

## 3D堆疊 資料傳輸像搭電梯

# MOSAIC 3D AI 晶片

全球掀起AI大浪，對高頻寬記憶體的需求也急速增長。工研院積極投入半導體前瞻技術，開發出將邏輯運算和記憶體整合在一起的「MOSAIC 3D AI 晶片」，以創新的3D堆疊技術，運算及記憶體彈性管理，推動晶片設計與製造技術革新，確保臺灣在這場國際AI競賽中保持領先地位，榮獲2024全球百大科技研發獎。

撰文／陳怡如

AI浪潮勢不可擋，隨著AI處理器性能提升，對於提供高算力和大頻寬的高速記憶體需求也愈來愈迫切。能提供更高頻寬的「高頻寬記憶體」（HBM），成了市場當紅炸子雞，但因製作工序複雜且價格高貴，僅限用於高階伺服器產品，也因需求激增，面臨供不應求的局面。

為了解決這個難題，工研院與力積電攜手研發將邏輯運算和記憶體整合在一起的「MOSAIC 3D AI 晶片」，藉由可彈性延伸的3D堆疊技術，使晶片間的傳輸距離從微米大幅縮短至奈米，產生的熱能也僅十分之一，成本也僅五分之一，提供AI產業更高效能、高彈性、高CP值的替代方案。

### 首創3D堆疊方式 彈性組合記憶體

MOSAIC其實就是大家熟悉的「馬賽克」，工研院電子與光電系統研究所經理羅賢君笑稱，主要是該技術的動態隨機存取記憶體（DRAM）可以根據晶圓大小和廠商需求任意堆疊組合，像馬賽克一樣可以自由拼貼而得名。

羅賢君解釋，過去DRAM都是一大片固定尺寸進行封裝，「這個技術把它化整為零，將DRAM切分成一小塊、一小塊，每一塊就代表一個DRAM單位。」切分成一小塊的好處是，第一容量可以變大，晶圓有多大，就可以組裝多大的記憶體；第二資料傳輸速度可以變快，假設拼了

4塊，速度就變4倍，拼了8塊就變8倍，數量愈多傳得愈快。

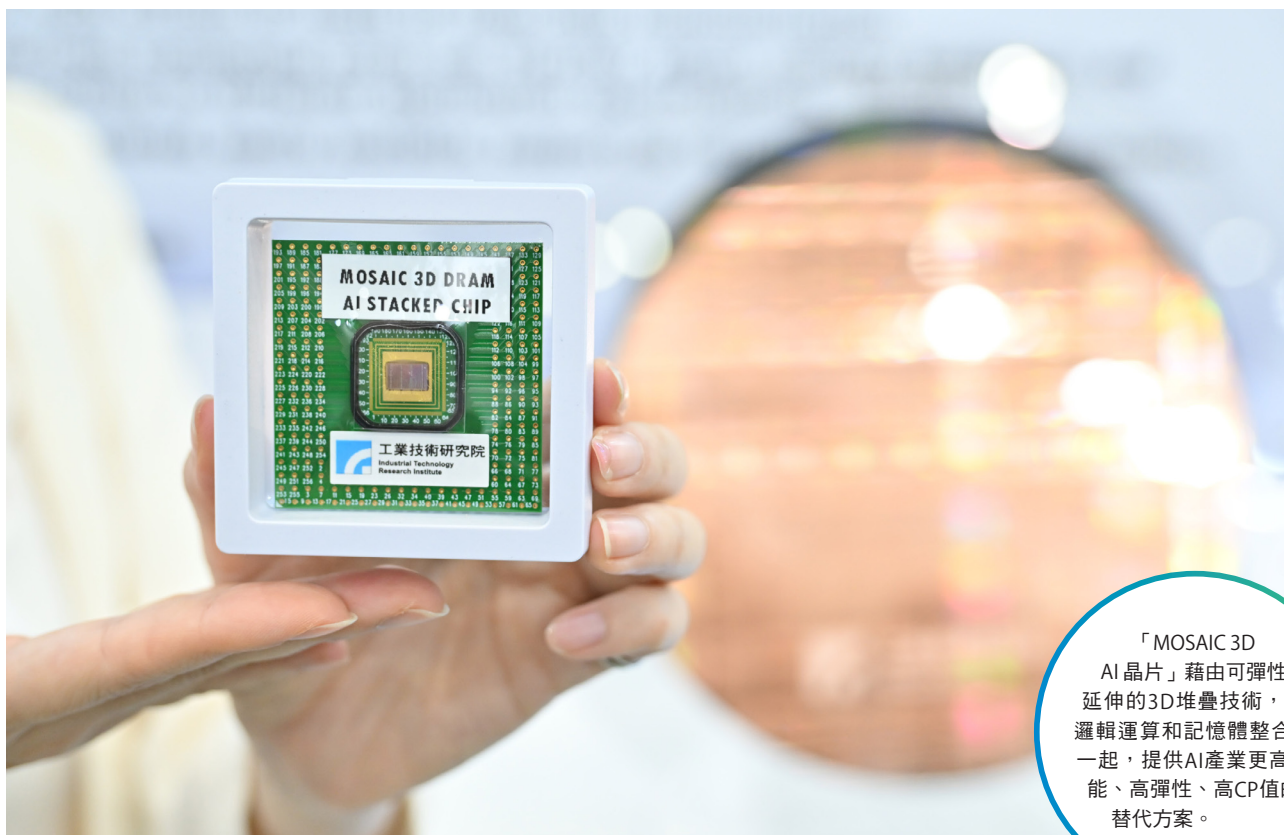
團隊的創舉不只是讓DRAM可以自由堆疊，還提出獨特的3D結構。羅賢君指出，現有的HBM結構可看作是平面連接，當CPU要和HBM進行快速大量的資料傳輸時，必須先把資料從HBM傳到載板，再從載板的線路通道傳到CPU。

但工研院的解法是，運用3D堆疊的立體方式，直接把DRAM記憶體架在CPU上，由上往下就可以傳輸資料，羅賢君比喻，「就像搭電梯，資料直接下到1樓的CPU，不需要經過載板通道。」此舉不僅將晶片的傳輸距離從微米大幅縮短到奈米，還能用便宜的DDR1的記憶體，達到如同DDR4甚至DDR5的傳輸速度。

也因為3D堆疊，資料傳輸通道的數量更多，比起HBM連線通道約1,000~2,000個，MOSAIC 3D AI 晶片可多達1、2萬個，顯著提升資料傳輸頻寬；而3D堆疊也讓整個晶片的體積縮小，大幅縮短運算核心，連帶讓中間傳輸的耗能大幅降低。而HBM因為技術難度高，成本高昂，MOSAIC 3D AI 晶片可大幅降低成本，僅需五分之一即可。

### 克服資料存取關卡 支援各種AI場景

雖然將DRAM切分成一小塊的優點不少，但也帶來新的技術關卡。羅賢君指出，發展成熟



「MOSAIC 3D AI 晶片」藉由可彈性延伸的3D堆疊技術，將邏輯運算和記憶體整合在一起，提供AI產業更高效能、高彈性、高CP值的替代方案。

的DRAM產業，有行之已久的JEDEC標準，所有DRAM都要符合這個標準才行，但切分成小塊就會面臨到新的界面定義，以及新的電路和管理系統，這是團隊面臨的最大難題。

由於資料龐雜，1、2萬個資料傳輸通道都必須集中處理，需要一個新的控制器，才能符合新的DRAM特殊規格架構，於是團隊打造了數個階層控制器，先收集處理DRAM的資料，再傳輸到CPU的大控制上。簡單來說，如果拼了9塊，就會有9個小控制器，再加上一個CPU的大控制器。

控制器也會面臨訊號同步的問題，羅賢君比喻，就像10個人跳舞，每個人的動作都要一樣才行。要做到晶片同步，需要分區切割、緩衝處理、資料預測、資料暫存等技術，團隊克服這些資料存取的關卡，才能讓控制器如常運作。

不只在晶片設計上，這項技術在製程上也有突破，由力積電負責一條龍組裝，將邏輯運算與

DRAM記憶體交由同一家廠商代工整合、堆疊的製造模式，打破業界現行需交由不同廠商負責的模式，客戶也可以自備邏輯運算，由力積電整合，提供多層DRAM堆疊，客製化程度高，提供3D晶片一條龍的服務，目前已獲國際晶片大廠青睞。

這項技術具有模組化、多階層、易延展的特性，未來可支援各種AI應用場景，不管是小型的穿戴式裝置、攜帶式終端，或是高效能運算（HPC）伺服器、大型雲端運算系統，滿足AI遍地開花的需求，「這項技術扮演一個承先啟後的角色，會對AI發展帶來非常重要的轉變！」

羅賢君認為，當HBM一片難求時，這項技術可以為許多，資源有限卻想投入AI晶片的中小型廠商，提供一個替代的解套方法。未來3D堆疊一定是趨勢，也能幫助廠商先布局，率先試產相關產品，為將來的主流市場鋪路，「帶動臺灣半導體產業一起升級」。■