

清華研發全球最亮量子光源 具自我修復力



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

2021 首頁故事

清華研發全球最亮量子光源 具自我修復力

鈣鈦礦量子點是量子光源的明日之星，但卻有穩定性不足的障礙難以跨越。本校材料系林皓武教授透過自行開發的噴霧合成法，在僅有 10 奈米的鈣鈦礦量子點上均勻地長出一層有機保護層，研發出穩定性極高，還有自我修復能力的量子點。它產生的單光子亮度更打破世界紀錄，成為室溫條件下最亮的量子光源材料，可望引領未來量子通訊及量子計算應用的重大突破。

這項重大突破是由林皓武指導博士生，及與本校物理系褚志崧副教授、美國西北大學化學系夏勒（Richard Schaller）教授跨國合作共同完成。

林皓武教授指出，比起其他的量子光源，鈣鈦礦量子點可在室溫下實現單光子放光，且具有高量子產率、高色純度等優良的光學特性，可應用在高速的計算、通訊及螢幕，近年來在國際材料研究領域受到極大的關注。但它的缺點就是壽命不長，激發發光後只能存活數分鐘，成為應用上難以突破的障礙。

其他研究單位過去製備鈣鈦礦量子點的方式是直接將兩種溶液注入混合，林皓武教授研究團隊則獨家研發噴霧合成法，大幅增加兩種溶液的接觸表面積，可在量子點外表包覆一層均勻的有機保護層，在連續 24 小時的高強度激發下，仍維持高亮度，一舉解決了鈣鈦礦量子點穩定性不佳的問題。

林教授指出，用這種噴霧合作成法製備的鈣鈦礦量子光源，只要用其他量子光源約 1% 的能量激發，它的單光子亮度就能達到每秒 900 萬光子數，已創下世界紀錄，成為史上最亮的光子源；此外，它的高單光子純度也高達 98%，兼具高亮度、高純度及高穩定度等眾多優點。

更令人驚喜的是，林皓武教授表示，以此方式製備的鈣鈦礦量子點還具有獨特的自我修復能力，在極高強度雷射的激發下遭到損壞、亮度衰退後，只要休息幾分鐘，就能重新恢復原來的高亮度。這項研發成果最近登上國際期刊 ACS Nano 後，並被選為封面故事，立即引發研究社群熱烈討論，將這種可以不斷再生的鈣鈦礦量子光源比喻為「黑科技」。

林教授解釋，如果將製備量子點晶體的程序比喻為包水餃，過去科學家一直碰到水餃破皮的問題，有人只好改用不同材料的水餃皮，也有人想辦法把水餃皮包厚一點、或包兩層，「我做的事很簡單，就是不斷改良包水餃的手法。」林教授謙虛地說。

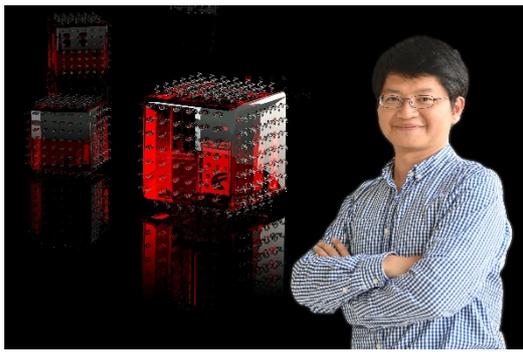
林皓武教授指導的博士生許博惟也是這篇論文的第一作者。他還記得第一次看

到量子點竟能自我修復的神奇時刻，「當被強度激發的量子點經過一段時間的實驗，亮度逐漸衰減後，我忙著從顯微鏡裡尋找下一顆量子點來做實驗，沒想到剛才已經暗淡的那顆量子點竟然又重新發光，我原本還不敢相信，趕快報告老師。」一次又一次的反覆實驗終於證實，量子點能自我修復並非神話。

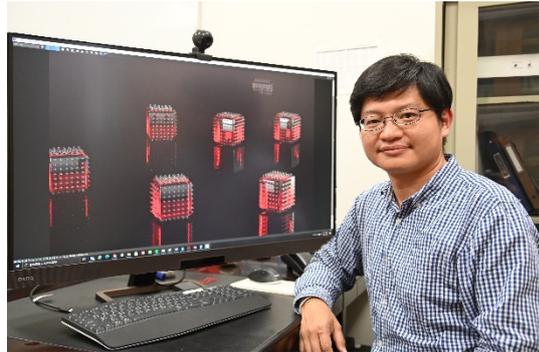
林皓武教授研究團隊的另一位博士生莊詠棠則致力於提升團隊研發出的鈣鈦礦量子點應用，研發出最新的量子加密亂數產生器，通過美國國家標準暨技術研究院的15項「真亂數」檢驗。量子點等關鍵技術已取得台灣專利，正申請美國專利中。

量子光源性能比較

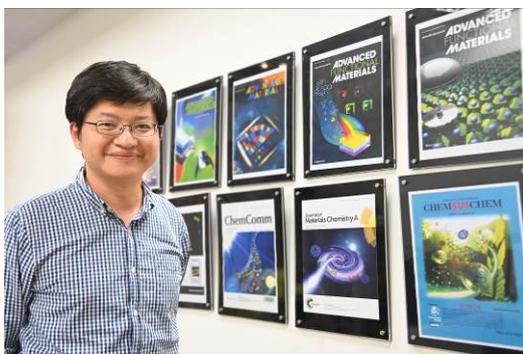
量子光源種類	單光子亮度 (光子數/秒)	單光子純度	激發所需能量 (與鈣鈦礦相比)	操作溫度
林皓武教授 鈣鈦礦	900 萬	98%	1 倍	室溫
三五族 或二六族 半導體	約 10 萬	80~90%	5-10 倍	-269°C 低溫
鑽石或 二維材料	約 700 萬	60% ~ 90%	1000-10000 倍	室溫



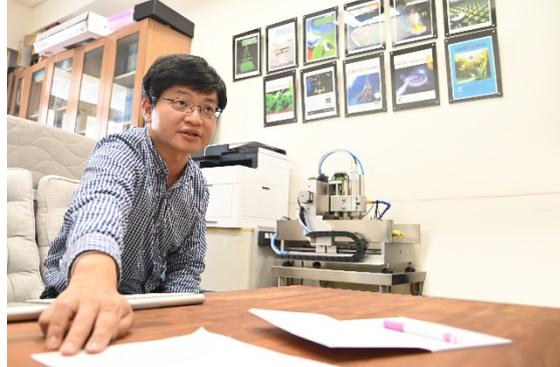
本校材料系林皓武教授研發室溫下全球最亮量子光源



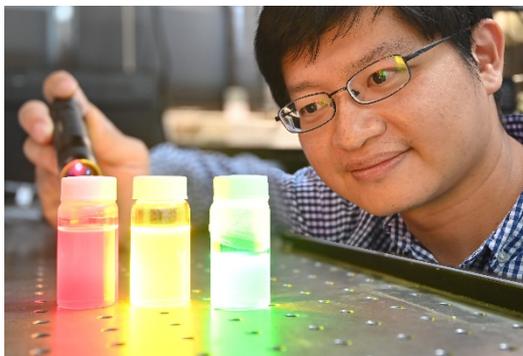
本校材料系林皓武教授研發室溫下全球最亮量子光源



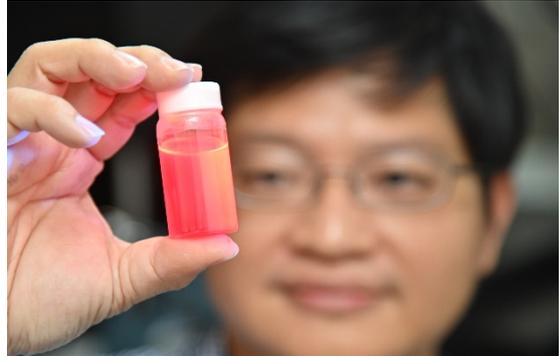
本校材料系林皓武教授研發室溫下全球最亮量子光源



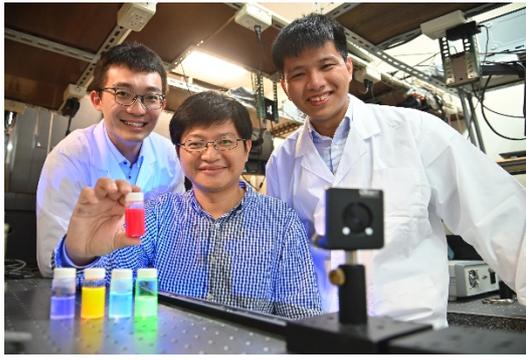
本校材料系林皓武教授研發室溫下全球最亮量子光源



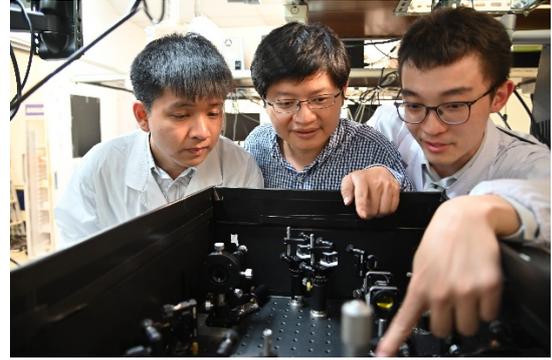
本校材料系林皓武教授研發室溫下全球最亮量子光源



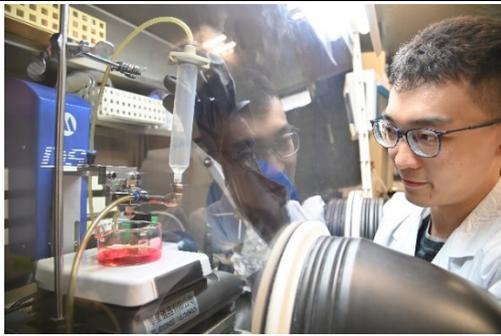
本校材料系林皓武教授研發室溫下全球最亮量子光源



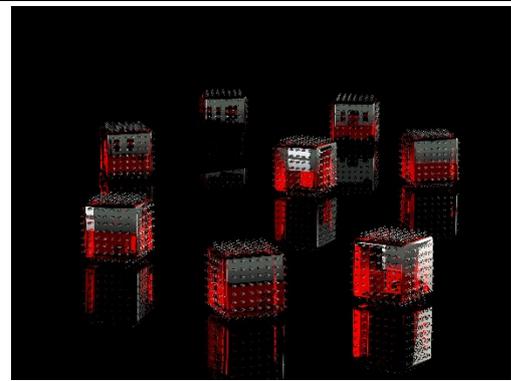
本校材料系林皓武教授指導博士生許博惟(左)、莊詠棠(右)研發室溫下全球最亮量子光源



本校材料系林皓武教授指導博士生許博惟(右)、莊詠棠(左)研發室溫下全球最亮量子光源



本校材料系博士生許博惟用噴霧合成法來製備鈣鈦礦量子點



本校材料系林皓武教授研發的鈣鈦礦量子點表面有層有機保護層，還有自我修復能力



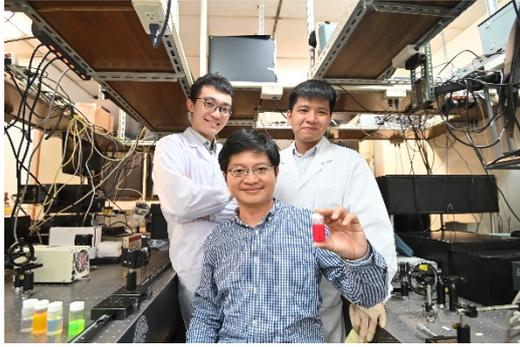
本校材料系博士生許博惟用噴霧合



用噴霧合成法來製備鈣鈦礦量子點可

成法來製備鈣鈦礦量子點

增加接觸表面積，在量子點外表包覆一層均勻的有機保護層



本校材料系林皓武教授指導博士生許博惟(左)、莊詠棠(右)研發室溫下全球最亮量子光源