

▲人造鑽石芯片有望成為「軌道算力」的重要方式。圖為工作人員檢查芯片焊線機工作情況。 新華社

經濟觀察家 **如果未來我們真的要把大量算力搬到軌道上，是否仍然應該先在地球把所有芯片做好，再用火箭一片一片送上去？還是說，某些最適合太空環境的芯片，本來就應該在太空製造？答案可能藏在一顆人造鑽石裏。**

鑽石芯片拓闊太空算力思路



馮英倫 行業觀察

上一篇（刊11月4日B2版）談到軌道製造時，筆者提出一個概念：重力也是一種成本。我們在地球生活得太久，往往把重力視為理所當然，卻很少把它當成工業生產的一個變量。當我們熔化材料、生長晶體的時候，重力一直影響物質如何流動、沉降和凝固。

如果某些材料在微重力環境下可以減少浮力對流和沉降造成的擾動，那麼太空製造的意義，就不是把地球上的工廠搬上太空，而是利用地球表面無法提供的環境，製造一些在地面難以製造的東西。

筆者一直認為，討論人工智能的發展不能只看芯片，因為算力的背面其實是電力。人工智能帶來的算力爆發，表面上是一場GPU和先進製程的競賽，背後同時是一場能源競賽。大型算力中心需要的不只是芯片，而是龐大的供電、散熱、配電、土地及其他基礎設施。如果算力需求繼續高速增加，限制算力增長的因素，未必只是我們能否製造更多芯片，也包括能否提供足夠、穩定而且可以快速擴展的能源。

硅基系統遭遇挑戰

這正是「軌道算力」逐漸進入工程討論的原因。在軌道上，太陽光不需要穿過大氣層也到達太陽能板，也沒有雲層和地面土地用途的限制。這不代表軌道能源是免費的，也不代表任何軌道都可以持續接受陽光，儲能、散熱、通訊和維修仍然有大量問題需要解決。但是，太空確實提供了一套與地面不同的能源條件。如果算力對電力的需求繼續急速增加，把部分算力移到更接近能源來源的地方，本身具有值得研究的邏輯。

可是問題也隨之而來：我們準備把算力搬到太空，今天絕大部分高性能的算力芯片，卻是為地球環境而設計的。

人類今天的計算世界基本上仍然建立在硅之上。硅基半導體是現代工業最重要的成就之一，數十年累積的製程、設備和龐大供應鏈，不可能在短時間被其他材料取代。然而，一塊適合放在地面數據中心的高性能芯片，並不等於把它裝進衛星便可以長期正常工作。

其中一個問題是輻射。太空中的高能粒子可能在電子器件中造成單粒子效應，引起數據翻轉甚至器件損傷，因此航天電子需要從器件、電路、冗餘和屏蔽等不同層面處理。另一個問題是散熱。太空雖然冷，真空卻沒有空氣進行對流散熱。芯片產生的熱首先要有效傳導出去，最後再透過輻射器排走。

所以，把算力搬上軌道並不是換一個地方安裝GPU那麼簡單。短中期當然仍然可以使用經過加固和重新設計的硅基系統，但如果未來真的要建立大規模軌道算力，我們就應該問另一個問題：有沒有一種半導體材料，本身更加適合這個環境？這就把我們帶到鑽石。

鑽石擁極高熱導率

對大部分人來說，鑽石首先是一種寶石，但從材料科學和電子工程角度看，它其實是一種極具工業價值的材料。鑽石擁有極高熱導率、很高的擊穿電場和寬禁帶等特性，適合研究高功率、高溫等極端環境下的電子器件。近年的研究仍然把N型摻雜及其電學性能視為鑽石半導體走向實際應用的重要挑戰。

要把鑽石變成可控制電流的電子器件，其中一個關鍵就是摻雜。P型鑽石可以利用硼，而N型鑽石其中一條重要技術路線，就是把磷摻入鑽石晶格。磷摻雜N型鑽石並不是今天製造不出來的東西，地面實驗室早已利用CVD（化學氣相沉積），讓磷進入鑽石晶格並形成N型導電。近年的研究甚至已經生長出相當厚的磷摻雜鑽石層，並從中取得獨立的磷摻雜鑽石片。真正的問題，是怎樣把這種材料製造得更加容易控制、更均勻、更高品質和更具規模，最終滿足成熟電子器件的要求。

而微重力，恰恰為這個材料難題提供了一個值得驗證的新變量。微重力可能改變什麼？從過去的晶體研究來看，這個推論有充分的物理基礎。在地面環境，材料生長過程中的物質和熱量傳輸會受到重力引起的浮力對流等因素影響；在微重力下，這些效應大幅減弱，擴散的重要性相對增加。其他晶體的在軌實驗已經證明，這種環境改變可以對晶體生長產生實際影響。

因此，把同一個問題放到磷摻雜人造鑽石上，並不是沒有基礎的想像。如果降低對流擾動能夠改善生長界面的穩定性與物質傳輸條件，那麼磷摻雜的均勻性、晶格缺陷和材料品質，都可能得到改善。問題已經不是這個方向是否值得研究，而是改善究竟有多大，以及能否穩定地重複。

這就是在軌驗證的意義。第一步不需要建造太空晶圓廠，只需要把實驗規模的CVD設備送入微重力環境，在可比較的工藝條件下生長磷摻雜人造鑽石，再與地面控制組比較晶體缺陷、磷的分布、材料均勻性和電學性能。如果結果顯示出穩定而可重複的改善，便證明我們找到了一個可能具有工程價值的製造環境。

如果第一步成立，下一個值得驗證的方向就是SAG（Selective Area Growth），即選區生長。傳統半導體製程很大程度上是一種「減法」：形成材料之後，再透過光刻和蝕刻等工序移除不需要的部分。SAG的思路有所不同，它先限定材料生長的位置，再讓材料在指定區域形成。假如這種技術最終能夠與鑽石半導體和微重力製造結合，就可能由傳統的「先形成、再移除」，向更加接近加法製造的方向發展。

這一步同樣有合理的物理推論，但必須由實驗把推論變成製程。微重力改變了對流和物質傳輸，是否能進一步改善選區生長的邊界控制、材料品質和重複性，仍然需要專門驗證。因此比較合理的發展次序，是先驗證磷摻雜鑽石，再驗證SAG；如果兩者都取得穩定結果，才向真正的鑽石電子器件及更複雜的在軌製造前進。

重用火箭降低成本

過去六十多年，人類航天的工業模式基本上都是在地球完成製造，再用火箭送到太空使用。這是很合理，因為把任何東西送離地球都十分昂貴，自然不會連複雜的工業設備也搬上去。

但可重用火箭正在改變這條經濟方程式。隨着發射成本降低、發射頻率和運力提高，過去沒有經濟意義的太空工業流程，逐漸進入可以計算和驗證的範圍。未來一個重要的轉變，可能就是由把產品送上太空，逐步變成把生產能力送上太空。

這正是人造鑽石芯片值得研究的地方。人工智能正在帶來龐大的算力和能源需求，算力的背面是電力；軌道提供了地面沒有的太陽能利用條件；而微重力又可能為某些先進材料提供更理想的製造環境。當可重用火箭進一步降低物流門檻，能源、算力、先進材料和航天運輸這幾條原本分開發展的技術路線，就開始有了交匯的可能。

這個交匯點，就是軌道。我們已經從藥物晶體、蛋白質晶體等材料知道，微重力可以實際改變某些材料形成的條件。將這套物理原理延伸到磷摻雜人造鑽石，是一個有科學基礎、值得在軌驗證的方向。

現在需要回答的，是這種優勢在鑽石上究竟有多大，能否穩定重複，以及最終是否大到足以形成工業和經濟上的價值。

因此，第一步不需要很宏大。在太空建一座晶圓廠言之尚早，也不用預先宣布鑽石芯片將會取代硅芯片。先把一套實驗規模的設備送上軌道，生長一片磷摻雜的人造鑽石，再把它與地面的樣本認真比較。

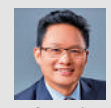
如果理論推論是對的話，我們得到的可能不只是一片鑽石，而是一條新的製造路徑。到那個時候，我們也許才真正的知道，重力這項人類支付了幾十萬年的成本，在製造下一代芯片這件事情上，究竟向我們收了多少稅。

（作者為星軌資本聯合創辦人及聯席行政總裁）



▲可重用火箭進一步降低太空物流門檻。 新華社

企業出海不能只算成本賬



戈峻 共創共享

生意之道就是計一盤賬，收益大於成本等於有利可圖，這道理人人都懂，但生意的成功與否，往往不單單取決於收益大於成本這條數學公式。很多企業想到業務出海、產業轉移，第一個念頭是我的成本可以節省多少？我的利潤可以增加多少？但其實真正可持續的出海，要計的不是成本賬，而是能不能與當地發展共生，帶動經濟起飛的能力賬。

二十年前，我有幸參與前東家英特爾在越南胡志明市西貢高科技園區的投資決策，那是英特爾全球最大的芯片組裝和測試工廠之一。當時英特爾作出落地越南的決定，很多人都不理解，因為2006年的越南連一條像樣的半導體供應鏈都沒有。但英特爾怎麼做呢？從最初的10億美元投資，到後來一直追加投入，二十年來累計投資額已超過40億美元，把全球一半以上的封裝測試產能都放到了這間工廠。

早前與一眾中國企業家參訪越南，有幸再臨這間工廠。當一座工廠走過二十個年頭，第一印象可能是老舊的廠房和設備、過時的流水線，還有折舊等等情況，甚至可能會思考是否應推倒重來，重建一個現代化廠房，但當看着忙碌的自動化車間和專業的員工，眼前並不是一座工廠，而是一顆最終成長出一種能力的種子。

第一個十年，它種下的是製造能力的種子，工廠生產線運作了，全世界的芯片開始從這裏封測、發貨、外運，營收長起來，當地出口額及GDP也升起來；到第二個十年，它種下了人才能力的種子，英特爾做了一件跟成本賬沒關的事，就是和越南的大學共建微電子專業，免費送設備，派講師，培養專業老師。今天越南第一批本土的半導體工程師，大多是由此出身。這座工廠現時擁有約6500名員工，還助力越南培養出5萬名半導體工程師，人才的種子發芽茁壯成長，這就是工廠留給當地真正的資產。

今天，第三顆種子也在成長起來，那是生態能力的種子，圍繞着這座工廠，長出一整套物流、檢測、維修、零部件供應、園區服務的產業生態圈，更重要是，它代表着當地一代人對於「精密製造」的認知。你看，一座工廠種出了製造能力、人才能力及生態能力三顆種子，成為了一個地區的完整產業根基。

長期布局 深耕當地

筆者經常強調，要出海就要到場，只要到場就贏了一半。那麼剩下的一半？心態是其一，一些企業對於出海的看法，就是簡單粗暴地把國內的工廠生搬硬套的轉移過去，賺差價、賺便宜人工、賺低關稅，算的都是成本賬，但真正要出海成功，不單計賺到多少，還要計可以扎得下根、別人撼動不了地位的能力賬，而願意計這盤賬的，恰恰是那些肯花時間成本培養本地人才，扎根本土生態，與當地一起共同成長的企業，而這類企業，縱使設備會折舊，廠房會舊化，但那份長久留在本土的能力，也同樣會長久刻印在企業自身。

說白一點，就是企業出海能否持續，不完全取決於當地給了你什麼大機會，更多是取決於你願不願意放下投機心態，做長期主義的布局，不要把出海當成反內捲、賺快錢的手段，而是要短期做規則對接，中期做資源互補，長期做產業融合的「落葉歸根」策劃。這也是我常說的「In、With、For」，要真正進入當地、要與當地並肩發展，以及要為當地發展做好企業責任。

有企業會問，我願意到場，我也有長期布局的心態，但不是每間公司都像英特爾是產業龍頭，也不是能完全拋開成本賬不談。確實不是每間企業都有獨力出海的資源，那就借力使力，與其他同樣有意出海的一起抱團，把資源集合、系統化，再一起全球共享，因為總體來看，願意出海的企業，心態和能力都不缺，往往缺的正是資源成本，沒辦法獨自撐起一艘船、搭起一座橋。既然如此，大家不妨「有磚出磚」、「有木出木」，再由懂得把不同資源系統整合的出海平台來做船搭橋，帶着大家揚帆出海。

（作者為天九企服董事長兼CEO）

港樓價處健康上升通道



汪敦敬 樓市新態

樓市發展到現在，有更清晰趨勢特徵，可以用圖表技術分析和數據去描述，筆者在此分享一下。

樓市非常明確是一個鞏固期，如果看差餉物業估價署和祥益指數的樓價指數圖表，仍然處於一個「上升通道」之中。上升通道即是指經過一連串的阻力線以及一連串的支持點，在圖表中畫兩條線之後便成為兩條平行線，就如同一條通道一樣。

若看中原指數，很可能正在醞釀着樓價再次上升的「雙底」（W形趨勢），這未必一定能夠順利完成，若未能順利完成，便需要多一個回合的鞏固！而在新界西分區指數，其實已初步形成相關趨勢。

當然，筆者不同意那些非常負面的說法，例如說樓市只是「曇花一現」或「死貓彈」的負面評論，事實是樓價已經連升15個月（差估署樓價指數由去年3月升至今年6月）。一個連續上升十多個月的樓價，我們不能說是曇花一現，這不是偶然的，而是結構性回升。而樓價上升十多個月之前，在技術分析上是具備「雙底」形態作鞏固的（去年上半年在祥益指數和CCL都有出現）。所謂雙底，即是指跌到極致、跌無可跌，連續兩次在同一個位置守住並經過兩次成功鞏固和穩固，代表購買力積聚之後回頭向上。

樓價上升十多個月之後，現在是一個有升有跌的輾轉橫行局面。如果短期之內，或者在未來兩至三期中原指數回頭向上，它便形成了一個雙底。如果今次不成功，很可能需要多一個回合，可能等待至農曆新年前後以「小陽春」回應。

筆者並不是想爭拗樓價升跌，我是想討論其結構性的本質。第一，它並非偶然的上升；第二，這個上升之前是有一段鞏固時間才得以向上的；第三，在樓價回升之前，市場形態就以「百葉窗效應」去反映。

什麼是「百葉窗效應」？我們試想像一幅百葉簾，拉動時是一片一片葉片依次升起。在樓市中，這代表購買力會先集中推高某個價格區間的物業，當該區間價格被推高後，購買力便會「溢出」到鄰近的區間，帶動下一格上升，形成骨牌式的輪動效應。

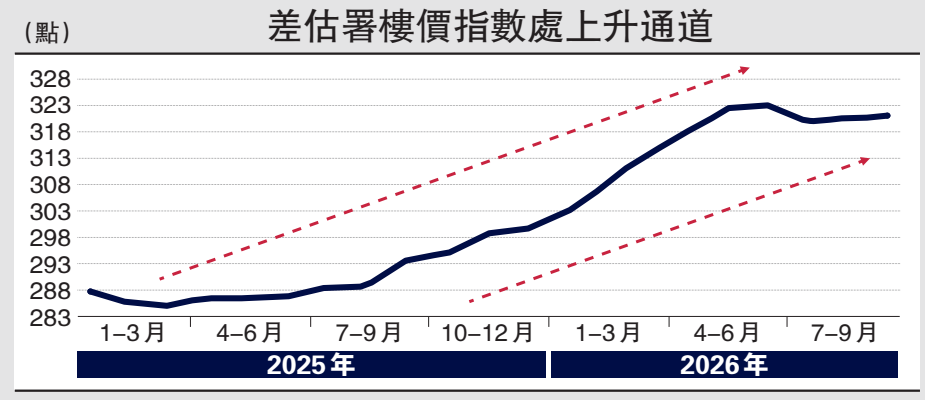
筍盤消化 購買力上移

例如，市場由谷底回升的初期，成交原本較集中在100元釐印費的300多萬元住宅板塊，但當300多萬元的優質單位售罄後，便輪到400多萬元單位，以筆者經營的屯門天水圍區最新市況，便是400多萬元的成交最多。400多萬元的成交並非100元釐印費，為何反而成交會比300多萬元的板塊多？這便是百葉窗效應，優質單位售罄了，購買力就轉移到較優質的400多萬元板塊，現在購買力已開始朝着「五字頭」走，令成交量開始增加，也就是說，在這段正在鞏固的時候，購買力在市場裏逐個板塊去進行鞏固運動，何時鞏固完成就要看「雙底」何時出現。

也就是說，筆者認為現時的樓市是非常明朗的。我們只是等待它鞏固完成，隨後再次上升。下次上升可能不會長達十多個月，可能會較短，但也絕不會只有兩三個月的時間。希望以上的看法可以提供實在的參考給予讀者。

（作者為祥益地產總裁）

差估署樓價指數處上升通道



責任編輯：陳少文