

FEMAG 晶体生长数值模拟技术

在半导体材料中的应用

1. 半导体与信息技术

随着科技的不断发展，智能手机、平板电脑、摄影摄像，存储器等电子产品铺天盖地进入了人们的日常生活，获得了广泛应用。21 世纪人类已全面进入了数字化信息时代。

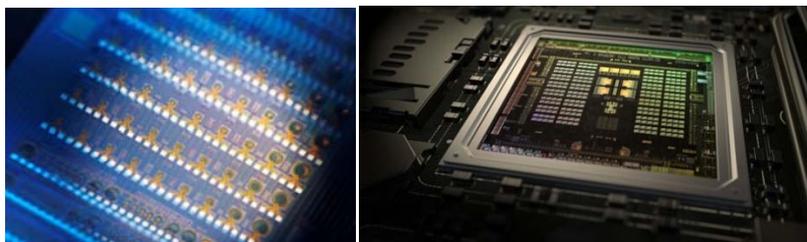
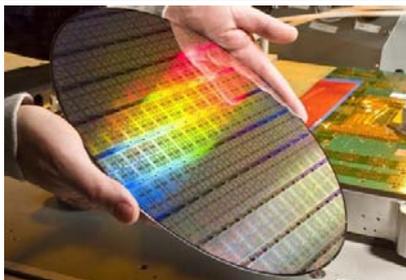


半导体晶体作为电子信息产业的基础，是大规模集成电路，芯片，以及分立元件的核心材料。当前应用比较广泛和热门的半导体晶体材料主要有第一代硅基半导体、第二代砷化镓化合物半导体、第三代碳化硅，氮化镓晶体等。其中硅的储量丰富，性能稳定，因此成为应用最广泛的半导体材料，目前超过 95% 的计算机芯片、移动电话、数字录音机等半导体电子器件使用的都是硅基半导体。

材料名称	应用情况	制作器件	主要用途
单晶硅 单晶锗	第一代，应用成熟，成本低，占 95% 市场份额	二极管、晶体管	通讯、雷达、广播、电视、自动控制
		集成电路	计算机、通讯、广播、自动控制、电子钟表、仪表
		整流器	整流
		晶闸管	整流、直流输配电、电气机车、设备自控、高频振荡器
		射线探测器	原子能分析、光量子检测
		太阳能电池	太阳能发电
砷化镓	第二代，发展中，成本高，应用不成熟	微波管	雷达、微波通讯、电视、移动通讯
		激光管	光纤通讯
		红外发光管	小功率红外光源
		霍尔元件	磁场控制
		激光调制器	激光通讯
		高速集成电路	高速计算机、移动通讯
氮化镓 碳化硅	第三代，发展初期，性能好 成本高	激光器件	光学存储、激光打印机、医疗、军事应用
		发光二极管	信号灯、视频显示、微型灯泡、移动电话
		紫外探测器	分析仪器、火焰检测、臭氧监测
		集成电路	通讯基站、永久内存、电子开关、导弹

2. 半导体晶体性能

在半导体器件中，半导体晶体通常作为衬底结构，并且本身加工形成器件的一部分，所有的元件及电路都是在衬底上加工完成。如计算机芯片就是在一块硅晶圆上进行掺杂和光刻并腐蚀形成数以万计的晶体管和逻辑电路，最后经过封装得到芯片。



因此，半导体晶体的质量将对芯片和器件的稳定性、运算速度以及发热量等都有显著影响。实际上受工作性质的要求，半导体芯片的导电性必须是稳定可预测的，因此掺杂的浓度以及半导体晶格结构的品质都必须严格要求。例如芯片级单晶硅要求纯度达到 99.99999999% 以上。

当前应用的大部分半导体晶体都是通过熔体生长法来制备，例如应用最广泛的硅晶圆是通过提拉法进行生产。研究表明，半导体晶体的质量缺陷，例如位错、孪晶面或堆垛层错都会影响半导体材料的电阻率，禁带宽度，载流子浓度等特性。晶体质量缺陷将造成芯片运算速度下降，发热量增大，集成电路失效等现象，因此如何通过优化工艺控制，制备高质量晶体，是提升半导体产品质量和提高企业效益的重要途径。

3. 半导体晶体 FEMAG 解决方案

FEMAG 软件是一款专业的晶体生长模拟软件，对于典型的半导体晶体熔体生长工艺，例如提拉法、区熔法生长单晶硅、单晶锗，布里兹曼法生长砷化镓晶体等，能提供世界领先的工艺仿真精度。FEMAG 甚至还能对第三代半导体材料——碳化硅晶体的物理气相传输法生长进行模拟分析。利用 FEMAG 软件能够优化晶体的生产质量，提高晶体品质和企业经济效益。

FEMAG 软件可以实现：

(1) 全局的熔体气体对流与热场分析

利用 FEMAG/CZ 在不同气体流量下 (500, 1500, 3000, 4500L/h) 对直拉法单晶硅的全局对流模拟，其中 (a) (b) 是热场图 (c) (d) 是流场图。利用 FEMAG 可以优化晶体生长工艺，优化热场，提高晶体质量，减小能耗。

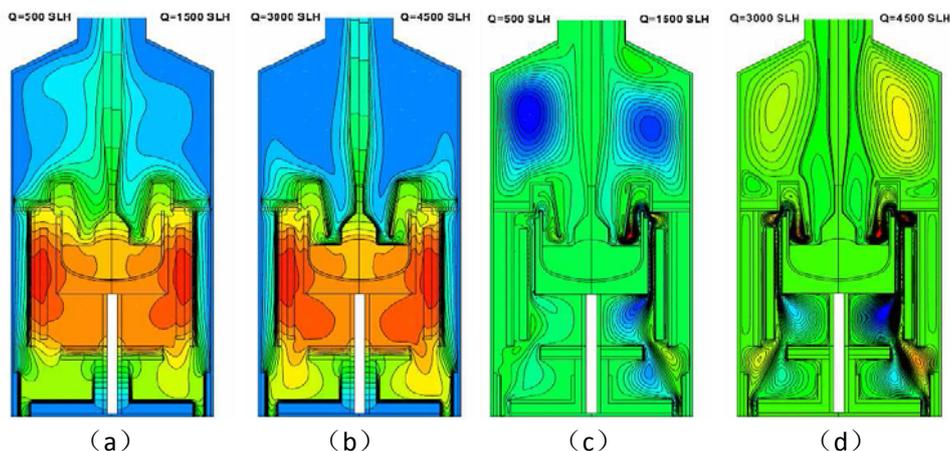


图 3.1 不同气体流量下的熔体气体对流

(2) 晶体缺陷预测分析

利用 FEMAG 可以分析晶体生长过程的含氧量分布以及空位和缺陷浓度预测，为晶体生长质量优化提供依据。

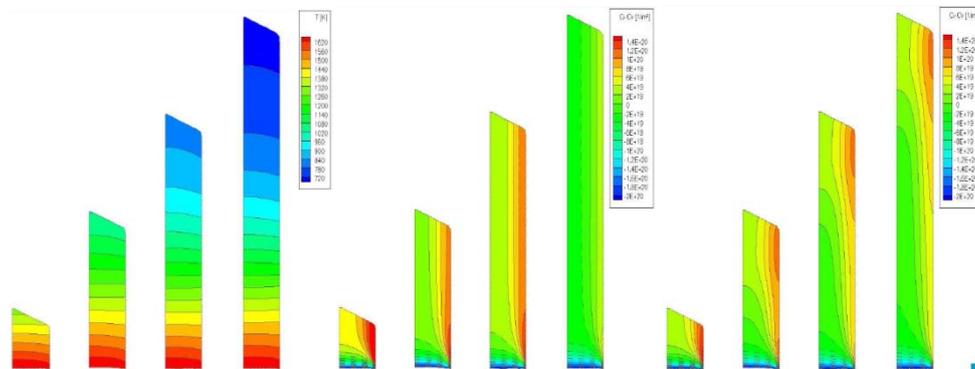


图 3.2 FEMAG/CZ 缺陷分析 (a) 温度场 (b) Ci-Cv 缺陷 (c) Ci-Cv 缺陷

(3) 熔体特殊流场分析

FEMAG 软件具有先进的流体分析算法，对定向凝固等工艺中复杂流体模式(例如 Marangoni 效应)能够获得精确的分析结果。

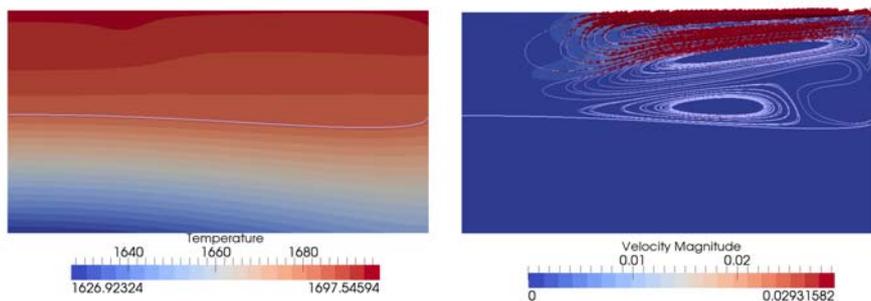


图 3.3 FEMAG/DS 分析 Marangoni 效应下的流场和温度场

(4) 磁场与流场耦合分析

对于晶体生长工艺中常用的坩埚旋转与外加磁场优化，FEMAG 也能够提供复杂耦合场作用下晶体生长过程的精确模拟，为工艺优化提供参考。

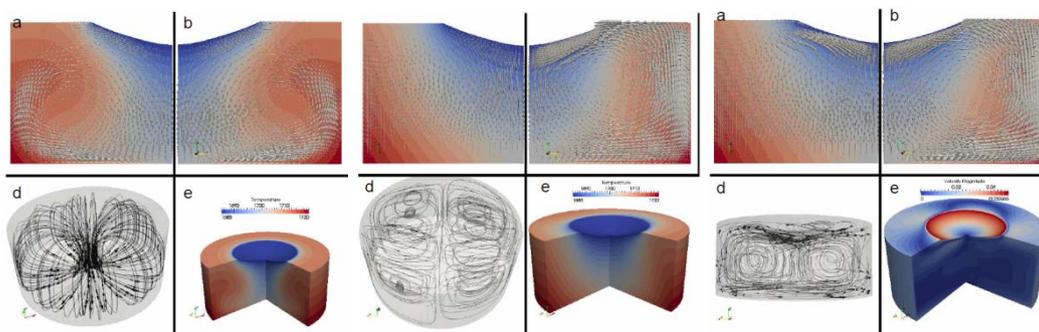


图 3.4 (a) 无旋转无磁场 (b) 无旋转有磁场 (c) 有旋转有磁场

除此以外，FEMAG 软件还支持晶体生长炉体优化设计，掺杂物浓度预测分析，热应力分析等功能。FEMAG 能够全面优化晶体生长工艺，解决半导体晶体生长的关键技术，为提高企业经济效益提供可靠的服务与支持。

4.关于中仿科技（CnTech）公司

近年来，中国已经成为全球最大的光伏制造基地和半导体材料消费市场，同时，处于全球竞争体系中的本土半导体设备企业面临着国际半导体设备公司的垄断，国内的晶体设备厂商要破除国际垄断的坚冰，就需要做到更灵敏的反应、灵活的研发和加倍的努力。

中仿科技（CnTech）与比利时 FEMAG 公司深度强强合作，本着“根植中国，服务全球”的理念，共同在中国设立中仿 FEMAG 研发中心，将国际一流的数值算法及数字仿真技术引入中国，研发更适合中国市场并完全拥有中国自主知识产权的产品，服务中国并辐射全球用户。中仿 FEMAG 研发中心以具有前瞻性技术的产品、强大的协同创新能力、优质的技术支持，让本土高端装备、材料科学、半导体、集成电路、LED、晶体设备厂商和科研用户更富有竞争力。

中仿科技（CnTech）成立于 2003 年，是中国领先的仿真分析软件和系统解决方案的提供者。中仿科技依靠自主创新研发拥有自主知识产权的中仿 CAE 系列产品，同时与国际上领先的数值仿真技术公司拥有长期而紧密的合作关系，具备较强的自主研发能力和创新能力，能够为中国企业和科研机构提供世界一流的仿真技术解决方案。

了解更多详细信息，可访问公司网站：<http://www.CnTech.com.cn>。

公司邮箱：info@cntech.com.cn，全国统一客服热线：400 888 5100。

中仿科技（上海）公司

电话：+86 21-37696588 传真：+86 21-37696588-823

中仿科技（北京）公司

电话：+86-10-59713407 传真：+86-10-59713207

中仿科技（武汉）公司

电话：+86-27-68782895 传真：+86-27-68782895

