

碳纳米管半导体和金属型的区别是什么？

在纳米尺度下，物质中电子的波性以及原子之间的相互作用将受到尺度大小的影响。由纳米颗粒组成的纳米材料具有以下传统材料所不具备的特殊性能：

(1) 表面效应 球形颗粒的表面积与直径的平方成正比，其体积与直径的立方成正比，故其比表面积(表面积/体积)与直径成反比。随着颗粒直径变小，比表面积将会显著增大，说明表面原子所占的百分数将会显著地增加。同时，表面原子具有高的活性，且极不稳定，它们很容易与外来的原子结合，形成稳定的结构。所以，在空气中金属颗粒会迅速氧化而燃烧。利用表面活性，金属超微颗粒可望成为新一代的高效催化剂和贮气材料以及低熔点材料。

(2) 小尺寸效应 随着颗粒尺寸的量变，在一定的条件下会引起颗粒性质的质变。由于颗粒尺寸变小所引起的宏观物理性质的变化称为小尺寸效应。纳米颗粒尺寸小，表面积大，在熔点，磁性，热阻，电学性能，光学性能，化学活性和催化性等都较大尺度颗粒发生了变化，产生一系列奇特的性质。例如，金属纳米颗粒对光的吸收效果显著增加，并产生吸收峰的等离子共振频率偏移；出现磁有序态向磁无序，超导相向正常相的转变。

(3) 量子尺寸效应 各种元素的原子具有特定的光谱线，如钠原子具有黄色的光谱线。原子模型与量子力学已用能级的概念进行了合理的解释，由无数的原子构成固体时，单独原子的能级就并合成能带，由于电子数目很多，能带中能级的间距很小，因此可以看作是连续的，从能带理论出发成功地解释了大块金属、半导体、绝缘体之间的联系与区别，对介于原子、分子与大块固体之间的超微颗粒而言，大块材料中连续的能带将分裂为分立的能级；能级间的间距随颗粒尺寸减小而增大。当热能、电场能或者磁场能比平均的能级间距还小时，就会呈现一系列与宏观物体截然不同的反常特性，称之为量子尺寸效应。例如，导电的金属在超微颗粒时可以变成绝缘体，磁矩的大小和颗粒中电子是奇数还是偶数有关，比热亦会反常变化，光谱线会产生向短波长方向的移动，这就是量子尺寸效应的宏观表现。因此，对超微颗粒在低温条件下必须考虑量子效应，原有宏观规律已不再成立。

(4) 宏观量子隧道效应 电子具有粒子性又具有波动性，因此存在隧道效应。近年来，人们发现一些宏观物理量，如微颗粒的磁化强度、量子相干器件中的磁通量等亦显示出隧道效应，称之为宏观的量子隧道效应。量子尺寸效应、宏观量子隧道效应将会是未来微电子、光电子器件的基础，或者它确立了现存微电子器件进一步微型化的极限，当微电子器件进一步微型化时必须要考虑上述的量子效应。例如，在制造半导体集成电路时，当电路的尺寸接近电子波长时，电子就通过隧道效应而溢出器件，使器件无法正常工作，经典电路的极限尺寸大概在0.25微米。目前研制的量子共振隧穿晶体管就是利用量子效应制成的新一代器件。纳米材料按维数可分为：零维的纳米颗粒和原子团簇，它们在空间的三维尺度均在纳米尺度内(均小于100nm)；一维的纳米线、纳米棒和纳米管，它们在空间有二维处于纳米尺度；二维的纳米薄膜，纳米涂层和超晶格等，它们在空间有一维处于纳米尺度。这里我们详细介绍一下倍受人们关注的准一维纳米材料——碳纳米管。碳纳米管(carbon nanotubes)于1991年由NEC(日本电气)筑波研究所的饭岛澄男(Sumio Iijima)首次发现。碳纳米管，又称巴基管(buckytubes)，属于富勒(fullerene)碳系。碳纳米管的发现是伴随着C60研究的不断深入而实现的。1991年，饭岛澄男用石墨电弧法制备油的过程中，发现了一种多层管状的富勒碳结构，经研究证明它是同轴多层的碳纳米管。碳纳米管是一种纳米尺度的，具有完整分子结构的新型碳材料。它是由碳原子形成的石墨片卷曲而成的无缝，中空，中空的管体。碳纳米管由于其独特的结构和奇特的物理、化学和力学特性以及其潜在的应用前景而倍受人们的关注，并迅速在世界上掀起了一段研究的热潮。今年4月底美国IBM公司科学家宣布，他们用纳米碳管制造出了第一批晶体管。这一晶体管领域的技术突破有可能导致更小更快的芯片出现，并可能使现有的硅芯片技术逐渐被淘汰。8月第日本九州大学教授新海征治通过试验成功地把碳纳米管制作成环状。据认为，这种环状碳纳米管有新的物性，值得进一步研究。我国在碳纳米管领域的研究一直走在世界的前列：中国科学院物理研究所解思深在成功地发明了碳纳米管走向生长新方法的基础上(这方面的文章发表在1996年的美国《科学》杂志上)，又成功地制备出长度达3mm毫米的超长碳纳米管阵列，其长度比现有碳纳米管的长度大1-2个数量级，创造了一项“3mm的世界之最”，受到了国内外的普遍关注(该项成果已发表于1998年8月出版的英国《自然》杂志上)；中国科学院物理研究所解思深研究员领导的研究小组利用常规电弧放电方法，首次制备出世界上最细的碳纳米管，其内径仅为0.5nm，这一结果已十分接近碳纳米管的理论极限值0.4nm。该研究成果“Creating the narrowest carbon nanotubes”已发表在2000年第一期Nature[L. F. Sun, S. S. Xie, et al., Nature, 403(2000)384]，英国著名新闻媒体BBCNEWS也在互联网上专门报道了这一消息，并称“中国科学家首次制备出世界最细碳纳米管，中国纳米管的最小尺寸为0.5nm，距理论极限值仅差0.1nm”。今年6月，中科院化学所有机固体研究室日前成功研制了超双疏阵列碳纳米管膜。该所的江雷研究员认为，该成果进一步证明了我国科学家在该领域的理论设想：是纳米级结构决定了超疏水的效果，而不是人们原来认为的微米级结构在起作用。

作为一种新型的纳米尺度的“超级纤维”材料，碳纳米管具有许多其他材料不具备的力学，电学和化学特性。这些特住使得碳纳米管的应用前景十分广阔：

(1) 高硬度，质轻。理论计算和实验研究表明，单壁碳纳米管的杨氏模量和剪切模量都与金刚石相当，其强度是钢的100倍，而密度却只有钢的六分之一，是一种新型的“超级纤维”材料。关于碳纳米管这种“超级纤维”材料，有人曾作了一个奇特的设想，用它来制造太空升降机的缆绳。如果人类将来真的有一天能够制造出太空升降机用作从地球到外层空间站的通道的话，碳纳米管缆绳将是唯一不会因为自重而折断的材料。

(2) 高柔性，高弹性。最近的实验还表明，碳纳米管同时还具有较好的柔性，其延伸率可达百分之几。不仅如此，碳纳米管还有良好的可弯曲性，它不但可以被弯曲成很小的角度也可以被弯曲成极其微小的环状结构，当弯曲应力去除后，碳纳米管可以从很大的弯曲变形中完全恢复到原来的状态。除此之外，即使受到了很大的外加应力，碳纳米管也不会发生脆性断裂。由此看来，纳米管具有十分优良的力学性能，不难推测，这种“超级纤维”材料在未来工业界将会得到很多的应用，其中之一是用作复合材料的增强剂。

(3) 场电子发射性质。近年来，研究发现碳纳米管的端口极为细小而且非常稳定，十分有利于电子的发射。它具有的极佳场发射性能将使其有望取代目前使用的其他电子发射材料，成为下一代平板显示器的场发射阴极材料。我国西安交通大学朱长纯教授率领的小组首次利用碳纳米管研制出新一代显示器样品。在普通电压的驱动下，一厘米见方硅片上有序排列的上亿个碳纳米管立刻源源不断地发射出电子。在电子的“轰击”下，显示屏上“CHINA”字样清晰可见。这个显示器已连续无故障运行，显示质量和性能没有出现任何衰减。

(4) 储氢功能。氢气成本低且效率高，在能源日益显现不足和燃油汽车造成人类生存环境极大污染的今天，以氢燃料作为汽车燃料的呼声不断出现，日益高涨。世界四大汽车公司，美国的通用公司和福特公司，日本的丰田公司，德国的戴姆勒—奔驰公司，都在加快研制氢燃料汽车的步伐。汽车要使用氢燃料作为动力，其关键技术环节有两个，一是贮氢技术，二是燃料电池技术。目前，燃料电池技术已经成技，因此氢气在汽车上的贮存技术已经成为发展氢燃料汽车的关键。传统的贮氢方法有两种，一种是采用压缩贮氢的方式，用高压钢瓶（氢气瓶）来贮存氢气；钢瓶贮存氢气的容积很小，即使加压到150个大气压，瓶里所装氢气的质量还不到氢气瓶质量的1%，而且还有爆炸的危险。另一种是采用液氢贮氢的方式，将气态氢降温到-253℃变为液体进行贮存；氢气液化的费用非常昂贵，它几乎相当于三分之一液氢的成本；而且，液氢的贮存容形异常庞大（占去汽车内的有限空间），需要极好的绝热装置来隔热，才能防止液态氢不会沸腾汽化而避免浪费。以上诸多的原因，使得以氢气作为汽车动力燃料的应用一直都遇到很大的困难。尽管近年来，人们在不断开发利用贮氢合金来贮存氢气，但高性能的贮氢材料一直是人们寻求的目标。碳纳米管出现后，人们在不断探讨碳纳米管用于贮氢的可能性。最近的研究结果表明，这一技术的实际应用可望在不久的将来得以实现。1999年，美国国家再生能源实验室（National Renewable Energy Laboratory）和IBM公司首次测试了碳纳米管吸附氢气的能力（贮存氢气的能力），并发现，碳纳米管吸附氢气的的能力随着管径的增大而提高。在一个大气压和室温下，锂和钾化学掺杂的碳纳米管的吸氢能力分别提高到对20wt%和14wt%，它们远远超过了6.5wt%的贮氢技术指标。这些研究结果证明，用单壁碳纳米管不需高压就可贮存高密度的氢气，并由此可望解决氢燃料汽车所要求的能够工作在室温下的低气压，高容量贮氢技术难题。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/baike/4878.html>