

新型压电单晶 PMNT 的下降法生长及晶体完整性^{*}

许桂生, 罗豪更, 齐振一, 徐海清, 仲维卓, 殷之文

(中国科学院无机功能材料开放实验室, 中国科学院上海硅酸盐研究所, 上海 201800)

Bridgman Method Growth of Novel Piezoelectric Single Crystals PMNT and Their Perfection

XU Gui-sheng, LUO Hao-su, QI Zhen-yi,

XU Hai-qing, ZHONG Wei-zhuo, YIN Zhi-wen

(Laboratory of Functional Inorganic Materials, Shanghai Institute of Ceramics

Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

(E-mail: hhuo@sonic.net.cn)

新型压电单晶 PMNT 具有十分优异的压电性能, 用 Bridgman 法生长的 PMNT 单晶的电容率 ϵ 可达 5500 左右, 纵向压电应变常量 d_{33} 可达 2500 pC/N 以上, 机电耦合因数 k_{33} 可达 93%, k_t 可达 64%, 机械品质因数 Q_m 低至 50~60。用该晶体取代传统的 PZT 系陶瓷制作成接受型超声换能器探头中的压电元件, 可望使器件的图像分辨率与频带宽度大为提高, 进而产生更新换代的变化。因此该类弛豫型铁电单晶在国际铁电界与晶体生长界引起了广泛的关注。

然而, 由于生长体系的组分复杂、晶相的热稳定性差, 也由于传统生长方法的缺陷, 包括 PMNT, PZNT 与 PSNT 在内的这类单晶的生长仍处于实验室阶段, 单晶的尺寸与性能难以保持稳定, 从而阻碍了晶体的大规模开发与应用。本文在对 PMN-PT 体系相图、相结构与相稳定性的分析与测试的基础上, 结合对晶体生长机制的理论分析, 找到了适宜 PMNT 单晶生长的方法——Bridgman 法。该方法通过利用籽晶生长有效地控制了自发成核; 通过对固液界面形状与位置的控制保持了晶体生长过程的稳定。尺寸达 $\phi 40 \times 80$ mm 的、纯钙钛矿相的、三方或四方结构的 PMNT 单晶已生长出来。

对 PMNT 单晶的完整性进行了分析研究。该晶体的组分不均匀性通过铁电性能, 如电容率 ϵ 及压电常量 d_{33} 等灵敏地显示出来, 并在透光率与电畴结构上有所反映; 晶体中存在的点缺陷通过内偏场与空间电荷的存在而显示; 晶体中还存在散射颗粒、负晶结构、气泡、胞状结构与开裂等宏观缺陷, 它们劣化了晶体的压电性能。通过分析缺陷的形成机理, 优化晶体生长条件, 可以有效地提高晶体的完整性与压电性能。

关键词: 压电单晶; PMNT; 布里奇曼法

Key words: piezoelectric single crystal; PMNT; Bridgman method

^{*}国家自然科学基金重大项目(599995520); 国家自然科学基金项目(59872048); 上海市科技发展基金重点项目(98JC14017); 中国科学院应用研究与发展重大项目(KY95I-A1-205-03)。