

石墨烯是由 sp^2 杂化碳原子构成的一种具有蜂窝状六方点阵结构的二维纳米材料,是构成其它维度碳材料的基础。石墨烯的长程 π 共轭电子,使其具有优异的热学、机械和电学性能。因此,研究者对石墨烯未来在纳米电子学、材料科学、凝聚态物理以及低维物理方面的应用产生了广泛的兴趣,但石墨烯在电子领域的应用受限于它的零带隙特性。

为了打开石墨烯的带隙,研究者探索了许多方法,比如剪裁石墨成量子点、纳米带、纳米网格或者把石墨烯铺到特殊的衬底上,其中一个可行的方法就是通过掺杂来调控石墨烯的电学性质,但本征石墨烯具有完美的蜂窝状结构,很难通过杂质原子的掺杂来调控其电学性能,为此,本文重点对 N^+ 离子注入实现石墨烯的掺杂进行了探索。本文制备了机械剥离和还原氧化两类石墨烯,利用光学显微镜、AFM、拉曼光谱、傅里叶红外光谱、XPS、AES 等手段对石墨烯进行了表征;对两类石墨烯分别进行了 N^+ 离子注入和随后的退火处理,成功实现了两类石墨烯的掺杂;并制备了相应的石墨烯场效应晶体管,研究了其电学性能。得出的主要结果如下:①利用表征石墨烯的重要工具——拉曼光谱,研究了石墨烯缺陷的变化与离子注入剂量之间的关系。

得到了合适的离子注入的剂量: $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$, 在此剂量下,石墨烯表面会有适当的缺陷用来掺杂,并且这些缺陷可以通过退火来消除;②发现在氮气中退火样品的拉曼光谱谱峰的蓝移比在氨气中的明显。这可能是因为在氨气中退火后氮原子掺杂进石墨烯,使得石墨烯产生较小的应变;③采用 XPS 和 AES 检测了在氮气和氨气气氛中退火的离子注入石墨烯样品。

结果显示,在氮气中退火的样品中没有 N 信号,而在氨气退火的样品中有 N 信号。

结果说明了离子注入的石墨烯通过在氨气中退火,实现了 N 掺杂;④为了研究不同石墨烯样品的电学性质,制备了背栅石墨烯场效应晶体管。结果显示,本征石墨烯场效应晶体管是双极晶体管,它的电导最小值位于正栅压位置,说明石墨烯是 p-型掺杂。用在氨气中退火的离子注入石墨烯制备的场效应晶体管的双极特性消失了,电导最小值仍然处于正栅压位置,还是 p-型掺杂。

用在氨气中退火的离子注入石墨烯制备的场效应晶体管显示出了双极特性,在真空中它的电导最小值位于负栅压位置,表明是 n-型掺杂。此外,本文还研究了还原石墨烯的掺杂,利用拉曼光谱和傅里叶红外光谱表征了 N⁺离子注入后的还原石墨烯的结构,制备了场效应晶体管,并测试了其电学性能。结果发现,N⁺离子注入还原石墨烯和本征石墨烯不同,N⁺离子与还原后的氧化石墨烯表面的官能团发生了反应,从而起到了掺杂的效果。通过场效应晶体管的测试发现 N⁺离子注入具有调节晶体管阈值电压的功能。

分子式: C

1) 耐高温型: 石墨的熔点为 $3850 \pm 50^\circ\text{C}$, 沸点为 4250°C , 即使经超高温电弧灼烧, 重量的损失很小, 热膨胀系数也很小。石墨强度随温度提高而加强, 在 2000°C 时, 石墨强度提高一倍。

从现有的文献中可以查知，膨胀石墨是一种性能优良的吸附剂，尤其是它具有疏松多孔结构，对有机化合物具有强大的吸附能力，1g 膨胀石墨可吸附 80g 石油，于是膨胀石墨就被设计成各种工业油脂和工业油料的吸附剂。

2) 导电、导热性：石墨的导电性比一般非金属矿高一百倍。导热性超过钢、铁、铅等金属材料。导热系数随温度升高而降低，甚至在极高的温度下，石墨成绝热体。石墨能够导电是因为石墨中每个碳原子与其他碳原子只形成 3 个共价键，每个碳原子仍然保留 1 个自由电子来传输电荷。

碳是一种非金属元素，位于元素周期表的第二周期 IVA 族。拉丁语为 Carbonium，意为“煤，木炭”。汉字“碳”字由木炭的“炭”字加石字旁构成，从“炭”字音。石墨是元素碳的一种

同素异形体^[1]，每个碳原子的周边连结着另外三个碳原子（排列方式呈蜂巢式的多个六边形）以共价键结合，构成共价分子。由于每个碳原子均会放出一个电子，那些电子能够自由移动，因此石墨属于导体。石墨是其中最软的矿物。它的用途包括制造铅笔芯和润滑剂。

2、作导电材料：在电气工业上用作制造电极、电刷、碳棒、碳管、水银整流器的正极，石墨垫圈、电话零件，电视机显像管的涂层等。

自然界已发现的沸石有 30 多种，较常见的有^[1]方沸石、菱沸石、钙沸石、片沸石、钠沸石、丝光沸石、辉沸石等，都以含钙、钠为主。它们含水量的多少随外界温度和湿度的变化而变化。晶体所属晶系随矿物种的不同而异，以单斜晶系和正交晶系（斜方晶系）的占多数。方沸石、菱沸石常呈等轴状晶形，片沸石、辉沸石呈板状，毛沸石、丝光沸石呈针状或纤维状，钙十字沸石和辉沸石双晶常见。纯净的各种沸石均为无色或白色，但可因混入杂质而呈各种浅色。玻璃光泽。解理随晶体结构而异。莫氏硬度中等。比重介于 2.0~2.3，含钡的则可达 2.5~2.8。沸石主要形成于低温热液阶段，常见于喷出岩气孔中，也见于热液矿床和近代温泉沉积中。沸石可以借水的渗滤作用，以进行阳离子的交换，其成分中的钠、钙离子可与水溶液中的钾、镁等离子交换，工业上用以软化硬水。沸石的晶体结构是由硅（铝）氧四面体连成三维的格架，格架中有各种大小不同的空穴和通道，具有很大的开放性。碱金属或碱土金属离子和水分子均分布在空穴和通道中，与格架的联系较弱。不同的离子交换对沸石结构影响很小，但使沸石的性质发生变化。晶格中存在的大小不同空腔，可以吸取或过滤大小不同的其他物质的分子。

工业上常将其作为分子筛，以净化或分离混合成分的物质，如气体分离、石油净化、处理工业污染等。

石墨与金刚石、碳 60、碳纳米管等都是碳元素的单质，它们互为同素异形体。

硬度：1-2

其他用途（污水处理、土壤改良剂、饲料添加剂）

比表面积：5-10m²/g

柔性石墨制品。柔性石墨又称膨胀石墨，是年代开发的一种新的石墨制品。

碳是一种很常见的元素，它以多种形式广泛存在于大气和地壳之中。碳单质很早就被人认识和利用，碳的一系列化合物——有机物更是生命的根本。碳是生铁、熟铁和钢的成分之一。碳能在化学上自我结合而形成大量化合物，在生物上和商业上是重要的分子。生物体内大多数分子都含有碳元素。

比重：2.21-2.26g/cm³

颜色：铁黑色

沸石具有吸附性、离子交换性、催化和耐酸耐热等性能，因此被广泛用作吸附剂、离子交换剂和催化剂，也可用于气体的干燥、净化和污水处理等方面。沸

石还具有“营养”价值。在饲料中添加 5%的沸石粉，能使禽畜生长加快，体壮肉鲜，产蛋率高。

与其它吸附剂相比，膨胀石墨有许多优点。如采用活性炭进行水上除油，它吸附油后会下沉，吸附量也小，且不易再生利用；还有一些吸附剂，如棉花、草灰、聚丙烯纤维、珍珠岩、蛭石等，它们在吸油的同时也吸水，这给后处理带来困难；膨胀石墨对油类的吸附量大，吸油后浮于水面，易捕捞回收，再生利用处理简便，可采用挤压、离心分离、振动、溶剂清洗、燃烧、加热萃取等法，且不会形成二次污染。

9、电极，石墨何以能取代铜做为电极？

碳的存在形式是多种多样的，有晶态单质碳如金刚石、石墨；有无定形碳如煤；有复杂的有机化合物如动植物等；碳酸盐如大理石等。单质碳的物理和化学性质取决于它的晶体结构。高硬度的金刚石和柔软滑腻的石墨晶体结构不同，各有各的外观、密度、熔点等。

碳化合物一般从化石燃料中获得，然后再分离并进一步合成出各种生产生活所需的产品，如乙烯、塑料等。

隐品质石墨又称非晶质石墨或土状石墨，这种石墨的晶体直径一般小于 1 微米，比表面积范围集中在 1-5m²/g，是微晶石墨的集合体，只有在电子显微镜下才能见到晶形。此类石墨的特点是表面呈土状，缺乏光泽，润滑性也差。品位较高。一般的 60~80%。少数高达 90%以上。矿石可选性较差。

正是这种无可比拟的优势，石墨逐渐取代铜成为 EDM 电极的首选材料

目前世界上已有十几个国家（包括我国）均合成出了金刚石。但这种金刚石因为颗粒很细，主要用途是做磨料，用于切削和地质、石油的钻井用的钻头。当前，世界金刚石的消费中，80%的人造金刚石主要是用于工业，它的产量也远远超过天然金刚石的产量。

器、泵设备。广泛应用于石油化工、湿法冶金、酸碱生产、合成纤维、造纸等工业部门，可节省大量的金属材料。

（4）没有毛刺；铜电极在加工完成后，还需手工进行修整以去除毛刺，而石墨加工后没有毛刺，节约了大量成本，同时更容易实现自动化生产；

名字来源：源于希腊文“graphein”，意为“用来写”。由德国化学家和矿物学家 A. G. Werner 于 1789 命名；

2. 鳞片石墨

1、作耐火材料：石墨及其制品具有耐高温、高强度的性质，在冶金工业中主要用来制造石墨坩埚，在炼钢中常用石墨作钢锭之保护剂，冶金炉的内衬。

膨胀石墨

石墨新用途：

类别：自然元素-非金属元素-碳族

石墨与金刚石

随着科学技术的不断发展，人们对石墨也开发了许多新用途。

有很多种，已经发现的就有 36 种。它们的共同特点就是具有架状结构，就是说在它们的晶体内，分子像搭架子似地连在一起，中间形成很多空腔。因为在这些空腔里还存在很多水分子，因此它们是含水矿物。这些水分在遇到高温时会排出来，比如用火焰去烧时，大多数沸石便会膨胀发泡，像是沸腾一般。沸石的名字就是因此而来。不同的沸石具有不同的形态，如方沸石和菱沸石一般为轴状晶体，片沸石和辉沸石则呈板状，丝光沸石又成了针状或纤维状等等。各种沸石如果内部纯净的话，它们应该是无色或白色，但是如果内部混入了其他杂质，便会显出各种浅浅的颜色来。沸石还具有玻璃样的光泽。我们知道沸石中的水分可以跑出来，但这并不会破坏沸石内部的晶体结构。因此，它还可以再重新吸收水或其他液体。于是，这也成了人们利用沸石的一个特点。我们可以用沸石来分离炼油时产生的一些物质，可以让它使空气变得干燥，可以让它吸附某些污染物，净化和干燥酒

精等等。沸石矿物有很广的分布。特别多见于由火山碎屑形成的沉积岩石中。在土壤中也发现。

石墨的工艺特性主要决定于它的结晶形态。结晶形态不同的石墨矿物，具有不同的工业价值和用途。工业上，根据结晶形态不同，将天然石墨分为三类。

其他性质：薄片具挠性，有滑感，易污手，具有良好的导电性；

石墨和金刚石的硬度差别如此之大，但人们还是希望能用人工合成方法来获取金刚石，因为自然界中石墨(碳)藏量是很丰富的。但是要使石墨中的碳变成金刚石那样排列的碳，不是那么容易的。石墨在 5-6 万大气压（ $(5-6) \times 10^3 \text{MPa}$ ）及摄氏 1000 至 2000 度高温下，再用金属铁、钴、镍等做催化剂，可使石墨转变成金刚石。

石墨晶体呈鳞片状；这是在高强度的压力下变质而成的，有大鳞片和细鳞片之分。此类石墨矿石的特点是品位不高，一般在 2~3%，或 10~25%之间。是自然界中可浮性最好的矿石之一，经过多磨多选可得高品位石墨精矿。这类石墨的可浮性、润滑性、可塑性均比其他类型石墨优越；因此它的工业价值最大。

石墨由于其特殊结构，而具有如下特殊性质：

石墨质软，黑灰色；有油腻感，可污染纸张。硬度为 1~2，沿垂直方向随杂质的增加其硬度可增至 3~5。比重为 1.9~2.3。比表面积范围集中在 1-20m²/g，在隔绝氧气条件下，其熔点在 3000℃以上，是最耐温的矿物之一。它能导电、导热。

英文名称：graphite

1、等静压石墨。也就是很多人叫的三高石墨，但是并不是三高就是等静压。

6、用于原子能工业和国防工业：石墨具有良好的中子减速剂用于原子反应堆中，铀-石墨反应堆是目前应用较多的一种原子反应堆。作为动力用的原子能反应堆中的减速材料应当具有高熔点，稳定，耐腐蚀的性能，石墨完全可以满足上述要求。作为原子反应堆用的石墨纯度要求很高，杂质含量不应超过几十个 PPM。特别是其中硼含量应少于 0.5PPM。在国防工业中还用石墨制造固体燃料火箭的喷嘴，导弹的鼻锥，宇宙航行设备的零件，隔热材料和防射线材料。

3、挤压石墨，多为电极材料。

自然界中纯净的石墨是没有的，其中往往含有 SiO₂、Al₂O₃、FeO、CaO、P₂O₅、CuO 等杂质。这些杂质常以石英、黄铁矿、碳酸盐等矿物形式出现。此外，还有

水、沥青、CO₂、H₂、CH₄、N₂ 等气体部分。因此对石墨的分析，除测定固定碳含量外，还必须同时测定挥发分和灰分的含量。

鳞片石墨

提起钻石，人们就会联想到光彩夺目、闪烁耀眼的情景，它随着拥有者的活动而光芒四射。但因它的昂贵价格，大多数人只能望而却步。尽管如此，人们对钻石还是很向往的。你知道钻石是什么吗？它的化学成分是碳(C)，天然的钻石是由金刚石经过琢磨后才能称之为“钻石”。天然的钻石是非常稀少的，世界上重量大于 1000 克拉(1 克= 5 克拉)的钻石只有 2 粒，400 克拉以上的钻石只有多粒，我国迄今为止发现的最大的金刚石重 158.786 克拉，这就是“常林钻石”。物以稀为贵，正因为可做“钻石”用的天然金刚石很罕见，人们就想“人造”金刚石来代替它，这就自然地想到了金刚石的“孪生”兄弟——石墨了。

因此，是一种理想的密封材料。广泛用于石油化工、原子能等工业领域。国际市场需求量逐年增长。

(6) 材料成本更低，价格更稳定；由于近几年铜价上涨，如今各向同性石墨的价格比铜更低，相同体积下，东洋炭素的普遍性石墨产品的价格比铜的价格低 30%~60%，并且价格更稳定，短期价格波动非常小。

分子量：12.01

zeolite

沸石是一种矿石,最早发现于 1756 年。瑞典的矿物学家克朗斯提(Cronstedt)发现有一类天然硅铝酸盐矿石在灼烧时会产生沸腾现象,因此命名为“沸石”(瑞典文 zeolit)。在希腊文中意为“沸腾”(zeo)的“石头”(lithos)。此后,人们对沸石的研究不断深入。

材料更不容易变形:在薄筋电极的加工上优势明显;铜的软化点在 1000 度左右,容易因受热而产生变形;石墨的升华温度为 3650 度;热膨胀系数仅有铜的 1/30。

4) 化学稳定性:石墨在常温下有良好的化学稳定性,能耐酸、耐碱和耐有机溶剂的腐蚀。

(1) 加工速度更快:通常情况下,石墨的机械加工速度能比铜快 2~5 倍;而放电加工速度比铜快 2~3 倍;

1. 致密结晶状石墨

3. 隐晶质石墨

CAS 登录号: 7782-42-5

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/218062043065007005>