

新加坡國立大學歐陽建勇教授《JMCA》：具有高離子熱電性能的類固態離子凝膠

2020-05-17 高分子科學前沿

熱電材料可以用來直接將熱能轉換成電能。因此它們對人類的可持續發展有很重要的意義。**高效的熱電材料應該有高的熱電壓，高的電導率和低的熱導率。**傳統上的熱電材料是電子或是空穴作為載流子的電子材料。近年來，離子熱電材料（例如聚合物電解質和離子液體）由於具有比電子熱電材料高幾個數量級的熱電壓而受到廣泛關注。但是，離子熱電材料的電導率卻遠低於後者，因而其實際應用受到極大的限制。離子熱電材料的熱轉換效率取決於離子熱電轉換優值（ZTi）。最近，新加坡國立大學歐陽建勇教授課題組開發了一種由離子液體和二氧化矽（SiO₂）納米顆粒構成的類固態離子凝膠。該離子凝膠兼具高的離子塞貝克係數（14.8 mV/K），優良的離子電導率（ $4.75 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$ ），和高功率因子（ $1040.4 \mu\text{W/m/K}^2$ ）。同時，得益於該離子凝膠較低的熱導率（ 0.21 W/m/K ），其室溫離子ZTi高達1.47。該ZTi幾乎是文獻報道離子熱電最高優值的兩倍，是目前最高的離子ZTi。

本文研究了三種離子液體和不同尺寸SiO₂納米顆粒組成的複合體系，其構成的離子凝膠都具有典型的凝膠流體性質。其凝膠行為源於SiO₂納米顆粒形成的固體網絡和離子液體相的相互作用。以離子液體EMIM-DCA為例，離子液體中C≡N鍵由於具有較高的極性而傾向於與SiO₂表面的羥基相互作用，因而易於形成穩定的類固態凝膠結構。

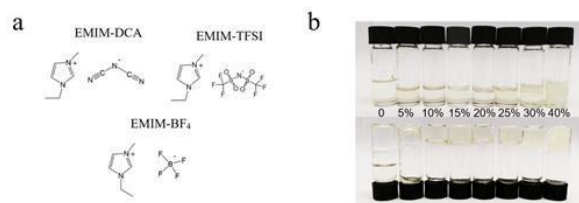


圖1. a為三種離子液體的化學結構式，b為不同含量的SiO₂與EMIM-DCA組成的複合體系/離子凝膠照片。

研究表明，少量的SiO₂納米顆粒可以顯著提高離子凝膠的離子電導率，在含量為20%時，其最優離子電導率可達 $4.75 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$ 。這是由於SiO₂納米顆粒表面的路易斯酸基團與離子液體的離子之間的相互作用而導致。這種相互作用在一方面有助於離子液體的正離子和負離子解離；另一方面促進形成更多的自由空位，從而建立高速離子遷移通道。因此，離子凝膠的離子的遷移率得到有效增強。然而，過量的納米粒子容易團聚而阻礙離子傳輸路徑，因此進一步添加SiO₂會降低離子電導率。

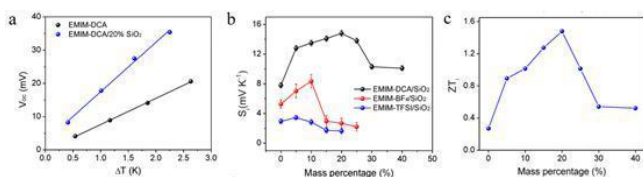
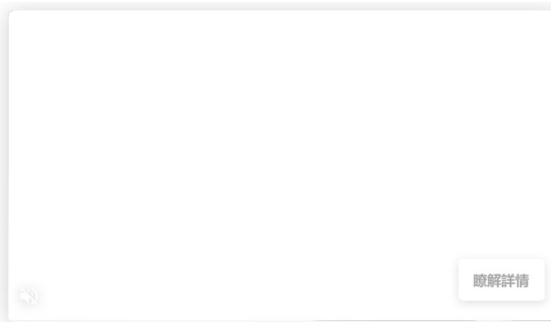


圖2. a純EMIM-DCA和EMIM-DCA / (20%SiO₂) 離子凝膠的熱電壓Voc和溫差T的關係。b三種不同ILs的離子凝膠的離子塞貝克係數對SiO₂/離子液體質量百分比的依賴性。c ZTi隨SiO₂/離子液體質量百分比的變化。

溫度梯度下的離子擴散涉及系統的焓和熵的變化，離子液體的高離子塞貝克係數可以通過熱力學來理解。由於熱電壓與正離子和負離子的熱泳遷移率之差成正比，升高溫度會增加正負離子的遷移率差，進而增強熱電壓。與電子型熱電材料相比，離子液體/SiO₂離子凝膠具有更好的熱電性能。EMIM-DCA/ (20%SiO₂) 離子凝膠的離子功率因子為 $1040 \mu\text{W/m/K}^2$ ，遠高於其他離子導體。同時，離子凝膠室溫ZTi高達1.47，大約是文獻報道離子熱電材料最高優值的兩倍。它們也證明了這些離子性熱電材料在熱電轉換的應用。這些離子型熱電材料用於構建為離子熱電超級電容器（ITESC），可以將熱量轉化為電能。



①

本文首次報道了離子液體和SiO₂納米顆粒製成的類固態離子凝膠具有優異的離子熱電性能。同時，離子凝膠可用於構建ITESC進行有效熱電轉換和利用。此項工作為新型離子熱電材料的探索以及離子熱電轉換提供了新思路。歐陽建勇教授是該工作的通訊作者，何旭博士是第一作者，程漢霖博士是該工作的共同通訊作者。

參考文獻：

Xu He, Hanlin Cheng, Shizhong Yue, Jianyong Ouyang. Quasi-Solid State Nanoparticle/(Ionic Liquid) Gels with Significantly High Ionic Thermoelectric Properties. Journal of Materials Chemistry A, 2020, <https://doi.org/10.1039/D0TA04100A>.

高分子科學前沿建立了「凝膠」等交流羣，添加小編為好友（微信號：MaterialsFrontiers，請備註：名字-單位-職稱-研究方向），邀請入羣。

來源：高分子科學前沿

---納米纖維素找北方世紀---



微信加羣：

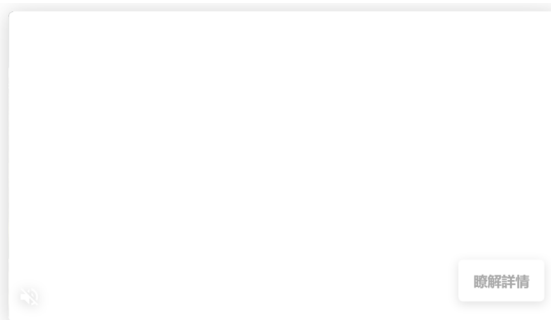
「高分子科學前沿」匯集了20萬高分子領域的專家學者、研究/研發人員。我們組建了80餘個綜合交流羣（包括：教師羣、企業高管羣、碩士博士羣、北美、歐洲等），專業交流羣（塑料、橡塑彈性體、纖維、塗層黏合劑、油墨、凝膠、生物醫用高分子、高分子合成、膜材料、石墨烯、納米材料、表徵技術、車用高分子、發泡、聚酰亞胺、抗菌、仿生、腫瘤治療）。

添加 小編 微信（務必備註：名字-單位-職稱-研究方向）

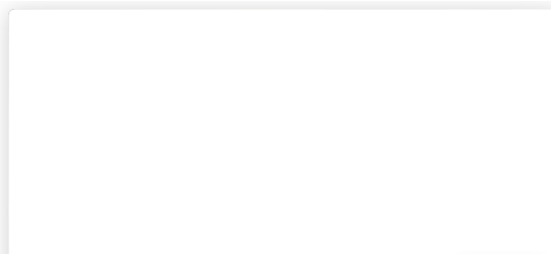
我們的微博：高分子科學前沿，歡迎和我們互動。

我們的QQ交流羣：451749996（務必備註：名字-單位-研究方向）

投稿 薦稿 合作：editor@polysci.cn



①



①