

为这时激发信号大。

(3) 共振峰: 均由 $\sin kL$ 等因式决定, 在共振频率附近时, 可求得 $\sin(k_0L + j\alpha)L = \alpha L(1 + \delta^{-2} \cdot (\Delta f/f_r)^2)^{-1/2}$, 式中

$$\delta = \frac{\alpha}{k_0} = \frac{1}{\alpha} \frac{1}{2\omega} \left(\frac{1}{\mu} + (\gamma + 1) \frac{1}{\gamma} \right)$$

f_r 是共振频率, μ 是运动粘滞系数, ν 是传热率。共振峰半宽度可表示为 $B = 2\delta f_r$, 各次谐波均类比, a 是驻波管半径。以上都证实(9)式。

(4) 各次谐波的关系: 大致说 $p_m \sim p_1^m$, 高次谐波声压低, 但升得快。基波升高 1dB, 次谐波就升高 mdB, 在非共振区, 声压级低, 第三次、第四次谐波就容易观察了。所以此实验要在基波共振频率附近做, 这样不但各次谐波都加强, 谐波与基波的声压级差也大为减小。基波在 130 ~ 150dB 范围内, 直到第五次谐波, 升高情况完全符合理论预计。基波声压级约大于 150dB 后, 各次谐波均开始趋于饱和, 次数越

高, 饱和越快, $p_m \sim p_1^m$ 的关系有逐渐变为 $p_m \sim p_1$ 的趋向。基波与电信号的关系也呈现饱和现象, 但与频率有关。

(5) 分岔现象^[6]: 基波增强到某一程度时, 闭管中分岔现象突然出现, 并很快发展, 出现大量次谐波。这个现象也反应到电信号系统。分岔现象的出现, 与频率有关, 并呈现滞后现象。

以上是实验研究所得到的主要结果, 如前所述, 有的现象现有理论还不能解释。故对非线性驻波问题尚需作进一步的理论与实验研究。

参考文献

- 1 Da-You Ma and Ke Liu. J. Acoust. Soc. Am, 1995; 98(5): 2753 ~ 2763
- 2 马大猷. 声学学报, 1994; 15(5)
- 3 马大猷. 声学学报, 1994; 19(3)
- 4 刘克. 声学学报, 1995; 20(4)
- 5 刘克. 声学学报, 1995; 20(5)
- 6 Liu Ke, Ma Dayou. Chinese Phys. Lett, 1992; 19(5)

界面势垒对有机铁电共聚物铁电开关性能的影响^①

李杰 祝生祥

(同济大学波耳固体物理研究所 · 200092)

1 前言

PVDF 是一种有机大分子聚合物, PVDF 及其共聚物具有强压电性^[1,2]。这种有机压电、铁电材料, 作为机电转换换能器, 已获得广泛的应用^[3]。有机压电效应的发现, 引起了人们对这种新的压电机理研究的兴趣。结构分析表明, 在 β 相 PVDF(及其共聚物) 晶体中, 其分子的电偶极矩平行排列, 而且这些偶极矩在外电场作用下可以重新取向^[4,5]。这种基于分子偶极矩的自发极化因而被认为是有机压电材料压电性和铁电性的起因。此后, 进一步关于这种材料铁电开关性能的研究, 以及铁电相变居里温度的发现, 加强了人们对这一“偶极矩”模型的确信。然而, 早期的研究者也发现, 电极结构对 PVDF 材料的压电性能也有显著的影响。Sussner^[6] 等人将三片 PVDF 膜叠放在一起, 加上直流电场同时极化, 结果发现仅与阳极接触的膜才具有强压电性, 而与阴极接触的膜完全没有压电性。这种“电极效应”反映了有机压电材料与无机压电材料压电机理本质上的差

别。但这一效应长期来未得到完全的解释。

本文采用新的实验方法, 对电极效应, 即电极极性以及电极材料对 PVDF 膜铁电开关过程的影响作了精确的测定。结果证实: 不仅电极的极性, 而且电极材料对膜的铁电性能有重大影响。实验揭示了极化发生时载流子参与了铁电开关过程。根据这些实验现象, 我们提出了开关过程的定性模型解释。

2 实验方法与实验结果

实验的原理图如图 1 所示

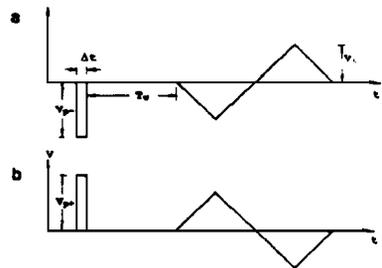


图 1 实验原理图

① 自然科学基金资助项目。

首先将一电压脉冲(可以是负脉冲,图 1(a),或正脉冲,图 1(b))加在样品上,以改变样品的极化状态。电脉冲对样品极化影响的效果则用继后的三角波电压来探测。当脉冲的幅度或宽度很小,对样品极化状态没有显著影响时,三角波将探测到两个极化翻转峰(图 2(a));而当脉冲宽度扩大到可以将样品全部极化反转时,三角波只能探测到一个极化反转信号(图 2(c))。当脉冲宽度居间而将样品极化状态部分反转时,三角波探测到幅度减小的极化反转峰(图 2(b))。将三角波探测到的第一个极化反转信号积分,即可得到在电压脉冲作用后样品的剩余极化。

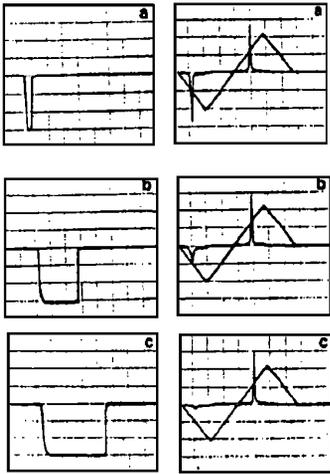


图2 探测到的极化反转信号

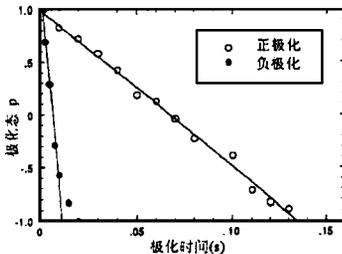


图3 极化态与极化时间的关系

样品由 Sping-Coating 方法制备,在玻璃衬底上首先蒸镀铝电极作为底电极。然后将 P(VDF-TrFE)膜沉积在 A1 电极上。在经过退火处理后,再在膜上蒸镀金面电极。分别采用图 1(a)和图 1(b)所示的电压脉冲和探测三角波来研究样品的“正向”和“反向”极化过程。详见[7],实验结果绘于图 3。横坐标是极化时间,即所加电压脉冲的宽度。纵坐标表示在电压脉冲作用后,由三角波电压探测到的极化态。由+Ps 到-Ps 表示极化的完全反转,而居中值表示部分反

转的极化态。改变电压脉冲的宽度得到一系列的极化状态,从而描绘了整个极化反转的过程。

图中的两组数据,一组是负极化,即极化由上向下翻转过程;另一组是正极化,即极化由下向上翻转过程。根据“电偶极矩”理论模型,正向极化和反向极化应当是对称的,即图中的二组曲线应当重合。实测表明二者有明显的区别。

3 讨论

图 3 表明在同一样品正向极化和反向极化之间有明显的非对称性。这一实验现象不能简单地用“电偶极矩”模型解释。为了解释所观察到的实验现象,我们提出以下几种假设:

(1) 如 Eisenmenger 等人^[8]所假设的,电偶极矩的翻转和残余极化的建立是不同的过程,残余极化的建立需要在偶极子反转后由某种电荷载流子来“锁定”(Stablization)。

(2) 假定“锁定”的电荷主要来自电极的注入。

(3) 金属电极向聚合物可以注入电子或空穴。在我们的情况下,空穴注入占主导地位。

(4) 在聚合物和金属界面上形成(电子)势垒。势垒的高度与金属电极材料有关:金属的电负性越强(如金),电子的势垒越高,注入空穴越容易。故当金电极正向偏置时,因空穴注入的势垒低,因而开关过程要比铝电极正向偏置时的开关过程短得多。

总之,我们认为聚合物的铁电开关过程与金属电极的空穴注入过程有关;空穴注入的速率与界面上的势垒高度有关;而势垒高度则与金属电极材料的电负性有关。

参考文献

- 1 H. Kawai, Jpn. J. Appl. Phys., 1969; 8: 95
- 2 H. Ohigashi and K. Koga. Jpn. J. Appl. Phys., 1980; 21:L 455; 1985; Supp- 24, 23
- 3 The application of Ferroelectric Polymers Ed. T.T. Wang, J. M. Herbert and M. Glass. Blackie & Son Ltd., 1988
- 4 A. J. Lovinger. Science, 1983; 220: 1115
- 5 Takahashi, M. Data, and E. Fukada. Ferroelectrics, 1981; 32: 73
- 6 H. Sussner and K. Dransfeld. J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed., 1978; 16: 529
- 7 Lei-jie. The Study of the switching process in ferroelectric polymers. Hartung-Gorre Verlag, 1994; 19~32
- 8 M. Womes, E. Bihler, and W. Eisenmenger. IEEE Tran. Electr. Insul., 1989; 24: 461