

SiC PVT 衬底/CVD 外延生长法与缺陷

司张旭 (Si Zhangxu)

华南理工大学 (South China University of Technology)

e-mail: 664085741@qq.com

Summary. As the representative of the third generation of new wide band gap semiconductors, SiC has excellent physical, chemical and electrical properties. In the field of power semiconductor, especially in high power, high voltage and some special environments, it has a good application prospect. In this paper, some of its physical properties are introduced, and then the growth method and the defects in the growth process are explained.

SiC 作为第三代新型宽禁带半导体的代表，它具有出色的物理、化学和电性能特性。在功率半导体领域，特别是大功率、高电压和一些特殊环境中，具有良好的应用前景。本文首先介绍了它的一些物理性质，随后讲解了它的生长法及生长过程中的缺陷。

功率半导体器件是所有电力电子系统的关键原件，从本质上来讲，功率器件是利用其自身的可控导电性实现电路控制和电能转换的功能。无论是核电、火电、水电，还是各种电池提供的化学电能，这些电能均无法直接供设备使用，必须经过功率器件进行转换后才能提供给设备使用。碳化硅功率器件具有大电流、高电压、高频率、低损耗的特点。特别是在高效能源转换方面，碳化硅功率器件发挥着重要的作用^[1]。

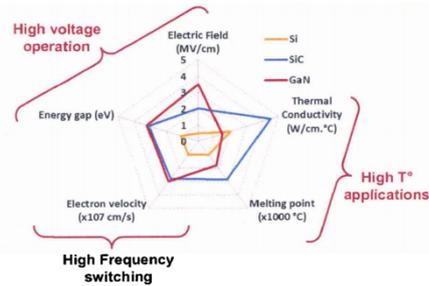
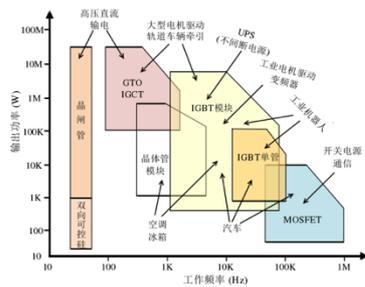


图 1 不同功率半导体工作频率和应用领域 图 2 Si、SiC、GaN 材料特性对比

SiC 有着 2.3~3.3 eV 的禁带宽度（取决于晶体结构，或多形体），它拥有 10 倍与 Si 的击穿电场强度、3 倍于 Si 的导热率，使得碳化硅对大功率和高温器件具有特别的吸引力^[2]。

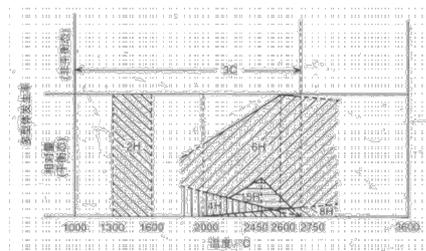
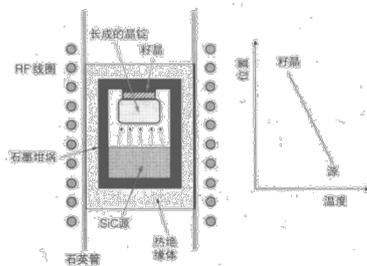


图 3 用于籽晶升华法生长 SiC 的坩埚示意图 图 4 温度与反应物之间的关系

SiC 晶体的生长技术为籽晶升华法（改进 Lely 法），它是基于温度来实现的，碳化硅在大概 1800-2000°C 下会升华，随后进行升华物的运输，最后通过温度的阶梯差进

行表面反应和结晶。需要注意的是,由于 SiC 有 200 多种同素异形体,所以它在不同温度下生成物也不同,如图 4 所示。除了 SiC 籽晶升华法,较为常用的还有高温化学气相沉积 (HTCVD) 与溶液法生长。

SiC 晶锭及晶圆中含有多种晶体缺陷,包括扩展缺陷与点缺陷,点缺陷的密度相当高,在 $10^{14}\sim 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 范围内,扩展缺陷主要包括贯穿螺型位错、贯穿刃型位错、堆垛层错、微管等。贯穿螺型位错通常位于在 SiC<0001>表面上进行升华法生长期间的螺旋生长中心,它的密度大概为 $300\sim 600/\text{cm}^{-2}$ 。贯穿刃型位错与基矢面位错拥有相同的性质,位错方向不同,晶锭内部会互相转换,它的密度大概为 $2000\sim 5000/\text{cm}^{-2}$ 。堆垛层错是排列结构不同引起的,典型的有 4H-SiC 中出现类似 3C-SiC 或者 6H-SiC 的层状区域。微管是沿<0001>晶向扩展穿过整个 SiC 晶圆的针孔,一般直径在 $0.5\mu\text{m}$ 到几 μm ,它是一种非常严重的缺陷,不过经过技术的不断改进,现在这种缺陷基本可以实现完全闭合。

更高电压、更高效率、更高功率密度代表了电力电子器件技术的发展主题。近年来新兴的宽禁带半导体材料成为工业界的热点,相信凭借这股浪潮,碳化硅必定能迅速走进世界半导体的舞台。

参考文献

1. 柏松,黄润华,陶永洪,等.SiC 功率 MOSFET 器件研制进展[J].电力电子技术,2017,51(8):1-3.
2. Fei C, Bai S, et al. Influences of pre-oxidation nitrogen implantation and post-oxidation annealing on channel mobility of 4H-SiC MOSFETs[J]. Journal of Crystal Growth, 2020, 531(125338):1-6.

УДК 316.42

研发面向俄语初学者的手机 APP 的设想

徐堃 (Xu Kun)

沈阳工学院 (Shenyang Institute of Technology)

e-mail: xukun@situ.edu.cn

Summary. Shenyang Institute of Technology offers various Russian courses for beginners in the context of "One Belt, One Road". The teacher and the students discussed the idea of using a cell phone app outside the classroom and agreed that this technology would enhance students' interest in learning and improve their academic performance.

我国目前俄语学习 APP 的发展趋势较好,出现了许多优秀的俄语学习软件。但我们在几大应用商店没有发现专门面向俄语初学者的 APP。针对此情况,并结合沈阳工学院教授的若干类型的俄语课程,我们计划研发一款手机 APP 应用程序。鉴于已经有其他俄语学习 APP 提供了音乐、电影资源甚至购物链接,本 APP 不再融合此类内容。

该 APP 的最大特色是以初学者的视角出发,强调良好的用户体验,在《俄语入门 1》、《俄语入门 2》以及《中白 2+2 班》(《俄语入门 1》面向俄语零起点学生,课程为 32 学时;《俄语入门 2》面向修完《俄语入门 1》或具有相同水平的学生,课程同样为 32 学时;《中白 2+2 班》为俄语零起点学生,在中国授课时间两年,前两年的教学目标为达到俄罗斯对外俄语等级考试 ТРКИ-1 水平)教学大纲的框架下,容纳课程目标的全部知识点,并适当融入目标国国情内容。

以下介绍该 APP 部分功能的特色之处。

一、查词部分:摒弃普通语言类 APP 大包大揽的做法,强调目标导向。将单词限定在教学大纲的范围内,提供汉俄与俄汉双向查词。比如输入“面包”,系统会自动