

中大利用护肤霜成分研发一款安全、环保且具有稳定高电压的水系锂离子电池

由香港中文大学(中大)机械与自动化工程学系副教授卢怡君教授领导的研究团队最近为水系锂离子电池研究了一款新型的电解液,它的材料成本低且不易燃、毒性低、相对环保,更重要的是新型电解液应用到电池中能提供稳定的电压作日常使用,朝改善水系锂离子电池的性能迈进了一大步。研究结果已刊登于国际期刊《自然材料》。

锂离子电池的未来:从易燃有机液到安全水系

全球的经济以及人类的日常生活一直依赖于各类型电子设备,例如手机和笔记本电脑等等,而锂离子电池因为能提供相对稳定的能量,而且可以再充电重复使用,成为了这些可充电式电子产品的核心要素。然而,制造锂离子电池的主要材料之一是有机电解液,即使经过多年改良,这些电解液仍然含有毒性及高度易燃,有机会引发严重的安全问题——早年三星Note7手机爆炸、锂离子电池在波音公司787新型客机起火等事故就是其中的例子。

科学界近年深入研究以水系电解液取代传统有机电解液,因水的特质可解决易燃问题。然而,水系锂离子电池一直有个弊病,就是其电池电压和能量密度受到水电解限制。当电压高于1.23伏特,电解液中的水分子便会分解为氢气及氧气,大大影响电池运作及电压输出。增加水系电池电压的新兴做法是利用高浓度锂盐(每公斤21至55摩尔)制造人工固体电极界面及减少自由水含量,以改善水的稳定性,然而这个方法引起了对成本和毒性的忧虑。

卢教授的研究团队在先对水系锂离子电池的研究基础上,利用生物界「分子拥挤」(molecular crowding)现象,采用聚乙二醇(PEG)作为水系电解液的稳定剂,以大幅减少电解液有毒锂盐/离子化合物的浓度。

「分子拥挤」现象常见于生物细胞,当大

分子(例如蛋白质、复合糖、多醣等)或亲水小分子(代谢物、渗透物质等)的浓度达到一个高水平,溶剂分子的某些特性便会被改变。例如在高浓度复合糖的环境,水中的氢键结构会被改变,导致水分子活性大大降低。

受启发于「分子拥挤」现象,卢教授团队利用聚乙二醇取代高浓度锂盐/离子化合物,在电解液拟造出「分子拥挤」现象,以抑制水分子活性。聚乙二醇是一种水溶性聚合物,易于掺入含水溶液中,它也是许多护肤霜和润滑剂的原料,在一些牙膏及食品和饮料中亦会看见它的踪影。

通过使用这种稳定剂,并以锰酸锂(LiMn_2O_4)为正极、钛酸锂($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)作负极材料,卢教授的研究团队成功地在低盐浓度(2m)的情况下把电解液的稳定电压窗口扩大到3.2伏特。经过300次充放电,该水系电池的能量密度稳定在每公斤75至110瓦特小时。结合溶胶凝胶包覆锂金属负极的方法,该水系电解液可将电池电压进一步扩大到4.0伏特(如图a所示)。电化学质谱显示,水系锂离子电池的常见问题,包括析氢/氧的化学反应,基本上都能被消除。实验表明该水系电解液接触明火后不可燃,其安全性相对于商用电解液有了大幅提高(如图b所示)。这项工作为设计用于低成本及可持续储电系统的高电压水系电解液提供了另一途径。

卢教授表示:「这款新型电解液更让许多本来在传统水系电解液中不能使用的电极

材料发挥其作用。是次研究结果为设计拥有高电压及高稳定性的水系电解液提供了一个全新的平台,有助于研发更安全、低成本、环保的储电系统。」

关于卢怡君教授

卢教授2007年于台湾国立清华大学取得材料工程学系本科学位,并于2012年在美



卢怡君教授