

实地探访江南石墨烯研究院及江苏石墨烯产业链企业

# 石墨烯产业化应用梦想照进现实

编者按:2010 年 10 月,瑞典皇家科学院将诺贝尔物理学奖授予英国曼彻斯特大学科学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫,表彰他们在石墨烯材料方面的卓越研究。各方期待石墨烯能够大规模商业化应用,如今梦想已经照进现实。

近日,证券时报记者来到中国石墨烯研究和应用领先的江苏省,实地探访了江南石墨烯研究院及石墨烯产业链条上的相关企业。记者亲眼见到了批量化生产的石墨烯粉体,零距离接触石墨烯材料的透明导电薄膜和石墨烯触摸屏手机,以及添加了石墨烯材料的防腐涂料、塑料等一系列的新型材料。

证券时报记者 杨丽花

石墨烯,勾起人们对未来世界的无限遐想,同时也挑逗着资本市场的敏感神经——相关概念股几度成为市场的炒作热点。

日前,证券时报记者走访了位于江苏省的江南石墨烯研究院以及多家石墨烯产业链上的企业。记者采访发现,国内石墨烯粉体和石墨烯薄膜已具备批量化生产能力,特别是石墨烯粉体价格已经降至每克 1~3 元,预计一系列石墨烯的产业化应用即将大规模铺开。

## 石墨烯粉体降至每克3元以下

说到中国的石墨烯产业,不得不提常州第六元素材料科技股份有限公司。第六元素是中国首家实现批量化生产石墨烯粉体的企业。由于第六元素,石墨烯粉体价格得已下降。目前,该公司产能为 50 吨/年,受益市场需求规模扩大,公司计划把产能提高至 100 吨/年。

第六元素董事长瞿研博士告诉证券时报记者:现在,第六元素的石墨烯粉体的价格每吨在 100 万~300 万元不等,大约每克 1~3 元。”

在江苏武进西太湖国际智慧园,证券时报记者参观了常州第六元素的生产车间与实验室,近距离接触到了石墨烯粉体。作为科技含量很高的材料,石墨烯粉体的生产过程中,研发、技术和设备都很重要,生产中的人力成本非常小。年产能 50 吨石墨烯粉体的设备,生产过程中只需要几个工人而已。

所谓的“石墨烯粉体”,实际上就是单层石墨烯和多层石墨烯的混合物。

据介绍,目前公众对石墨烯的理解有些混乱。一些企业或者是媒体报道中虽然号称“石墨烯”,但是事实上可能仅是石墨而已。

事实上,现在全世界对石墨烯也没有一个明确的定义。资料显示,最初的石墨烯仅指一种由碳原子构成的单层片状结构的新材料,是一种由碳原子以 sp<sup>2</sup> 杂化轨道组成六角形呈蜂巢晶格的平面薄膜,是只有一个碳原子厚度的二维材料。2010 年诺贝尔物理学表彰的石墨烯研究指的就是这种材料。

后续研究表明,从电学性质上讲,两层与三层、乃至十层的碳原子也具有各自特殊物理性质,目前 10 层以内的说法逐渐被学术界认可。最近成立的中国石墨烯联盟标准化委员会认定,10 层以内的碳原子材料才属于石墨烯范围。

对石墨烯层数的统一认识,并没有完全解决对石墨烯粉体的定义。江南石墨烯研究院副院长董国材提出:“含量 20% 的 10 层以下的石墨烯不算石墨烯粉体? 这也值得探讨。”

业内专家介绍,现在某些公司号称已经可以生产的“石墨烯”粉体,而样品检测发现为 100 层碳原子上。这些粉体材料只是比传统的石墨粉体在层数上少一些,或者说是层数更小看起来更细的石墨粉。但是对这类粉体深入的研发也随着石墨烯浪潮兴起。对于这种粉体材料目前比较常用的名字是“石墨纳米微片”或者是处于蓬松状态的石墨粉”。

此外,石墨烯本质上就是碳原子的一种形态,以第六元素为代表的石墨烯制备企业采用“氧化还原法”制

备石墨烯,石墨成为最重要的原材料。但是,石墨作为一种非常重要的非金属矿产资源,全世界资源储量约 15 亿吨,其中我国储量约 10 亿吨。而目前石墨烯的计量单位还停留在克、千克、吨这个级别。因此,石墨资源与石墨烯的关联度,其实并不高。

而石墨烯透明薄膜是利用甲烷或者其它气体在铜箔上生长石墨烯,也就是所谓的气相沉积法,这种方法生产石墨烯更是与石墨资源毫无关系。

位于无锡的格非电子总经理张刃说:“1 克石墨烯薄膜,大约相当于 2630 平方米。对于年产值千万的企业,原料成本仅需几十块钱。”在生产车间,张刃指着一罐气体说:这么一罐气,试想一下在这里炒菜也用不了几天,但我们公司用来制造石墨烯薄膜两年都用不完。”

在无锡,证券时报记者参观了石墨烯薄膜生产的全过程。这对石墨烯同行来说,肯定是属于商业机密了。证券时报记者看到,石墨烯薄膜的生产,其实就是把气体通过一系列处理,特别是高温处理,使其生长的铜箔上,大约要两个小时才能长满。石墨烯本身是透明的,对于铜箔来说,上面有没有附着石墨烯,在颜色上仅稍微有一点点差别,一般人很难看出来。

业内人士告诉记者,通过这种方法制作的石墨烯薄膜的尺寸,基本取决于铜箔的大小,石墨烯薄膜的尺寸和技术水平关联度不大。在商业化环境中,探讨石墨烯薄膜的尺寸意义不大,综合的经济成本才是关键性因素。在综合经济成本当中,原材料虽然可以忽略,但是把生产石墨烯以及石墨烯从铜箔上取下来总体来说还是一个复杂的过程,每一道工序都在无尘的环境中完成。

记者参观时也需要穿上特殊的服装和手套,全身上下仅有眼睛暴露在外面。此外,石墨烯薄膜生产过程中,检测检验也是非常重要的程序。

总体来看,目前批量生产石墨烯的方式主要是两种:一种是利用化学气相沉积在金属表面生长出单层率很高,面积很大的石墨烯薄膜材料;一种是将天然石墨通过物理或者化学的方法粉碎,形成石墨烯粉体看起来就是很细的黑色粉末。

也因此,石墨烯的制备分为两种:石墨烯薄膜和石墨烯粉体。国内,现在前者以常州二维碳素科技有限公司、格非电子为代表,后者以第六元素、宁波西为为代表。

## 手机触摸屏打响石墨烯应用第一枪

去年底,全球首款石墨烯材料显示屏的手机在江苏诞生。证券时报记者了解到,已有多家国际知名手机品牌厂商与二维碳素、格非电子等石墨烯薄膜厂达成合作协议,2014 年将有多款采用石墨烯 ITO 膜的触摸屏手机推向市场。

首款石墨烯材料显示屏的手机由无锡爱维特信息技术有限公司研制。该公司 CEO 张婷介绍,该手机与同类产品相比,具有低碳环保、材质纤硬、清晰通透及触控灵敏的特点。

更为重要的是,采用石墨烯材料生产的 ITO 薄膜,成本较之前下降一半。这对于竞争

## 石墨烯应用

- 

### 超级电容器

超级电容器通过在电极表面积累电荷进行充电,具有能量密度大和比充电电池功率密度高的优点,可快速充放电,使用寿命长,有很宽的电压和工作温度范围。
- 

### 离子电池

全新的半导体材料氧化石墨烯将提升锂离子阳极的效能。用石墨烯电极做负电极,动力锂电池的充电时间将从2小时缩短到只有10分钟。
- 

### 透明电极

石墨烯同时具有高平面电导和高透光度,可作为透明电极使用,其高机械强度又使得石墨烯电极极为柔软。电子在石墨烯中的迁移速度比在硅中高10到100倍,具有超级运算速度的集成电路可由石墨烯组成。
- 

### 触摸屏

石墨烯触摸屏合成对环境无害,需要资源很少,并且随着生产工艺不断改进,生产成本有望大大低于传统的氧化铟锡触摸屏。
- 

### 海水淡化

通过精确控制多孔石墨烯的孔径并向其中添加其他材料,改变石墨烯小孔边缘性质,使其能排斥或吸引水分子。这种特制的石墨烯就如同筛子一样能快速过滤掉海水中的盐,只留下水分子。



吴比较/制图

惨烈的触摸屏行业来说,意义非同一般,甚至可能决定生死命运。

张刃介绍:2011 年时,一块 4.5 英寸的石墨烯薄膜在国际市场上要卖到 2 万美元。而现在我们也可以生产了。我们现在基于 ITO 触摸屏技术,把石墨烯透明导电薄膜做成触控感应器,每片出厂价格只要 3 元,而市场上普通材料生产的触控感应器价格在 7 元左右。如果是双层多点的产品,价差就更大。”

据统计,2012 年触控传感器总体出货量达 1200 万平方米,2015 年可能将达到 3600 万平方米。这在一定程度上也展现了石墨烯 ITO 薄膜的市场空间。

二维碳素是中国规模最大最成熟的石墨烯薄膜制造企业。二维碳素总裁金虎告诉证券时报记者:手机触摸屏只是石墨烯薄膜应用的一个方向。我们的目标是要围绕着重石墨烯薄膜做企业,为各个行业提供不同类型、不同用途的石墨烯薄膜。”看起来石墨烯薄膜的生产工艺基本一样,但是用途不同,可能需要的薄膜也略有差别,比如制作手机触摸屏的石墨烯 ITO 膜,其实是两层或者是三层的石墨烯材料,生长方法和单层的也略有不同。

金虎称:根据我们的研发进展和对市场的了解,石墨烯薄膜在 2014 年的亮点就是在触摸屏领域,2015 年在柔性显示、可穿戴电子将有所突破;2016 年国内国外的企业可能会在柔性太阳能电池方面有所突破,2017 年可能将会大规模应用在科技领域。”

据了解,现在石墨烯薄膜材料已经在医疗等领域取得了突破,获得了较好的评价,正待向社会正式宣布。

## 石墨烯应用将由低端向高端延伸

如果说,二维碳素为首的石墨烯企业主导了国内石墨烯薄膜的研发与应用,那么第六元素则在石墨烯粉体方面的推广上功不可没。第六元素降低了石墨烯的生产成本,免费向中国的科研院所以及企业提供科研用的石墨烯,这使得石墨烯的相关商业化研发和运用得以全面铺开。

1 月 13 日,中超电缆公告称,与江南石墨烯研究院、第六元素、西安交大技术成果转移有限公司签署合作意向书,共同成立常州中超石墨烯电力有限公司,重点经营石墨烯电缆及电力行业用石墨烯材料、石墨烯复合材料的研发、制造等。

据证券时报记者了解,把石墨烯添加到电缆中,将极大地改善半导体材料的性能,电缆的毛利率也会得到提升。一旦成功,市场前景非常大。

和中超电缆的合作,只是第六元素推广应用石墨烯一个缩影。证券时报记者近日在第六元素采访时,偶遇国内某知名光伏企业来第六元素参观考察,希望与第六元素合作研发,把石墨烯应用至光伏领域,提升无机光伏性能。

在采访期间,证券时报记者还看到了石墨烯替代氧化锌的防腐涂料,一份石墨烯可以替代 50 份氧化锌,这意味着如果未来用石墨烯替代氧化锌,每吨防腐涂料就可以降低成本 1000~2000 元;一些塑料材料,因为添加了石墨烯而具备了导热功能。

第六元素董事长瞿研说:我们的目标是做世界最大的石墨烯粉体制备商,希望与更多的企业合作,共同研究石墨烯的商业化应用。”

格非电子首席技术顾问周海燕说,石墨烯就是一种神奇的材料,只要添加一点进去其它材料就有可能产生神奇的效果,作为材料界产生革命性改变的“超级材料”,它几乎无所不能。

石墨烯不仅“最薄、最强”,作为热导体、它比目前任何其它材料的导热效果都好。利用石墨烯,科学家能够研发一系列具有特殊性能的新材料。因为它的电阻率极低,电子迁移的速度极快,因此被期待可用来发展出更薄、导电速度更快的芯片,取代硅材料。由于石墨烯实质上是一种透明、良好的导体,也适合用来制造透明触控屏幕、光板,甚至是太阳能电池。超级电容和芯片,是全世界研究石墨烯的重点领域,也是未

来石墨烯革命的决胜点。

有石墨烯领域专家认为,中国宝安作为石墨烯概念股,其意义不在于石墨烯的制备能力,而在于其未来可能在电池应用上的突破。石墨烯在储能方面的应用,也是江南石墨烯研究院的重点研究领域,也是全世界研究的重点课题,不过,现在尚没有重大突破。

深圳清华大学研究院前院长、江南石墨烯研究院名誉理事长冯冠平认为:“石墨烯的应用必然是一个由低端向高端延伸的过程。利用石墨烯的导电导热性的低端应用这两三年内将会崛起,而应用于光电转换的电池以及代替硅材料的芯片领域,仍需要较长的时间。”

## 政府搭台资本唱戏 一级市场热捧石墨烯

石墨烯概念屡屡在二级市场受追捧并不稀奇。因为这个行业从总体上来讲还是一片蓝海,率先进入的上市公司,将有广阔的市场空间,而且很可能占据绝大部分的市场份额。只要在上市公司自有领域,添加石墨烯材料对自我产品进行改善,就有可能抢占市场,改变原有的市场格局。据了解,现在已有多家上市公司展开了石墨烯应用领域的研发。

如果说二级市场上石墨烯“概念”炒作成份居多,那么一级市场的淘金梦则越来越清晰。江苏在石墨烯领域走到了前面,背后离不开政府与资本的支持。

2010 年,我国著名的传感学专家、天使投资人、时任深圳清华研究院院长的冯冠平,最早嗅到了石墨烯的机会。恰巧美国德克萨斯大学奥斯汀分校机械工程系研究石墨烯的有一半是华人,且多是清华大学走出去的物理学家材生。冯冠平多次去美国游说,鼓励他们回国发展。现在中国石墨烯行业的创业者、高校和研究所里石墨烯研究专家不少都来自德克萨斯大学奥斯汀分校。

冯冠平一方面游说专家,另一方面又游说政府。回国创业时,冯冠平时任常州市市委书记范燕青建议,政府来投资公共平台,我来投资企业,一起把石墨烯产业做起来。”

2011 年 5 月 25 日,范燕青召集召开专题会议,决定以组建石墨烯研究院为载体,整合优质科技资源,集聚高端研发人才,突破共性关键技术,加速成果转化和企业孵化。当年 10 月 18 日,常州市政府、武进区政府共同出资 5000 万元,国内首家面向石墨烯应用领域的应用技术部研发及产业孵化平台——江南石墨烯研究院成立。武进经济开发区无偿提供土地 3500 平方米。

集科学家与投资家于一身的冯冠平也如约以种子基金的形式投资了这几个从美国回来的创业团队,包括现在广为人知的第六元素、二维碳素等。

而江南石墨烯研究院作为首个研究石墨烯的研究机构,如今也成立石墨烯薄膜材料实验室、石墨烯新能源实验室、石墨烯生物医药实验室、石墨烯生长机理实验室、石墨烯复合材料实验室等 12 个专项实验室,并且已有多个科研项目走出实验室,进入孵化阶段。

眼下石墨烯在科研和产业化上都很热门。除了江南石墨烯研究院外,北京大学、清华大学、中科院的物理所化学所、沈阳金属所、宁波材料所都把石墨烯作为重点研究领域,几乎所有的综合性高校都开展了石墨烯的研究。除此之外,地方政府对石墨烯的热情也空前提高,江苏、四川、内蒙、深圳等各级地方政府纷纷出台政策,扶持石墨烯产业;也有越来越多的资本向石墨烯产业伸出橄榄枝。据了解,国内一家较有名的石墨烯企业,在一级市场的估值两年内就已经翻了 10 倍;一家石墨烯项目还没有真正上马就获得了风投上千万的投资。

面对石墨烯发展越来越明朗的前景,第六元素董事长瞿研说:成与不成功就在这一两年即可见分晓。不过,我不成功并不代表石墨烯行业不能成功。”

瞿研心中的成功与否,并不是以金钱为衡量标准。据了解,因为率先掌握大规模制备石墨烯的技术,近两年找瞿研谈合作的非常多,有风险投资也有上市公司,有真心想做石墨烯的,也有想借石墨烯概念在资本市场捞金,骗取地方政府土地和资产支持的,瞿研团队有很多诱惑可以创业,也有很多机会尽早变现退出,但他始终以科学家的态度坚守。瞿研说:创业者还是要有一个梦想。”