

類鑽碳膜在模具上的應用系列報導之一

王俊堯

現職：旭鼎奈米科技股份有限公司 研發副理

網站：www.creating-nanotech.com

E-mail：dynamic66@sinamail.com

一、類鑽碳膜

類鑽碳膜(Diamond-Like Carbon, 簡稱 DLC)具有諸多優異的性質，其中包括了有：

高硬度 (extreme hardness)

耐腐蝕性佳 (chemical inertness)

表面平滑 (smooth surface)

摩擦係數小 (low friction coefficient)

低表面能 (low surface energy)

膜緻密度高 (high density)

電絕緣性佳 (high electrical resistivity)

熱傳導性佳 (high thermal conductivity)

生物相容性佳 (biocompatibility)

抗磨耗性佳 (high wear resistance)

可透 IR 及可見光 (transparent in IR and visible range)

能在低溫下成長 (low temperature deposition)

由以上所提到的，很明顯可以看出類鑽碳薄膜確實有許多非常優良的性質。因此，類鑽碳薄膜可應用的領域也是非常的廣泛，下面就列舉幾項：

1. 對一些需要耐磨耗的工具方面，如鑽頭、刀具、研磨輪、模具、噴嘴、磁碟、磁帶等，都可鍍上類鑽碳膜，以增加其使用壽命，除此之外，類鑽碳薄膜還可協助散熱，增加使用壽命。
2. 類鑽碳低表面能的特性，將其披覆於射出成型模具上，可以改善模流性質、增加脫膜性、成型率及複製率，縮短製程時間、提昇產品良率、並減少拆模及清模的時間及次數。
3. 低成本的類鑽碳膜能改進傳統切削工具的使用期限。
4. 把類鑽碳薄膜披覆在光碟、硬碟上，不僅能預防磁碟腐蝕，也可避免刮傷。
5. 可作為光學鏡片的保護膜。
6. 類鑽碳膜的高熱傳導性佳，應用在電子及光電元件的封裝上，可以幫助熱傳，將元件因操作過程而產生之熱快速導掉，延長元件使用壽命。
7. 由於類鑽碳膜有極佳的生物相容性，不會引起血栓，故可應用在生醫材料上，如可鍍在人工關節的材料上，手術用的解剖刀等。
8. 可在化學藥品貯藏槽之內壁鍍上類鑽碳膜保護層，可避免貯藏槽被腐蝕而破裂。
9. 對一些電子元件，類鑽碳膜是極佳的保護層。
10. 由於類鑽碳膜可透 IR 光，故可用來作為飛彈光罩的保護膜等。

類鑽碳膜的性質常會因成長方法、成長條件的不同，而會有很大的差異性。而製備類鑽碳膜之方法有很多種，但還是以物理氣相沉積 (Physical Vapor Deposition, PVD) 法為主。硬膜的選擇除

了類鑽碳膜之外，還有鑽石薄膜、c-BN、TiN、及現在大家還在努力開發的 C₃N₄ 等。但常常會受到成長方法或基材的限制，而無法蒸鍍，如鑽石薄膜只能在具有其晶格常數 (lattice constant) 大小接近的基材上沉積，而 c-BN、TiN 等硬膜則需要在高溫下成長，故常會受基材不能耐高溫的限制。但類鑽碳膜有個最大的好處，其以 PVD 的方法，可在低溫下輕易製備出符合高硬度和高附著力之要求。表一為各種硬質膜性質的比較。

表一、各種常見硬膜的性質.

	鑽石 (diamond)	類鑽碳薄膜 (DLC)	立方氮化硼 cubic BN	氮化鈦 TiN	碳化鎢 WC
密度(g/cc) 及顏色	3.51, 透明	1.89-2.0 透明至黑色	3.48 灰點	5.22 金黃色	15.63 灰色
硬度 (kg/mm ²)	7000-10,000	900-3000	4100-7100	2000	2100
化學穩定性	穩定	穩定	穩定	可溶於熱氫 氟酸水溶液	可溶於氫氟酸 +硝酸水溶液
熱穩定性及 熱膨脹係數	20 W/(cm.K) 4.8×10 ⁻⁶ °C ⁻¹		6 W/(cm.K) 5.6×10 ⁻⁶ °C ⁻¹	9.35×10 ⁻⁶ °C ⁻¹	a-5.0 ×10 ⁻⁶ c-4.2 ×10 ⁻⁶ °C ⁻¹
折射率	2.42	1.8-2.2	1.5-1.7		
能隙 (eV)	5.5	2-3	3-5		
電阻率 (ohm-cm)	> 10 ¹⁶	10 ⁷ -10 ¹³	> 10 ¹¹	26×10 ⁻⁶	19.2+0.3 ×10 ⁻⁶
晶体結構	鑽石結構; sp ³ 鍵結	非晶質 sp ³ + sp ² 鍵結	鑽石結構; sp ³ 鍵結	岩鹽結構 Rocksalt structure	六方晶体結構
熔點 (°C)	3550		3000 °C昇華	2930	~2870

二、類鑽碳膜於模具上的應用

類鑽碳(石)薄膜為碳原子及少量之氫原子鍵結組成之非晶質(沒有結晶)薄膜，由於原子直徑小且排列非常緻密，單位體積內共價鍵結之數目較多，使其成為一硬度僅次於鑽石之材料。為達化學上之穩定，消除表面之懸空鍵，薄膜表面之原子常以雙鍵之形式存在。碳碳雙鍵是非常穩定的結構，因此類鑽碳薄膜之表面反應性低(較不沾粘)，摩擦係數小，非常適合應用在模具或其他需要耐磨耗的地方。另外由於類鑽碳薄膜為非結晶態，很容易可以在基材上沉積非常平滑之薄膜，非常適合於光學或鏡面模具表面披覆。又類鑽碳薄膜之化學穩定性極佳，可以耐酸鹼，因此非常適合應用在具腐蝕性之環境下。最後由於類鑽碳薄膜在室溫就可以製得，因此在製備類鑽碳膜之過程中不會因為熱變形造成模具之損壞

表二、類鑽碳(石)膜應用在模具上有非常優異之性質：

性 質	相 關 應 用
硬度高	模具或工具不易磨損
摩擦係數低	不易磨損、容易脫膜，提高 模具或工具之使用壽命
耐酸鹼	保護模具，使不會被腐蝕
非常平滑	提高光學精準度、容易脫模
低溫製程	模具不會變形

三、類鑽碳膜之製備

一般所用來成長類鑽碳膜的系統如下：

1. 磁控濺鍍法 (magnetically sputtering method)
2. 離子蒸鍍法 (ion plating method)
3. 電弧離子蒸鍍法 (arc ion plating)
4. 電漿輔助化學氣相沉積法 (plasma-enhanced chemical vapor deposition)

以上各種方法各有其優缺點，其最終的目的是要克服類鑽碳膜的內應力問題、附著力的問題、底材支撐度等問題。使類鑽碳能在基材上有很優良的附著，增加其應用性。

當然也有一些新的方法陸續被業界、學界研究著。要達到改善內應力及附著力的目的有兩個方向可以嘗試，一為從類鑽碳膜本身著手，加以改質，使此類鑽碳改質膜本身就於底材黏著力很好，且應力又小，進而使其在底材上附著力提升。另一個方向可以從漸進層著手。尋找一漸進層使其與底材及類鑽碳的附著力均不錯者，且又可吸收類鑽碳膜的應力者，那麼將之介於底材與類鑽碳膜中間，應可解決附著力的問題。至於底材支撐力的問題，不管是直接鍍類鑽碳改質膜或者是鍍他種材質的漸進層在鍍類鑽碳膜，其硬度一定要漸進,也就是由底材本身的硬度一直漸進增加到最終一層的類鑽碳之硬度。

以上只是一些原則上的分享，隨著類鑽碳膜在業界的需求越來越重要，要解決以上的問題，除了要有材料科學的相關知識外，電漿物理、及電漿化學等知識也是不可或缺的重要工具！馮鼎奈米科

技股份有限公司於此問題的解決上也投注很多的精力，並享有兩項專利，且已發展出成熟穩定的製程，成功的應用於**光碟射出模具**、**光學鏡面射出模具**、**封裝模具**等，並獲得客戶的肯定和支持。馮鼎奈米科技股份有限公司所使用的類鑽碳膜製程，從頭至尾（含中間層的製備）皆在低溫下完成，並採用無塵技術，因此無模具變形或針孔的問題，所鍍的類鑽碳膜表面平滑、緻密、硬度高、摩擦係數低，而附著力佳，如圖 1 所示。

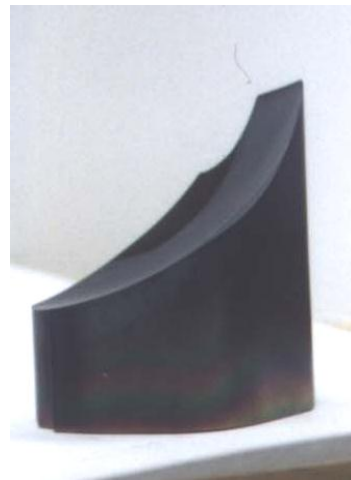
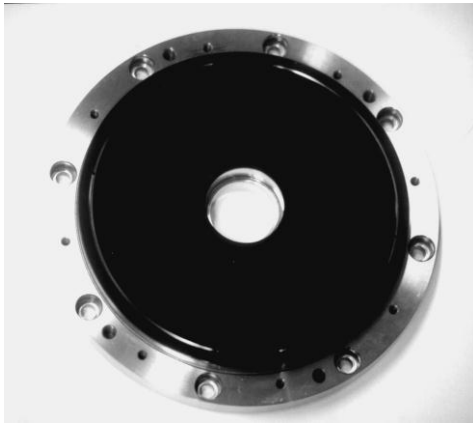


圖 1 類鑽碳薄膜披覆於 PC 射出模具上之應用