

图:腔室1,生长由钽金属制成的纳米颗粒,单个钽原子聚集在一起,类似雨滴;腔室2,对纳米粒子进行质量过滤,去除过大或过小的纳米粒子。腔室3,沉积一层纳米颗粒,然后用孤立的硅原子“喷射”,形成硅层。重复此过程以创建多层结构。

新的研究解释了在一个临界厚度处刚度突然增加的原因。通过显微镜技术和原子水平的计算机模拟,研究人员发现,当硅原子沉积在纳米颗粒层上时,它们不会形成均匀的薄膜。相反,它们形成了倒锥状的柱,随着沉积的硅原子越来越多,柱越来越粗。终,单个硅柱相互接触,形成拱形结构。

阶段,硅薄膜刚性但不稳定的柱状结构;第二阶段,柱顶部接触,形成坚固的拱形结构;第三阶段,硅原子进一步沉积形成海绵状结构。红色虚线显示硅受力时的变形。

OIST的Grammatikopoulos博士说:“拱形结构很坚固,就像土木工程中的拱门一样坚固。同样的概念也适用于纳米尺度。”

重要的是,结构强度的提高也与电池性能的提高相吻合。当科学家们进行电化学测试时,他们发现锂离子电池的充电容量增加了。保护层也更稳定,这意味着电池可以承受更多的充电周期。

这种拱形结构及其独特性能不仅揭示了锂离子电池硅阳极走向商业化的重要一步,而且在材料科学领域也有许多潜在应用。

Grammatikopoulos博士说:“拱形结构可以在需要坚固且能承受各种应力的材料中使用,例如用于生物植入或储存氢气。只需改变层的厚度,你可以根据所需材料软硬jingque地做出来。这就是纳米结构之美。”

铅基阳极让古老的铅焕发青春

锂离子电池的工作原理是充电时将锂离子注入阳极,放电时将锂离子取出。现在的石墨阳极可以运行数千次这样的充放电循环,但似乎已经达到了能量储存能力的极限。

美国能源部(DOE)阿贡国家实验室的科学家报告了一种新的锂离子电池电极设计,它使用低成本的材料铅和碳。这一关键发现的贡献者还包括西北大学、布鲁克海文国家实验室和蔚山国家科学技术研究所(UNIST)的科学家。

阿贡化学科学与工程(CSE)部门材料科学家Eungje Lee说:“我们的研究对设计低成本、高性能、可持续发展的锂离子电池具有令人兴奋的意义,可以为混合动力和全电动汽车提供动力。”

他们将铅作为一种有趣的替代石墨的阳极材料。铅之所以特别有吸引力,因为它丰富和廉价。此外,由于铅酸蓄电池为汽车提供辅助动力的历史悠久,拥有完善的供应链,是世界上回收利用多的材料之一。美国目前的铅回收率是99%。

Lee补充说:“我们的新阳极可以为目前从事铅酸电池制造和回收的大型行业提供新的收入来源。”

该小组的阳极不是一块普通铅板,而是无数具有复杂结构的微观粒子:铅纳米粒子嵌入碳基体中,被一层薄薄的氧化铅外壳包裹。虽然这种结构听起来很复杂,但研究小组发明了一种简单、低成本的制造方法。

据介绍,其方法是将大的氧化铅颗粒与碳粉混合,摇动几个小时,直到它们形成具有所需核壳结构的微观颗粒。对实验室电池进行的100次充放电循环试验表明,这种新型铅基纳米复合阳极的储能能力是现有石墨阳极的两倍(按相同重量标准化)。在循环过程中,它可以实现稳定的性能,因为小颗粒尺寸减轻了应力,而碳

基体提供了所需的导电性,并在循环过程中起到了防止破坏性体积膨胀的缓冲作用。研究小组还发现,在标准电解液中加入少量的碳酸氟乙烯酯可以显著提高性能。

研究人员在芝加哥大学运营的GeoSoilEnviro辐射源中心(GSECARS)的Argonne光子源上研究了阳极的充放电机制。通过同步辐射X射线衍射,他们能够跟踪阳极材料在充放电过程中的相变化。这些表征结果与西北大学原子和纳米尺度表征中心和布鲁克海文能源部用户设施国家同步辐射光源II收集的结果相结合,揭示了在充电和放电时铅和锂离子之间发生的一种以前未知的电化学反应。

Lee说:“这一基本观点可能对理解铅和硅阳极的反应机理很重要。硅阳极是另一种低成本、高性能的下一代锂离子电池候选材料。我们的发现挑战了目前对这种电极材料的理解,也为设计低成本、高性能的运输和固定储能用阳极材料(如电网备用电源)提供了令人兴奋的启示。”