

清大研發紅磷新材料

造出更小的「海量」電池



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

2017 首頁故事

清大研發紅磷新材料 造出更小的「海量」電池

手機等 3C 電子產品當道，如何做出體積更小、電量更高的電池，是許多科學家最想取得的突破。本校化工系段興宇教授團隊研發出全新電池材料「摻碘的紅磷奈米粒子」，理論電容量是目前鋰離子電池中使用的負極材料--石墨的 7 倍，耗材則只要六分之一。它不但衝破了鋰電池充電量的天花板，還大幅延長電池續航力，為電池研究立下新里程碑。

段興宇教授團隊不僅研發出這項全新電池材料，還用它做出全球第一個紅磷為負極的全電池，也就是可實際使用的電池。這項傑出的研究成果近期登上了奈米科學標竿期刊 Nano Letters，而美國化工界影響力最大的科普雜誌「美國化學化工新聞」(C&EN news) 還特別撰文報導。

段老師表示，鋰離子電池廣泛使用於 3C 商品，但它的電容量、也就是一次充電能使用的量遲遲無法再提升，關鍵在於負極所使用的石墨材料電容量已達極限。過去雖有學者想研究以理論電容量達石墨 7 倍的磷來替代石墨，但苦於磷雖然可蓄存的電量高，但它幾乎不導電、如同絕緣體，且即使好不容易把電充進去，只要充放電幾次，磷材料就會因急劇膨脹而破碎。還有科學家試著混合磷與碳，然而一旦稀釋掉磷，充電容量也難大幅提升。

段老師的研究團隊耗時一年多，實驗過數百種材料後，終於發展出溶液合成法，使用三碘化磷為原料，在室溫下只要 5 分鐘就可合成出「摻碘的紅磷奈米粒子 (Iodine-Doped Red Phosphorus Nanoparticles)」，電導率瞬間提升為原來紅磷的 100 億倍，且這種新材料在經過數百次的充放電後，仍然穩定不破裂。

段老師指導的博士生張維中，也是此論文的第一作者透露，成功的關鍵在於「反向思考」。他說，以往研究人員在嘗試合成奈米磷化物時，多使用要在高溫下才能釋放磷的前驅物，然而經過他們的試驗，這類的前驅物在高溫下，並無法讓磷單獨形成奈米材料。但在一次偶然的實驗中，他試用沸點較低的前驅物：三碘化磷，產生意想不到的好效果，從此重新設計實驗系統，成功在室溫下製造出摻碘的紅磷奈米粒子，這也是全球首例在室溫下合成出紅磷的奈米材料。

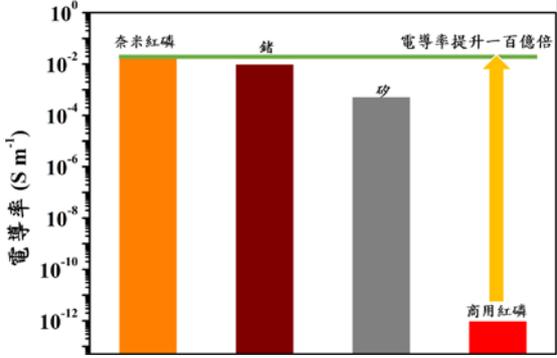
張維中隨即示範這項看來十分簡單的實驗，把黑色的碘化磷溶液，加入到含有界面活性劑的還原溶液中，經劇烈攪拌後，很快呈現出極明亮鮮艷、橘紅色的新紅磷材料，乾燥後成為粉末狀，就可用於製造鋰離子電池的負極。張維中還因此愛上橘紅色，在實驗室也常穿著橘紅色的襪子。

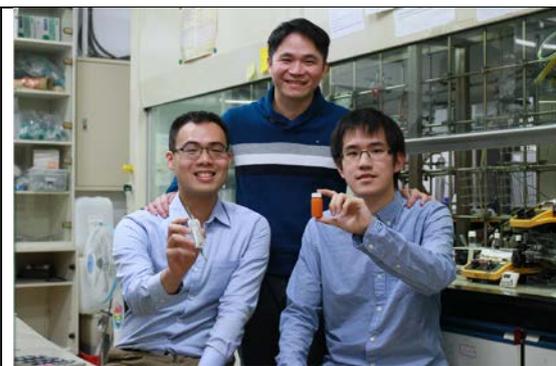
團隊中的化工所碩士生曾冠維說，這項實驗彷彿是在茫茫的化合物大海中尋找一

組最佳組合，載浮載沉、失敗數百次，因此，當得知「配對」成功的瞬間，感動難以言喻。

段老師表示，磷是地表上最豐富的元素之一，便宜易取得，使得新材料的潛力無窮，以最新的蘋果手機 iPhone 7 為例，目前使用的電池負極的石墨耗重約為 6 公克，若改用摻碘的紅磷奈米粒子，僅須不到 1 公克即有同樣的電容量，做出更小、更輕、續航力更佳的新材料電池。

段興宇老師研究團隊已著手申請「摻碘的紅磷奈米粒子」的多國專利，未來還將嘗試把摻碘的紅磷奈米粒子應用在鈉離子電池上，可降低大型儲能電網的成本與提高其可用的電容量，為新一代電池研發帶來革命性的突破。

	
<p>奈米紅磷的電導率高於半導體鍺、矽，更是商用紅磷的 100 億倍。此為商用紅磷和半導體鍺、矽的電導率之比較示意圖。</p>	<p>奈米紅磷的粉末</p>
	
<p>化工系段興宇教授團隊研發出全球首例，以摻雜碘的奈米磷為負極，做出的軟包型全電池</p>	<p>段興宇教授研究團隊耗時一年多，實驗過數百種材料後，發現使用三碘化磷為原料，在室溫下只要 5 分鐘就可合成出「摻碘的紅磷奈米粒子」。</p>



段興宇老師（中）與論文第一作者張維中（右）、第二作者曾冠維（左）