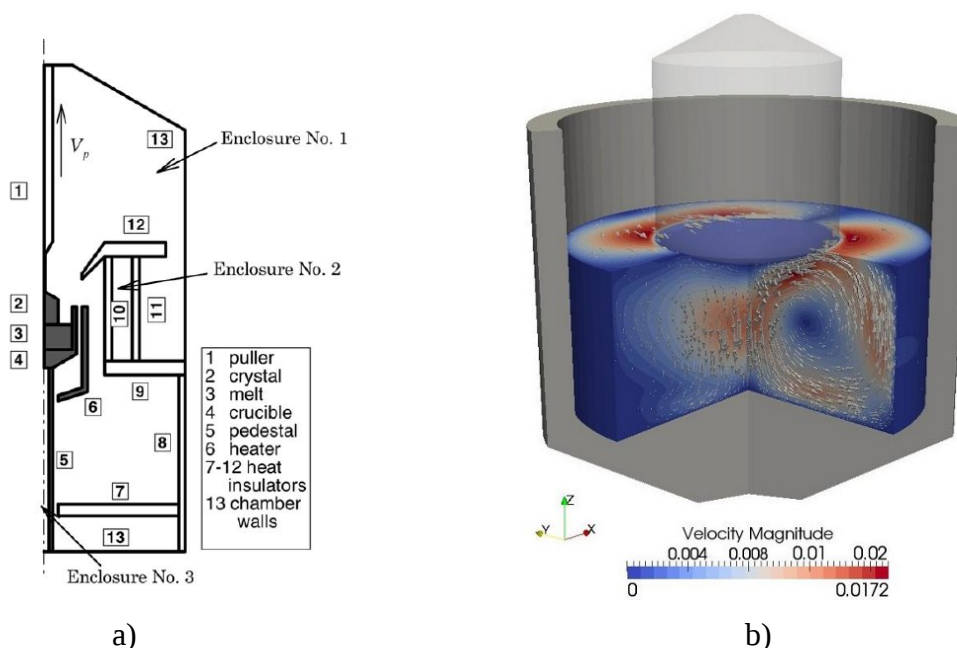


FEMAG 软件助力日本九州大学 深入开展晶体生长数值模拟研究

在提拉法（Czochralski, Cz）生长过程中，热场、熔体-晶体界面形状、坩埚中的熔体流动对微缺陷的形成以及晶体的质量有着显著的影响。数值模拟技术，是改善晶体质量、控制工艺参数以及优化 Cz 生长系统的有效途径。

因在 Cz 熔炉内存在显著的对流、传导与辐射传热，且各组成元件间相互影响，Cz 生长系统具有高度非线性与强耦合性。另外，由于坩埚中存在熔体流动，炉内的热场呈 3D 分布（当 Reynolds 数很大或有外加横向磁场作用时，3D 特性更为突出），因此，有必要采用 3D 全局模型分析 Cz 生长工艺，以更接近实际。但是，完全的 3D 全局模型，特别是辐射传热计算，计算所需的内存以及计算时间非常大。

为了解决上述问题，日本九州大学（Kyushu University）应用力学研究所 Koichi Kakimoto 教授等人开展了提拉法生长单晶硅的全局数值模拟研究，取得了颇有成效的科研成果。他们提出了模拟 Cz 生长单晶硅的 3D 全局传热计算新模型。利用多区域结构化网格对空间进行离散化，然后求解生长熔炉中的传热。采用 2D 全局模型获得更精确的 3D 全局建模的初始场量以及未知的参数（加热功率、熔体-晶体界面形状等），有效提高了全局迭代的速度。开发了 2D/3D 混合离散技术（熔炉中坩埚-熔体-晶体生长重要区域采用 3D 离散，其他区域采用 2D 离散）。该混合算法既保证了模拟计算的精度，又有效减少了计算的开销成本。他们还利用上述混合模型全局分析了横向磁场对单晶硅 Cz 生长的影响。模拟结果表明，合理的横向磁场可以有效控制单晶硅 Cz 生长中的全局热场分布、熔体-晶体界面形状以及坩埚中的熔体对流，从而改善晶体生长的质量。



图a)为Cz生长熔炉简图（3D区域用阴影表示，没有阴影的为2D区域）；

图b)为横向磁场作用下，Cz生长过程中的3D熔体流动分布。

九州大学应用力学研究所还引进 FEMAG/FZ 软件对超纯单晶硅的区熔法生长开展深入的科学研究。

Koichi Kakimoto 教授毕业于东京大学，先后在日本电气（NEC）、东北大学和九州大学任职，现为九州大学教授、九州大学应用力学研究所副所长、日本晶体生长学会副会长、晶体生长国际组织（IOCG）执委和秘书长、国际晶体学学会委员。K. Kakimoto 教授是晶体生长领域国际知名学者、太阳能光伏行业知名专家，曾在比利时鲁汶大学任客座研究员，一直与 FEMAG 公司的创始人和首席科学家 François Dupret 教授有着密切地合作交流。

全国统一客户服务热线：400 888 5100 网址：www.CnTech.com.cn 邮箱：info@cntech.com.cn