

# 石墨烯的2019： 从“逐渐退烧”到“新材料之王”

伊明

从近乎热得发烫到一片冷静，再到“新材料之王”的美誉，石墨烯产业只用了两三年的时间。

“资本市场也在热炒石墨烯概念股，在2017年—2018年上半年，石墨烯概念股非常之火，而在各行各业，石墨烯概念炒作不绝于耳。”一位熟悉石墨烯行业的分析人士说：“各地兴建石墨烯产业园，前几年就连个别县级行政区也要建立石墨烯产业园，甚至会出现如果不做石墨烯，项目都无法成立的情况。”

2019年，石墨烯再度迎来“新材料之王”的美誉。在工信部公布的《重点新材料首批次应用示范指导目录(2019年版)》中，高效能石墨烯散热复合膜、石墨烯改性防腐涂料、石墨烯改性润滑材料、石墨烯散热材料、石墨烯发热膜、石墨烯导热复合材料、石墨烯改性无纺布、石墨烯改性电池、石墨烯改性发泡材料等9种石墨烯材料入选。



王利博制图

## 石墨烯产业规模持续增长

石墨烯，因其拥有独特的物理性能而被广泛关注。它是目前世界上已知最薄、最坚硬、导电性和导热性最好的材料，“多才多艺”的性质使得石墨烯有着广阔的应用前景，可以运用在计算机芯片上，大幅度提高计算速度。用石墨烯作为导电添加剂，可以显著提高锂电池的充电速度和综合性能。所以人们称它为会改变世界的材料。

中国经济信息社在常州发布的《2018—2019中国石墨烯发展年度报告》(下称《年报》)显示，我国石墨烯产业前景广阔，产业规模持续增长。据中信证券统计，2018年我国石墨烯产业规模约为111亿元，较2017年增长41亿元，同比增长58%。2018年以来，石墨烯粉体和薄膜的生产规模进一步扩大。粉体方面，常州第六元素、青岛昊鑫、宁波墨西等多家企业已拥有国内领先的石墨烯粉体生产线。薄膜方面，长沙暖宇新材料科技公司年产量100万平方米的石墨烯膜生产线已开建，预计建成后将成为国内第二大石墨烯膜生产线。

《年报》分析，随着石墨烯粉体和薄膜研发生产技术的成熟和市场规模的扩大，我国在复合材料、大健康、电子信息、储能等方面的石墨烯应用已起步。《年报》认为，未来石墨烯在新能源汽车、海洋工程、能源发展、高端装备、环境治理等领域的应用将进一步深入，石墨烯市场规模将不断扩大，有望成为各个细分领域不可或缺的部分。

## 芯片产业瓶颈 倒逼材料革新

2016年以前，芯片行业内有人声音认为：7nm是硅芯片工艺的

物理极限。而现在，7nm制程的硅芯片已经问世，新的声音又出现了：3nm才是极限。

但3nm以下的芯片该怎么发展？对此，目前各大半导体厂商都没有明确的答案。

芯片产业发展面临瓶颈，推出新的架构是一大解决方案，但更“根本”的办法，或许是找到能够替代硅的新材料。

事实上，硅材料并非从一开始就是首选。在硅之前，主流芯片材料是锗，但锗的“硬伤”，主要有三个：

一是含量少。锗在地壳中的含量仅为百万分之七，且分布极为分散，被称为“稀散金属”。没有集中的“锗矿”，导致锗的开采成本十分高昂，也很难实现大规模生产。

二是高纯度锗的提炼难度很大。纯度不足的直接结果就是芯片性能难以提升。

三是稳定性差。采用锗晶体管的芯片，最多只能承受80°C左右的高温，而早期芯片的买方以政府军方为主，这些客户通常要求产品能够经受200°C的高温，锗芯片显然做不到。

锗的这些“硬伤”，恰好都是硅的长处。硅在地壳中的含量高达26.3%，仅次于氧(48.6%)，是含量第二高的元素。在稳定性方面，硅也强于锗。在提纯方面，现在的技术已经能将纯度无限提升至接近100%。

自从发明了硅晶体管的平面处理技术，让硅在芯片中的应用变得简单高效，硅就逐渐成为了芯片制造的主流材料。

如今，硅遇到了什么问题？

芯片发展的趋势，可以简单总结为：体积更小、性能更强。要朝这个方向发展，就要让芯片单位面积上集成的元器件数量更多。元器件尺寸越小，芯片上能集成的元器件就自然越多，当然这同时也意味着更高的制造难度。

这就好比房间越来越小，但里面要装的东西却越来越多，不管采用什么样的“收纳”方式，总有一天，这个房间会“过载”。

漏电和散热不佳，就是硅芯片“过载”产生的问题。

实际上，这两个问题并不是在当前芯片制程工艺走到了7nm这一时期才突然出现的。在硅芯片发展历程中，这样的问题也多次出现，但各大厂商都用各种方式巧妙解决了。运用新的材料，就是其中一种方法，比如用锗硅等元素作为信道的材料。但如何将不同的材料整合到硅基板上，也是一项挑战。

即使现在的7nm芯片并没有像过去预测的那样，达到硅芯片的物理极限，但硅的物理极限是必然存在的。

芯片的下一个“根本性”的突破，就是找到新的材料。

## 石墨烯有望成主流芯片材料

什么类型的材料有望成为主流？

近日，达摩院发布的“2020十大科技趋势”预测，新材料的全新物理机制，将实现全新的逻辑、存储及互联概念和器件，推动半导体产业的革新。例如，拓扑绝缘体、二维超导材料等，能够实现无损耗的电子运输和自旋运输，可以成为全新的高性能逻辑器件和互联器件的基础。

著名华裔科学家张首晟就在2016年宣称：已经发现了新的拓扑绝缘体材料，并且该材料已经实验成功。如果这种新的拓扑绝缘体材料最终能够成功地应用到半导体和芯片产业中，将带来巨大的商机，也将造就一个新的硅谷时代。

当然，目前拓扑绝缘体在芯片制造领域的应用，还处于比较早期的研发阶段。已知的是能够

解决电子芯片发热的问题，但未来这种材料该怎么用、能用在哪里，还有许多需要探索的地方。此外，拓扑绝缘体更多地被寄希望于应用在量子芯片上，但量子芯片与经典芯片是完全不同的两个领域。

另一种新材料——二维超导材料，是时下半导体行业讨论的热门话题。二维材料包括石墨烯、磷烯、硼烯等，这些材料更有希望成为主流材料。

其中，石墨烯是最突出的一个。

之所以看好石墨烯，是因为它除了“二维”这个属性外，还有一个身份——碳纳米材料。早在2012年，IEEE(电气和电子工程师协会)就在《超越摩尔》中写道，未来半导体工业可能从“硅时代”进入“碳时代”。碳纳米材料石墨烯可能在未来代替原来的硅基材料。

碳纳米管是由石墨烯片卷成的无缝、中空的管体，导电性能极好，而且管壁很薄。因此，理论上在同样的集成度下，碳纳米管芯片能比硅芯片更小。此外，碳纳米管本身产热很少，加上有良好的导热性，因此能够减少能耗。另外，从开采成本考量，碳的分布广泛，获取成本并不高。

更重要的是，石墨烯作为人类最早发现的二维材料，其应用已经在屏幕、电池、可穿戴设备上出现，石墨烯的研究已经到了相对成熟的阶段。因此，石墨烯最为有望成为新的主流芯片材料，取代硅的地位。

## 中国芯片 能否弯道超车？

目前中国自主研发的传统芯片，还在28nm到14nm制造工艺的商业化量产转化过程中，与国际先进水平还有较大的差距。但这都是建立在硅作为芯片主要材

料的基础来说的，如果未来碳纳米材料能够成为主流，那么中国是否有机会在这个节点上实现弯道超车？

首先，中国的碳纳米管器件研究与国际前沿水平差距不大。国际上最早实现碳纳米管器件制备的是IBM，2017年IBM通过使用碳纳米管将晶体管尺寸缩小到40nm；同年，北京大学研制了120nm的碳纳米管晶体管，在0.8伏特电压下的跨导，为已发表的碳纳米管器件中的最高值。

但任何技术的发展都不会一帆风顺。石墨烯在芯片制造领域的应用面临着三大难题：首先，目前高纯度的石墨烯还比较难获得；其次，石墨烯晶圆的制造也十分困难，虽然现在中国已经率先实现石墨烯单晶晶圆的规模化制备，但在当前的制作工艺下，还是容易出现褶皱、点缺陷和污染的情况；最后，要让纳入器件的石墨烯能够继续保持其优良的性能，其他相关的制作工艺和材料也需要与之配套迭代，才能保证以石墨烯为原料的芯片得以稳定运行。

简单总结来说，石墨烯还是一个比较新的材料。要想让石墨烯能够真正替代硅，成为芯片的主流材料，在制造工艺以及配套器件的技术跟进上，还有许多难题需要解开。

对中国而言，在技术新旧交替的节点上，无疑存在着弯道超车的机会。但需要正视的问题是：国内对新概念往往过于狂热。石墨烯在芯片等众多领域确实大有潜力，但从发现潜力到产业化，中间需要的是脚踏实地的研究，也需要大众对新技术研发失败的包容。

中国芯片的弯道超车，不仅需要“新”材料，更需要的是“新”的产学研体系以及更加开放包容的投资环境。

(资料来源：中国粉体网、亿欧元网)