

# 石墨烯复合材料导电、导热替代压铸铝及其应用

## Graphene Composite Material Has Electrical and Thermal Conductivity to Substitute for Die-cast Aluminum and Applications

李奎

Kui Li

深圳晶玲科技有限公司 中国 · 广东 深圳 518000

Shenzhen Jingling Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

**摘要:** 由于石墨烯是一类全新的二维碳纳米材料,从而引起了物理学家探索欲望。而石墨烯及其材料也因为拥有良好的热导电性能,已应用于消费电子产品、汽车等领域。因为石墨烯片层很容易团聚,在聚合物基体上的弥散性也很不均匀,严重影响了石墨烯/高分子材料的导电性能,从而必须对石墨烯的绕射体进行表面改性。表面改性方法则能够更加有效地增加石墨烯在聚合物基体中的分散性,也从而提高了石墨烯和聚合物基体间的兼容性。

**Abstract:** Because graphene is a new class of two-dimensional carbon nanomaterials, physicists' desire to explore. Graphene and its materials have also been used in consumer electronics, automobiles and other fields because of their good thermal conductivity. Because the graphene sheet layer is easily reunited, and the dispersion on the polymer matrix is also very uneven, which seriously affects the conductivity of graphene/polymer materials, so the surface of graphene must be modified. The surface modification method can more effectively increase the dispersion of the graphene in the polymer matrix, and thus improve the compatibility between the graphene and the polymer matrix.

**关键词:** 石墨烯; 复合材料; 导电; 导热

**Keywords:** graphene; composite; electrical conductivity; thermal conductivity

**DOI:** 10.12346/peti.v4i4.6951

## 1 引言

石墨烯作为一类特殊的二维复合材料,拥有很多卓越的特性,包括良好的电性能、优异的物理化学性能、良好的热机械性能等。其中,石墨烯在导热方面的应用更是引起了人们很大的重视。综上所述,石墨烯在导热材料领域的研究与应用可以分成两种:一类主要是在探讨石墨烯自身的导热学性能,尤其是研究石墨烯的边缘碳电路的设计对声子温度影响的作用及其对复合材料的导热性的控制,从而提高了石墨烯自身的导热学性能。但是,这些工作大多只是理论研究,与石墨烯本身作为导热材料的实际应用尚有相当的差距。另一类是通过适当的方法将石墨烯与其他导热材料结合形成复合导热材料,并利用石墨烯的性能特性优化复合材料的导热性能。例如,石墨烯碳原子的单层结构具有较高的载流子

迁移率,当与某些导热材料结合以改善材料的电性能时,可以为载流子提供额外的传输通道。论文基于导热材料的性能特点,系统地阐述了石墨烯本身作为导热材料的结构与性能之间的关系,同时,总结了石墨烯和其他导热材料对材料结构和性能的相关影响,指出了石墨烯在导热领域存在的问题和未来的研究方向<sup>[1]</sup>。

## 2 石墨烯及分类

盖姆博士还指出,人们所熟知的其他碳结构,如多层石墨、碳纳米管和富勒烯,也都是由单层石墨烯变形而产生的。石墨烯将单层的碳原子紧紧包覆于二维蜂窝结构中,这也是形成其他三维碳材(如富勒烯、一维碳纳米管、三维石墨)的最主要单元。

【作者简介】李奎(1986-),男,中国湖北房县人,从事石墨烯复合材料技术研究。

石墨烯材料是一种目前认为世界上最脆薄，也是迄今为止最坚硬韧的无机纳米材料。它的几乎表面全部透光，仅只吸收了约 2.3% 的光，导热系数也比带碳纳米管结构的普通要高出了约 3000~5000 mm。一般情况下，其对载流子的能量转化率影响最大，体积电阻仅小于铜或银。它是目前宇宙上阻力最低的物质。因为它极小的阻力和高速的离子转化，可能将用来研制具有更薄和更高导电性的新型电子元件或晶体管。另外，在聚合物中加入一些石墨烯可以提高材料的光电传导特性。

石墨烯这种特殊的三维结构形态，使其既具备着目前这个世界上的最强硬、最细薄结构的材料特征，同时本身也还具有强韧性、导电能力和超导热性。这些产品极其特殊的功能特性更使其自身拥有一个无比的巨大空间的市场发展无限空间，未来还可以被应用于消费类电子、航天、光学、储能、生物医药、日常生活器具等的大量专业领域<sup>[2]</sup>。

### 3 石墨烯的结构和性能

石墨烯材料是由一个石墨由其四个碳原子间通过一系列杂化的反应而紧密稳定地相互结合组装而成的一种二维六角形石墨单层结构。其最大的厚度也仅是约约为 0.335 cm，是我们目前已知迄今为止人类已经被发现研究过的一种已知的最坚固纤薄的石墨材料。石墨烯二维石墨烯可以被通过扭曲加工制备成富勒烯，卷成一维石墨碳纳米管或排列成三维石墨（如图 1 所示），因此二维单层石墨烯键也是制备其他的二维被量测得到的一维石墨材料中所用到的另两个最主要键单元。在一维单层石墨烯键中，碳原子通过  $\sigma$ 。该双键形成了一个共价键，原子距离约为仅约为 0.142 m。杂化的轨道彼此平行重叠并形成一个大约 120° 的角，每个碳原子都分别能与轨道两侧其他轨道的每三个碳原子都直接相连，六个碳原子在与轨道在同一轨道的平面方向上形成了一个正六角形环，延伸了下去便形成了一个单层蜂窝状结构。同一的平面轨道上的所有的六个碳原子就可以各在轨道表面上的其余部分中各自贡献出一个电子，形成了一种可以直接在栅极结构表面中进行电子自由移动作用的一个非定型结构的大竹键，这一步技术在石墨烯正极材料的导电及制备反应过程等研究开发中都同样是起演绎着另一个的重要作用。根据边缘碳链宽度的长短粗细不同，石墨烯边缘可以粗略大体可以分为如下这两种特殊类型：锯齿形的边缘和扶手椅型的边缘（如图 2 所示）。不同类型的边界结构可以产生两种不同类型的特性。例如，锯齿石墨烯表面通常仅表现出金属热传输等特性，而扶手石墨烯表面则通常表现出金属传导或金属半导体电能传输的特性，通常在同一石墨烯纳米边界上就可以至少存在上述两种类型材料的边界结构，这种特殊的边界特性也将显著影响到声子色散。因此，石墨烯的导热率也可以考虑在一定温度范围内自由调节。

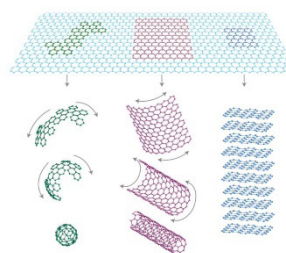


图 1 石墨烯的二维结构

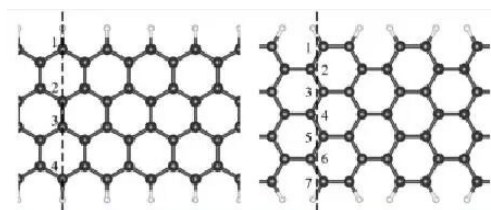


图 2 锯齿形石墨烯扶手椅型石墨烯

由于拥有上述这种独特的二维晶体结构，石墨烯显示出具有非常的特殊的性质。例如，石墨烯的极高的机械强度系数（高达 1 tpa）已使其几乎成为人类目前认识最粗硬度的无机纳米材料；另外石墨烯材料具有较高的电子迁移率系数（约 15000m<sup>2</sup> C-1），介质上的电荷迁移率也随其温度升高变化得很缓慢。在室温常压作用下，其对导电金属载体电荷的热迁移率远远要显著高于金属普通的碳纳米管金属和碳纳米管硅晶体，其电阻值则是远低于普通金属铜合金银和硅晶体，只有约有 10<sup>-6</sup>Ω 这已经几乎已经是世界迄今为止和目前已知导体电阻系数中最微低阻值的一种导体材料之一，在研究导电石墨复合材料中的表面电荷形成及其机理方面无疑又都具有发挥着它很大的理论优势<sup>[3]</sup>。

### 4 石墨烯导热复合材料

石墨烯具有显著性极高的可导热性，导热系数一般约为 3000~5000 W/(m K)。近年来，建议人们开始使用集热管代替它自身来提供集中均匀散热，在散热器芯壳中加入厚厚的一层薄薄的石墨烯膜层或石墨烯微纳米芯片层就已经可以比较有效而显著地来降低局部热点区的局部温度。而石墨烯则表示由于其拥有了其材料本身的良好优异性能的高光导热性，有望能真正发展成为在未来用于新一代的超大型纳米集成电路芯片中使用的新型高性能半导体散热体材料。

目前，石墨散热器已经广泛地被应用于移动通信产品行业、笔记本电脑、手机散热器等消费领域。随着超薄、智能和更多功能等消费类型电子产品行业的进一步发展，越来越大的低功率电子产品和体积更薄化的产品都越来越显示散热问题的极端重要性。石墨导热片由于其独特优异高效的导热性能，受到消费者越来越多地的关注，广泛被应用于智能手机、超薄型 PC 笔记本电脑和高档 LED 灯具、电视机面板等方面。

## 5 石墨烯的导热性能

石墨烯具有极优良稳定的光电学性能,尤其是在其载流子表面的光电迁移率高达  $15000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ C}^{-1}$  引起到了国际导热领域科学家们的极大关注。据专家指出,基于石墨烯金属电极的器件具有较大的导热系数,其系数高达  $30 \text{ cm}$ 。优良和稳定可靠的光磁电学性能可使单层石墨烯材料的本身即能具有创造出具有一定热容量的导热材料潜力。此外,根据单层石墨烯材料特殊的化学物理结构特征,单层石墨烯碳链表面上存在的两种特殊的边界结构类型通常又可以粗略细分归纳为锯齿形结构和扶手椅型边界结构或是这两者结构之间相互作用的有机混合物,这种相对较为复杂特殊的边界结构有时还同时可以同时考虑到用作电子材料和用于电声子材料之间的色散中心。这一点就使得通过调节薄膜边界结构参数来获得有效地调节石墨烯薄膜表面的热光电两能传输方式的新特性将成为某种现实或可能,这无疑同样也将是石墨烯薄膜导热特性理论数值模型计算及其实现研究的技术基础。

## 6 结语

石墨烯的独特且高效稳定的二维纳米晶体结构特点还直接赋予决定了其自身具有许多方面极为卓越优异稳定可靠优异的物理化学性能,主要在于其自身有着超高载流子迁移率、大比表面积、可调密度的极限结构形式和具有极为优异的稳定可靠的化学稳定性。石墨烯材料无论最初是用来作为一种导热材料还是用作与许多其他类型导热材料相容的高性能复合材料,都曾受到国内外许多研究人员对此的应用研究。一方面,当用石墨烯材料本身直接用作一种导热材料时,理论和研究已表明使用其可调导热极限结构也可以有效在一定时间范围内的降低其导热极限系数,从而大幅提高了石墨烯的导热性能。另一方面,石墨烯与多种其他新型导热材料紧密结合运用时,它则可以用来为材料载流子之间提供一道额外有效的电磁传输的通道,提高了材料载流子表面

的磁迁移率,有效地减小了材料界面的微观尺寸,改善材料界面结构中吸声子之间的磁色散,降低了材料本身的电磁导热性,并将在优化协调导热材料表面的介电结构和提高热能量传输效率特性方面逐步发挥作用。所有以上这些新研究结论表明,石墨烯对有效改善新型导热材料的导热性能问题具有极重要积极的理论科学意义作用和使用价值。然而,目前的石墨烯技术由于其超高电导热性还不能真正取代传统的石墨导热材料。同时,虽然这种由石墨烯膜和大量其他新型导热材料复合组成的导热复合块层或导热复合膜系统的电气性能都得到有了的显著和提高,但实际上其进行工业化的生产开发仍然存在非常之困难,与工程实际开发应用还有很多距离。目前,对于石墨烯及其在石墨导热材料制造中实际应用效果的研究理论方面研究仍主要仅局限应用于生产单层石墨或生产多层的石墨烯,而能用于实验应用研究生产的多层石墨烯材料主要仍然是易于合成制备的石墨多层石墨烯(或还原氧化石墨烯)。鉴于当前理论应用研究方法 with 理论实验基础研究工作相比较分离严重的工作现状,我们觉得可以同时继续聚焦在对以下这样两个问题方面去进行相关研究:①首先从应用理论应用研究技术的应用角度去来看,阐明了多层聚石墨烯薄膜对电声场传输效果的主要影响的机制以及其改善新型复合薄膜导热材料性能方面的某些可能性等;②在实验和研究领域中,开发成了另一种主要基于单层石墨烯材料的新型单层石墨烯复合导热材料体系及其合成技术和制备方法技术。

## 参考文献

- [1] 胡圣飞,张帆,张荣,等.石墨烯表面改性及其在聚合物导电复合材料中的应用研究[J].高分子材料科学与工程,2017(8):185-189.
- [2] 何新民,张婷,陈飞,等.石墨烯在复合导热材料中的应用[J].化学进展,2018,30(4):439-447.
- [3] 郭金明,王梦媚,陈丽娜,等.石墨烯导电复合材料应用进展[J].塑料工业,2013(9):68-71.