

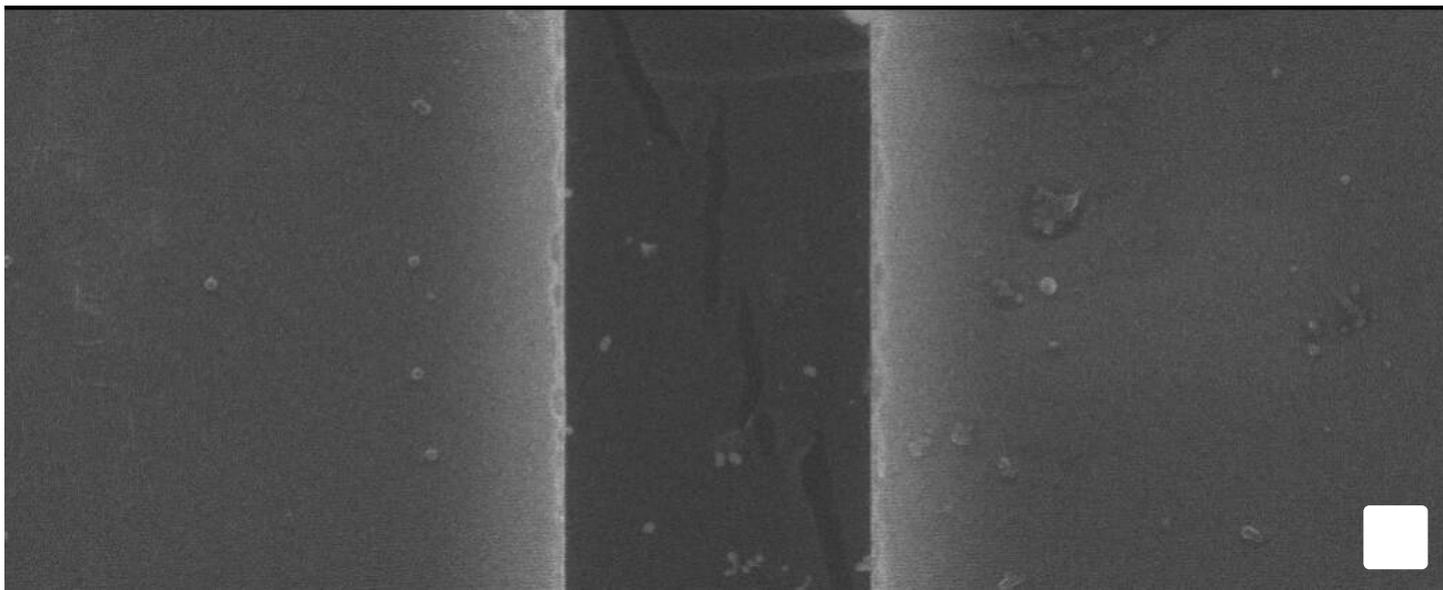
科學家們發現了比石墨烯更具韌性的二維材料



明日科學

更新於 22小時前 • 發布於 22小時前 • Сергей Хуан

訂閱



一種物理性質與石墨烯 (**graphene**) 相近的二維材料，在韌性方面徹底打敗了石墨烯。

六方氮化硼

這個材料被稱為六方氮化硼 (hexagonal boron nitride , h-BN) 。它非常耐破裂，而這讓科學家們目瞪口呆，這是因為，這項發現與科學家們從 1920 年代起就使用來預測及定義韌性的破裂機制的基礎描述互相違背。

美國萊斯大學 (Rice University) 的材料科學家盧軍教授 (Jun Lou , 音譯) 說：「我們在這材料中所觀察到的現象很驚人。沒有人預期在二維材料中見到這個現象。」

與石墨烯的比較

六方氮化硼實際上與石墨烯極度相似。兩種材料都包含六方原子晶格。在石墨烯中，這些原子都是碳。但是對 h-BN 而言，每個六邊形包含了三個硼原子與三個氮原子。



碳-碳鍵結是大自然中最強的鍵結，所以科學家們預期石墨烯會比 h-BN 還要更強。一般而言，這是真的：兩種材料在強度與彈性上有相似的值，但 h-BN 稍微弱了一點。石墨烯的強度為 130 GPa，而彈性為 1.0 TPa；至於 h-BN，其強度與彈性分別為 100 GPa 與 0.8 TPa。但是，石墨烯亦有較低的抗破裂性；也就是說，它非常易脆。

盧教授解釋：「我們七年前測量過石墨烯的斷裂韌性，而它實際上並不耐斷裂。若是晶格中有裂縫的話，一個小小的荷重就能夠破壞該材料。」

因為 h-BN 的其他性質與石墨烯非常相似，因此它的脆性被認為亦是與石墨烯相當的，尤其是因為石墨烯的脆性與艾倫·阿諾德·格里菲斯 (Alan Arnold Griffith) 於 1921 年所提出的格里菲斯理論 (Griffith theory) 一致。他發現，當施加在材料上的應力比起將材料合在一起的力量還大時，裂縫就會傳播，而這能量上的差異會在裂縫傳播時被釋放。

然而，當研究團隊進行測試時，他們發現非常詭異的事：h-BN 的抗破裂性比起石墨烯大了 10 倍。這絕對與格里菲斯理論不一致。

裂縫傳播機制

為了找出為什麼，研究團隊在 h-BN 的樣本上施加了應力，並盡可能在最小的細節上，使用掃描式電子顯微鏡 (scanning electron microscopy, SEM) 與穿透式電子顯微鏡 (transmission electron microscopy, TEM) 來觀察裂縫如何發生。在超過 1000 小時的實驗與接續分析後，他們找出了答案。

這兩種材料可能很類似，但是它們並不完全相同。在石墨烯中，一道裂縫傾向於如拉鍊般地，從頂部到底部直接穿透對稱的六角型結構。而由於氮與硼之間的應力差，h-BN 在其六邊形結構中有些微的不對稱性。這指的是裂縫傾向於分叉，而這就是使材料更具有韌性的原因。

盧教授說：「如果裂縫分枝，這代表它轉了方向。如果裂縫轉了方向，基本上它需要消耗額外的能量來驅動裂縫繼續傳播。所以，藉由讓裂縫更難以傳播，而有效地使材料變得更具韌性。」

未來發展



這對於開發彈性二維材料以用於例如電子產品等應用上具有重要意義。且 h-BN 已經具備大量性質，能使其成為這些應用的優秀候選材料，包括其耐熱性與化學穩定性。因此，它能夠提供一個新方法來發展例如電子紡織、黏貼式電子刺青、甚至植入等科技。

新加坡南洋理工大學 (Nanyang Technological University) 的高華健教授說：「讓這項研究變得令人興奮的事情是，它揭開了在一個本應非常脆弱的材料中固有的韌化機制。很顯然地，即使是格里菲斯也無法預知，在兩種具有相似原子結構的脆性材料中，會有如此不同的斷裂表現。」

更多科學與科技新聞都可以直接上 明日科學網站 <http://www.tomorrowsci.com>

參考資料：

- Starr, M., (2021, June 2). This 2D Material Is Way Tougher Than Graphene, And Scientists Are Excited. [ScienceAlert](#)
- Yang, Y. et al., (2021, June 2). Intrinsic toughening and stable crack propagation in hexagonal boron nitride. [Nature](#). doi.org/10.1038/s41586-021-03488-1
- Rice University, (2021, June 2). Hexagonal boron nitride's remarkable toughness unmasked. [EurekAlert](#)
- 圖片來源：<https://www.sciencealert.com/this-two-dimensional-material-is-even-tougher-than-graphene> (圖：J. Lou/Rice University)

[查看原始文章](#)

#石墨烯

#bn

#格里菲斯

#university

#june

生活

