心」) 簽署合作備忘錄，將共同開發先進高光譜成像技術、光學元件／系統開發，以及穿戴裝置、奈微米材料與人體組織顯微影像分析等潛在應用。雙方聯合創新服務涵蓋：電子系統需求研發、儀器設計與生產品質檢驗、可行性研究與原型設計。Lemmens 分享「與機會



照片人物：IMEC 創新服務總監暨台灣總經理 Peter Lemmens

同行」的秘訣：

1. 參與社會創業 (Social Entrepreneurship)：例如，開始於 2013 年、以道德來源及組裝為特色的「公平貿易手機」(Fairphone)，現今年產 13.5 萬支手機、年營收達 1,600 歐元；
2. 保持創業熱情：先求簡單至美，再瞄準複雜者力求至善；
3. 從解決方案角度思考：正視軟體者應先將自己的硬體做好，智能軟體建立在創新硬體之上，將創新硬體、可靠韌體及應用軟體結合在一起，構成完整的

產品和解決方案。

最後，就是勇於啟動夢想！

IMEC 可支援跨價值鏈、一站式服務的專用晶片 (ASIC) 設計和製造，且擁有世界頂級服務商、晶圓廠等可信任供應鏈夥伴，可給予完整技巧組合、科學基礎方法、可靠模型、原型製作和製造服務，以及包括應用軟體設計在內的工程和產業化協助，提供完整的整廠 (turn-key) 系統和產品設計，以合理成本迅速發展獨特的解決方案，每年有逾 500 項 IC 設計試產。CTA