

石墨烯 (Graphene) 是一種由碳原子以 sp^2 雜化軌道組成六角型呈蜂巢晶格的平面薄膜，只有一個碳原子厚度的二維材料^[1]。石墨烯一直被認為是假設性的結構，無法單獨穩定存在^[1]，直至 2004 年，英國曼徹斯特大學物理學家安德烈·海姆和康斯坦丁·諾沃肖洛夫，成功地在實驗中從石墨中分離出石墨烯，而證實它可以單獨存在，兩人也因「在二維石墨烯材料的開創性實驗」為由，共同獲得 2010 年諾貝爾物理學獎^[2]。

石墨烯目前是最薄卻也是最堅硬的奈米材料^[3]，它幾乎是完全透明的，只吸收 2.3% 的光^[4]；導熱係數高達 $5300 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ，高於碳奈米管和金剛石，常溫下其電子遷移率超過 $15000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，又比奈米碳管或矽晶體*高，而電阻率只約 $10^{-6} \Omega\cdot\text{cm}$ ，比銅或銀更低，為目前世上電阻率最小的材料^[1]。因為它的電阻率極低，電子跑的速度極快，因此被期待可用來發展出更薄、導電速度更快的新一代電子元件或電晶體。由於石墨烯實質上是一種透明、良好的導體，也適合用來製造透明觸控螢幕、光板、甚至是太陽能電池。

石墨烯另一個特性，是能夠在常溫下觀察到量子霍爾效應。

石墨烯的碳原子排列與石墨的單原子層雷同，是碳原子以 sp^2 混成軌域呈蜂巢晶格 (honeycomb crystal lattice) 排列構成的單層二維晶體。石墨烯可想像為由碳原子和其共價鍵所形成的原子尺寸網。石墨烯的命名來自英文的 graphite (石墨) + -ene (烯類結尾)。石墨烯被認為是平面多環芳香烴原子晶體。

石墨烯的結構非常穩定，碳碳鍵（carbon-carbon bond）僅為 1.42\AA 。石墨烯內部的碳原子之間的連接很柔韌，當施加外力於石墨烯時，碳原子面會彎曲變形，使得碳原子不必重新排列來適應外力，從而保持結構穩定。這種穩定的晶格結構使石墨烯具有優秀的導熱性。另外，石墨烯中的電子在軌道中移動時，不會因晶格缺陷或引入外來原子而發生散射。由於原子間作用力十分強，在常溫下，即使周圍碳原子發生擠撞，石墨烯內部電子受到的干擾也非常小。

石墨烯是構成下列碳同素異形體的基本單元：石墨，木炭，碳奈米管和富勒烯。完美的石墨烯是二維的，它只包括六邊形（等角六邊形）；如果有五邊形和七邊形存在，則會構成石墨烯的缺陷。12 個五角形石墨烯會共同形成富勒烯。

石墨烯捲成圓桶形可以用為碳奈米管^[5]；另外石墨烯還被做成彈道電晶體

（ballistic transistor）並且吸引了大批科學家的興趣。在 2006 年 3 月，喬治亞理工學院研究員宣布，他們成功地製造了石墨烯平面場效應電晶體，並觀測到了量子干涉效應，並基於此結果，研究出以石墨烯為基材的電路。

石墨烯的問世引起了全世界的研究熱潮。它是已知材料中最薄的一種，質料非常牢固堅硬，在室溫狀況，傳遞電子的速度比已知導體都快。石墨烯的原子尺寸結構非常特殊，必須用量子場論才能描繪。

場效應管及其集成電路

透明導電電極

石墨烯良好的電導性能和透光性能，使它在透明電導電極方面有非常好的應用前景。觸摸屏、液晶顯示、有機光伏電池、有機發光二極體等等，都需要良好的透明電導電極材料。特別是，石墨烯的機械強度和柔韌性都比常用材料氧化銦錫優良。由於氧化銦錫脆度較高，比較容易損毀。在溶液內的石墨烯薄膜可以沉積於大面積區域。

通過化學氣相沉積法，可以製成大面積、連續的、透明、高電導率的少層石墨烯薄膜，主要用於光伏器件的陽極，並得到高達 1.71% 能量轉換效率；與用氧化銦錫材料製成的元件相比，大約為其能量轉換效率的 55.2%。

導熱材料/熱界面材料

2011 年，美國喬治亞理工學院(Georgia Institute of Technology)學者首先報導了垂直排列官能化多層石墨烯三維立體結構在熱界面材料中的應用及其超高等效熱導率和超低界面熱阻。

早在 2002 年，垂直於基底表面的石墨烯奈米牆就被成功製備出來。¹它被看作是非常優良場致發無線電子源材料。最近關於單片石墨烯的電場致電子發射效應也見諸報導。

超級電容器

由於石墨烯具有特高的表面面積對質量比例，石墨烯可以用於超級電容器的導電電極。科學家認為這種超級電容器的儲存能量密度會大於現有的電容器^[66]。

石墨烯生物器件

由於石墨烯的可修改化學功能、大接觸面積、原子尺吋厚度、分子閘極結構等等特色，應用於細菌偵測與診斷器件，石墨烯是個很優良的選擇。

科學家希望能夠發展出一種快速與便宜的快速電子 DNA 定序科技。它們認為石墨烯是一種具有這潛能的材料。基本而言，他們想要用石墨烯製成一個尺寸大約為 DNA 寬度的奈米洞，讓 DNA 分子遊過這奈米洞。由於 DNA 的四個鹼基（A、C、G、T）會對於石墨烯的電導率有不同的影響，只要測量 DNA 分子通過時產生的微小電壓差異，就可以知道到底是哪一個鹼基正在遊過奈米洞。這樣，就可以達成目的。

抗菌物質

中國科學院上海分院的科學家發現石墨烯氧化物對於抑制大腸桿菌的生長超級有效，而且不會傷害到人體細胞。假若石墨烯氧化物對其他細菌也具有抗菌性，則可能找到一系列新的應用，像自動除去氣味的鞋子，或保存食品新鮮的包裝。