

·封面故事·

发电衣的原型——纤维纳米发电机问世

本刊编辑部

能源、信息、材料是人类文明的三大支柱领域,而纳米科学与技术将这些领域成功地融合在一起,成为新世纪最重要并且是最富有生命力的一个科技领域。目前的纳米科技已经从早期对纳米材料的结构和基本物理化学特性的研究发展到利用纳米材料的优良特性来有目的地制造纳米器件,从而更好地为人们的生产生活服务。各种各样的纳米器件纷纷被制造出来,纳米传感器、纳米电动机甚至纳米机器人等先后进入人们的视野。但与此同时,给这些微型化、集成化的先进纳米器件提供能量的仍是一些传统的电源,如电池等。开发出纳米尺度的电源系统将纳米器件的进一步小型化、集成化提供基本的能源基础,具有划时代的重要意义。

继2006年和2007年相继成功开发出直流纳米发电机后,美国佐治亚理工学院(Georgia Institute of Technology)王中林研究小组在纳米发电领域再次取得突破性进展。他们通过将氧化锌纳米线生长在弹性纤维上,成功将纤维的低频震动转化为电能。这项研究成果发表于2月14日出版的《自然》杂志之上。审稿人高度评价了该工作“这是一具有突破性,很有创意的研究……作者的思路是革命性的。”这一发明为纳米发电机在生物技术、纳米器件,个人便携式电子设备以及国防技术等领域的的应用开拓了更为广阔的空间。

这项工作仍然是建立在王中林教授于2006年提出的压电电子学(Piezotronics)学科基础上的。由于氧化锌具有独特的半导体和压电性质,弯曲的氧化锌纳米线能在其拉伸的一面产生正电势,压缩的一面产生负电势。氧化锌半导体和金属电极之间的肖特基势垒则能控制电荷的积累与释放,从而实现机械能到电能的转化并有效释放。

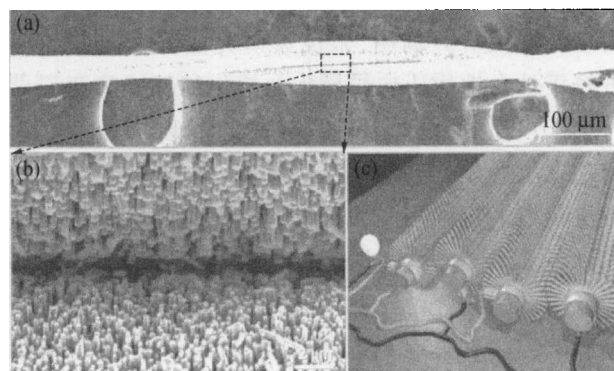
2007年初,王中林研究小组利用这一原理,成功地运用超声波带动纳米线阵列运动,首次实现了能独立从外界吸取机械能,并转变为电能地纳米发电机模型。在超声波的带动下,这种纳米发电机已能产生上百纳安的电流。然而,在实际环境中,机械能却是以低频震动的形式大量存在的,如空气的流动,引擎的震动等等。要使纳米发电机能够广泛应用到各个方面,最重要的一个环节就是要降低纳米发电机的响应频率,使纳米线阵列在诸如几个赫兹的低频震动下也能完成机械能到电能的转变。

为了实现这一目标,王中林教授,王旭东博士以及秦勇博士组成的研究小组经过将近一年的研究,终于取得了突破性的进展。他们利用溶液化学方法将氧化锌纳米线沿径向均匀生长在纤维表面,然后运用两根纤维模拟了将低频震动转化为电能这一过程。为了能够实现电极与氧化锌纳米线之间的肖特基接触,他们将一根纤维表面利用磁控溅射镀了一

层金膜作为电极,而另一根表面是未处理过的氧化锌纳米线。当两根纤维在外力作用下发生相对运动时,类似于两个互相挫动的圆柱刷子,表面镀有金膜的氧化锌纳米线像无数原子力显微镜探针一样同时拨动另外一根纤维上的氧化锌纳米线;所有这些氧化锌纳米线同时被弯曲、积累电荷,然后再将电荷释放到镀金的纤维之上,从而实现了机械能到电能的转换。

王中林认为,目前这种由两根纤维组成的纳米发电机的输出功率还很小,这主要是由于纤维的内阻较大以及纤维之间接触面积较小造成的。然而,通过一系列的实验,他们已经为进一步提高这种基于纤维的纳米发电机的输出能量指出了可行的方向。例如,通过在纤维上预先镀一层导电材料然后生长氧化锌纳米线可以明显降低纳米发电机的内阻,进而可以提高纤维基纳米发电机的输出电流;也可以通过增加纤维的数量来提高纳米发电机的输出能量。

这项研究成果是王中林教授继纳米发电机的发明、直流发电机的发明之后在纳米器件能源系统方面的又一重要里程碑。王中林说,相对于之前的直流纳米发电机,这一成果实现了如下突破:首先,通过将氧化锌纳米线生长在纤维之上,这就为实现柔软,可折叠的电源系统(如“发电衣”)等打下了基础;其次,基于纤维的纳米发电机能在低频震动下发电,这就使转化诸如步行、心跳等低频机械能成为可能;再次,由于其合成方法简单,条件温和,这就大大扩展了基于氧化锌纳米线的纳米发电机的应用范围。根据目前的实验数据,王中林估计,如果能用这些纤维编织成布在极端优化的条件下,每平方米这样的布可能输出大约20—80 mW的电能。



(a) 低倍扫描电子显微照片显示两个互相缠绕的、表明长有氧化锌纳米线阵列的纤维,其中一个镀有金。(b) 高倍扫描电子显微照片显示两根纤维界面处的纳米线对纳米线结构。(c) 显示多根纤维组成的纤维纳米发电机的串/并连式连接来提高输出电压/电流。