光華璀璨　林諭男沉浸於鑽石世界

書香聊天室

淡江學術圈：學術研究人員專題報導

光華璀璨　林諭男沉浸於鑽石世界

研究緣起

夢想的萌發來自興趣與際遇

一跨進鑽石世界就是20餘年，長年研究於鑽石薄膜的物理系教授林諭男既興奮又謙虛地分享說：「從最初興趣的萌發，到現在，一路上伴隨且激勵我的，就是你所看到的這點成果。長期投入研究沒有訣竅，堅持下去就對了！」一切都在興趣與際遇交織下誕生的。獨鍾於物理的種子早在高中就播下了，物理是變化多端且亟需邏輯概念的一門課，緣份讓他遇見啟蒙良師，興趣就慢慢延伸成未來的路。

林諭男認為從事研究是一個自我學習的過程，他大幅擴充自己的研究智庫是在攻讀博士的學涯時，並評估自我能力能夠做什麼研究。這時的他，總是為了獲取新知而跟學長討論趨勢所在，好奇心驅使著他以申請國科會計畫為目標，並經常出席國際會議，以求與世界接軌，從中剖析出哪些科技是具有發展或工業化的潛力。

研究主軸

超奈米晶鑽石薄膜

提到林諭男的研究主軸：「超奈米晶鑽石（Ultrananocrystalline diamond, 簡稱UNCD）薄膜」，他打趣地說：「這是『能屈能伸』非常有趣的薄膜材料，應用上極具彈性。」

UNCD薄膜擁有非常特殊的微結構，由於晶粒極小，因此薄膜表面非常平滑，擁有極低的摩擦係數，成為極佳潤滑材料，適用於如軸承、滾珠螺桿等元件之表面鍍層。若在鍍膜電漿中，加入少許氫氣，便可大幅提升UNCD的硬度。因為絕緣電阻高，又擁有高熱傳導率，是絕佳散熱材料。因為既能絕緣（製作傳輸導線需要）又能散熱，所以是LED及CPU等IC元件最理想的封裝材料。

UNCD薄膜具有某種程度的導電性，然而導電率不夠高，無法像奈米碳管般，成為良好的場發射電子源。林諭男便致力提升其導電性：「利用氮氣電漿取代氬氣電漿成長鑽石薄膜，在適當條件下可以得到針狀奈米晶粒，是具有非常高的電導率」。可以不加溫就產生電子！而一般熱燈絲式的電子源，則需加熱至上千度才能產生電子。

研究歷程

慎選方向 持續改進 決心攻頂

提到從事研究的首項難題，林諭男表示：「在特定領域上要比一般人卓越，慎選研究專長是重點！」他認為很多研究可能具有發展潛力卻非自己能力所及，「我讀的是材料博士，雖然當時人造衛星是非常具有前景的，但我選擇自己的專長。」而訂定研究題目後才是考驗的開始，持續力是一個研究人員的致勝關鍵。

選擇鑽石薄膜為研究只是個開端，成果的關鍵是在研究方向的切入點。多種合成方法中，林諭男選擇用微波電漿法合成鑽石薄膜，他解釋：「一切的選擇機緣都發生在清華材料中心做研究時，發掘了鑽石薄膜的未來性，那時候中心給了我一筆錢，讓我去研究，我提出的要求就是一臺微波電漿鑽石薄膜機臺，這一投入，半甲子歲月就過去了。」

這段日子，林諭男不斷地研究他人的成果，他山之石可以攻錯，他希望從中找出缺失後，不斷進行測試，尋找改善的可能性，不管是學術上或是應用上，林諭男都渴望精益求精。他興奮地說：「這項技術可利用在顯示器上，新一代顯示器需要用到扁平的場發射源，當初就是對平面顯示器有興趣，因而延伸到改良其性質，並發現場發射電子源是關鍵材料。想起過往研究的鑽石薄膜特性，因而將薄膜印長在電子源上。」林諭男的研究就像被點燃的引信，如火如荼地展開了。

他思考著如何讓鑽石薄膜更有效率的發射電子，不知不覺中就超越了前人文獻裡的數據記載。受到鼓舞的林諭男發表多篇論文，並持續改良，他已超越自我。而期許自己不斷突破，成了他研究背後的動力與推手。每次的期刊發表及參與國際會議都是他邁向成功的中繼站，林諭男欣慰地分享：「期刊及研討會是讓我埋首研究而不會感到孤獨的舞台。」

研究成果

揭開鑽石薄膜的秘密

林諭男揭開了鑽石薄膜的秘密：「很多人都會以為鑽石薄膜的成本大部分來自材料，而其製成是利用甲烷長出來的，成本實際落在生長的速度甚慢這一環。」因為不斷地精進與研究，林諭男利用電漿使鑽石薄膜導電性及發射電子的效果皆優於他人，並建立起自己的學術招牌。

林諭男笑道：「10月7至9日我受邀至成功大學參與IEEENMDC國際研討會，IEEE是國際上工程界最大的學術團體，其研究範圍擴及半導體、機械及超聲波元件等，很榮幸大會找我主持其中一天的奈米鑽石研討議程，顯示鑽石薄膜的遠景是被看好的！」結束臺南的發表後，立即回本校舉辦鑽石薄膜應用研討會，這一天的研討會代表的是20餘年來辛勞的結晶。

林諭男的研究申請了多項專利，多半集中在導電性的鑽石薄膜。其中兩項是關於如何做到導電性鑽石薄膜，另一項是與應用相關。他說：「一整項配套的專利若被廠商看

中時，即使整套配置給了廠商，但專利都還留在本校。在研究有所成果的同時也能回饋淡江，甚而獲取更多經費以協助其他相關研究，就更理想了。」

展望與契機

林諭男深信科技來自於人性。在平板電腦與智慧型手機普及的現在，鑽石薄膜可說是亮眼的明日之星，碳家族中的它除了能長大成為亮晶晶的「寶石」之外。在工程上，鑽石薄膜擁有的優越特性，具有無限應用潛力，如高導電性UNCD薄膜可用來開發「場發射平面顯示器」，以取代並改良現今使用的平面電視、筆記型電腦螢幕等。

我們知道，人體中缺少多巴胺與煙□胺腺嘌呤二核□酸(NADH)，會引發帕金森症或阿茲海默症。高導電性的UNCD薄膜，有著非常好的生物相容性與化學安定性，並且有優異的電化學性能和長期化學穩定性，可用於檢測多巴胺與NADH具高靈敏度及高鑑別率。

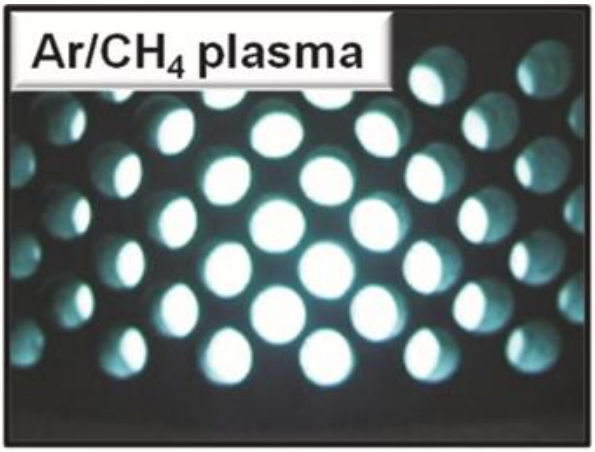
再者，重金屬□染是現今工業化社會最重要的環保議題，氮摻雜高導電性UNCD薄膜對重金屬□染的檢測，有高靈敏度，且電化學法是既便宜又可靠的檢測法。

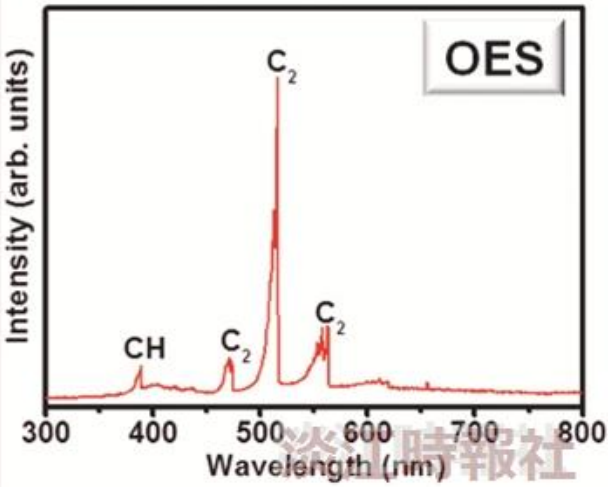
鑽石薄膜可以說是「碳系家族」中最具有商業價值的，也是未來「碳系材料」的紀元中，最令人矚目的材料。對熱愛研究的林諭男教授而言，他的堅持始終如鑽石閃耀璀璨光芒！

淡江時報社

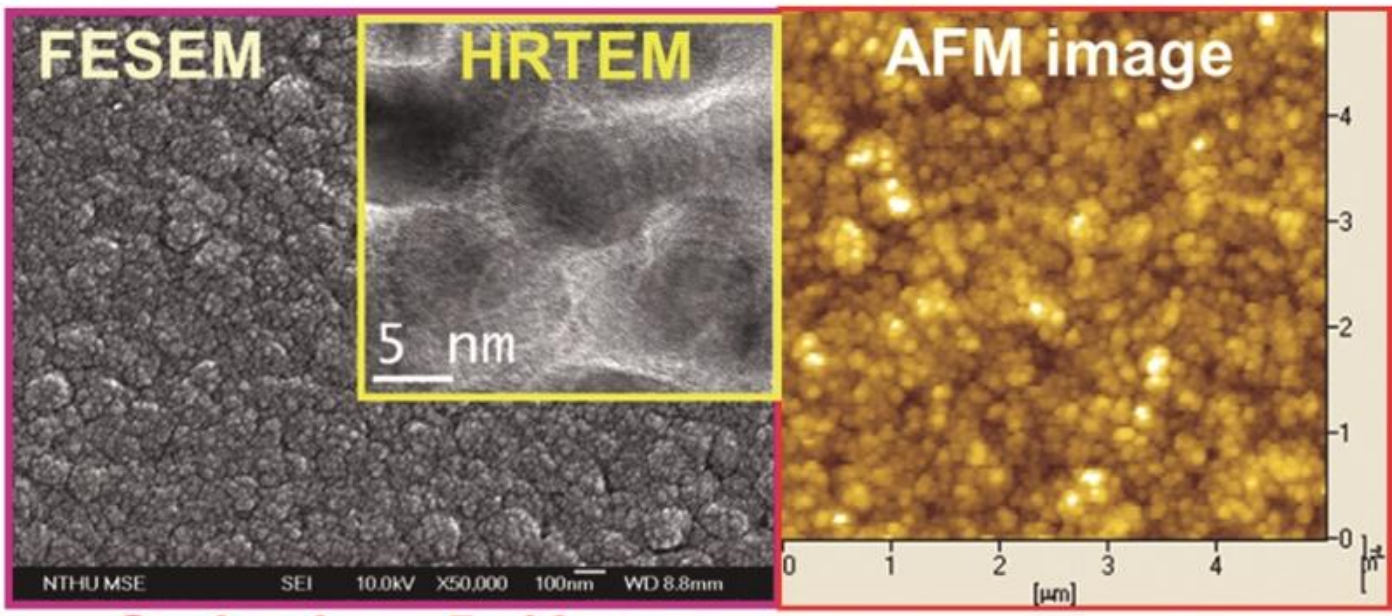
淡江時報社

MPECVD-IPLAS


Ar/CH4 plasma


OES
Intensity (arb. units)
C2
CH
C2
C2
300
400
500
600
700
800
Wavelength (nm)

淡江時報社



Grain size ~5–10 nm

Roughness < 2nm

淡江時報社