

## 新型压电材料 - 弛豫铁电体单晶的研究\*

罗豪甍 沈关顺 王评初 乐秀宏 殷之文  
(中国科学院上海硅酸盐研究所 上海 200050)

传统的压电材料中, PZT 陶瓷的压电性能比较好, 它的  $d_{33}$  压电系数可以达到  $500\sim 600\text{pC/N}$ . 然而最新的研究结果表明, 弛豫铁电体单晶的压电效应更加显著, 它的  $d_{33}$  压电系数可以达到  $2200\text{pC/N}$ , 机电耦合系数  $K_{33}$  可达 92%, 因此, 弛豫铁电体单晶完全可以替代现有的压电陶瓷材料, 在压电领域中有广泛的应用前景.

美国和日本正在投入许多人力和物力, 进行弛豫型单晶铁电体材料制备研究和应用开发的工作, 纷纷看好弛豫铁电体单晶材料的巨大压电换能器应用市场. 由于弛豫型单晶铁电体材料具有优异电声转换的压电性能, 它可以使现有的超声成像系统分辨率大大提高. 其具有的组成为  $\text{Pb}(B_1B_2)\text{O}_3$  的钙钛矿结构, 其中  $B_1$  为  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  等低价阳离子,  $B_2$  为  $\text{Nb}^{5+}$ 、 $\text{Ta}^{5+}$ 、 $\text{W}^{6+}$  等高价阳离子.

最近我们开展了固溶体组成为  $x\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-(1-x)\text{PbTiO}_3$  (简称为 PMN-PT) 的弛豫铁电体单晶材料的生长及其介电和压电性能表征研究工作. 从研究 PMN-PT 体系在其准同型相界组成附近的高温相图结构出发, 根据该体系在其准同型相界组成附近的高温相图特点, 确定了适宜于 PMN-PT 弛豫铁电体单晶的生长方法. 现在已能生长出直径为  $7\sim 8\text{mm}$  的 PMN-PT 黄色单晶, 抛光后晶体透明. 生长出的 PMN-PT 晶体从高温降至室温过程中, 要发生顺电相到铁电相的弥散性铁电相变, 其居里温度  $T_c$  约为  $170^\circ\text{C}$ . 晶体极化后, 在室温和  $1\text{kHz}$  条件下, PMN-PT 的介电常数  $\epsilon=3500$ , 介质损耗  $\tan\delta=1.5\%$ . 从 Sawyer-Tower 型电滞回线的测试中可知, 晶体的矫顽电场  $E_c$  约为  $349\text{V/mm}$ , 剩余极化  $P_r$  约为  $33\text{mC/cm}^2$ . 用 Burlincourt 型 ( $f\sim 55\text{Hz}$ ) 方法测得晶体的压电系数  $d_{33}$  最大为  $1040\text{pC/N}$ , 机电耦合系数  $K_t=0.60$ . 从这些测试数据可知, 我们现在生长的 PMN-PT 单晶的压电性能要明显比弛豫铁电体陶瓷的要好, 我们正在进一步生长大尺寸 PMN-PT 铁电单晶材料, 建立一定规模的弛豫铁电单晶的生产能力, 以满足机电换能器对高性能的压电材料的迫切需求.

关键词 弛豫铁电单晶, 铌镁酸铅 - 钛酸铅

### Study of New Piezoelectric Material —Relaxor Ferroelectric Single Crystals

LUO Haosu SHEN Guanshun WANG Pingchu LE Xiuhong YIN Zhiwen  
(Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences Shanghai 200050 China)

#### Abstract

A cost-effective crystal growth method was studied to fabricate the relaxor ferroelectric single crystal of lead magnesium niobate-lead titanate (PMN-PT). The crystal of PMN-PT, 7mm in diameter was prepared, and its dielectric and piezoelectric properties measured are as follows:  $T_c \sim 170^\circ\text{C}$ ,  $E_c \sim 340\text{V/mm}$ ,  $\epsilon \sim 3500$  ( $25^\circ\text{C}$  and  $1\text{kHz}$ ), and  $d_{33} \sim 1040\text{pC/N}$ .

Key words relaxor ferroelectric single crystal, lead magnesium niobate-lead titanate

\* 1997年8月8日收到