

频域介电谱中的居里峰^{*}

席小玲¹, 王卫林¹, 沈 韩², 陈 敏²
(1. 宜春学院物理学系, 江西 宜春 336000;
2. 中山大学物理学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 在 0.03~10 000 Hz 范围对 Ba_{0.68}Sr_{0.32}TiO₃ 陶瓷的铁电相变作了介电谱测量, 当频率足够低时居里峰位置向低温端移动, 并且峰值变得越来越不明显。

关键词: 钛酸锶钡; 介电谱; 超低频; 居里峰

中图分类号: O482.4 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2003) 03-0100-02

钛酸锶钡 Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ 陶瓷具有弥散型铁电相变。时域介电谱测量表明其静态介电常数可分解为 $\epsilon_S = \epsilon_L + \epsilon_F$; 并且无论在顺电或铁电相, 快分量都远小于慢分量^[1]。因为提供的电容量不遵从 RLC 交流电路方程

$$\frac{Ld^2Q}{dt^2} + \frac{RdQ}{dt} + \frac{Q}{C} = U(t)$$
$$I = \frac{dQ}{dt} \tag{1}$$

这时无法定义复阻抗的概念从频域测量给出复介电常数 $\epsilon = \epsilon' - i\epsilon''$ 。因此, 其顺电相的频域介电谱实验结果的解释存在严重矛盾^[2]。本文继续用频域方法研究其铁电相变过程, 以观察矛盾的变化。样品 $x=0.32$, 直径 16.49 mm, 厚度 0.838 mm; 烧银电极, $C_0=2.27$ pF。

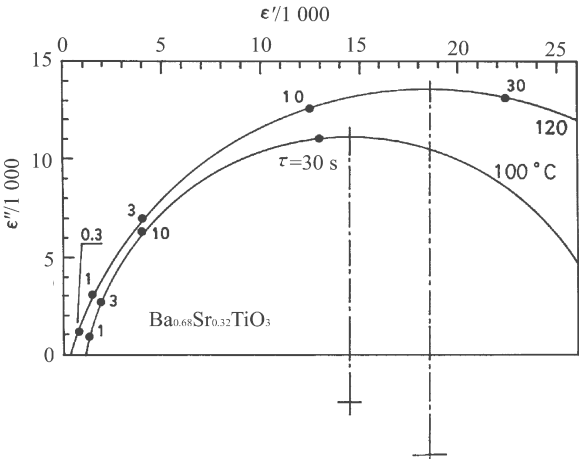


图 1 钛酸锶钡的 Cole-Cole 图
Fig. 1 Cole-Cole plot of Ba_{0.68}Sr_{0.32}TiO₃ ceramics

图 1 示出一些超低频段顺电相测量结果, τ 为正弦测量讯号的周期。测点分布在一段圆弧上。120 °C 和 100 °C 时圆心在 $(\epsilon', \epsilon'') = (1.84 \times 10^5, -4 950)$ 和 $(1.45 \times 10^5, -2 400)$ 上。在 5~10 000 Hz, (ϵ', ϵ'') 关系组成一直线; 和 $x=0.5$ 时的情况^[3] 完全相似。在此温区 $\epsilon_L \gg \epsilon_F$, 样品的电容量 C 几乎完全由空间电荷的电位移所提供^[1]。温度再降低时, 空间电荷的激发较难, 圆弧半径减小。

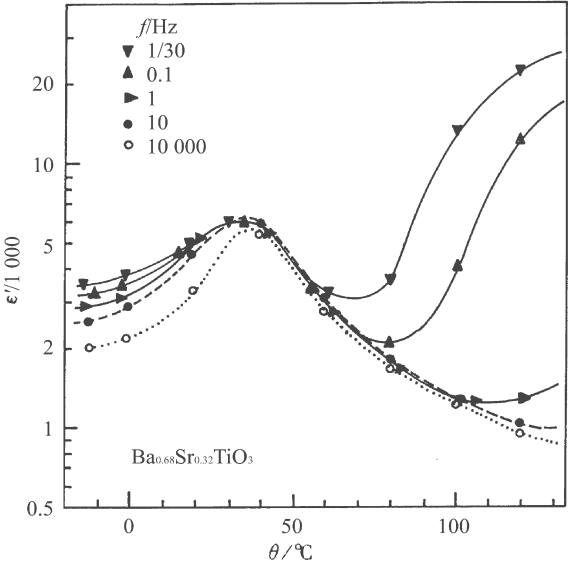


图 2 钛酸锶钡相变过程中的频域介电常数
Fig. 2 Frequency domain dielectric constants of Ba_{0.68}Sr_{0.32}TiO₃ ceramics during phase transition

图 2 示出样品的 ϵ' 随温度 θ 的变化。在 (0.5~100) kHz 范围, $\epsilon'(\theta)$ 曲线几乎不随频率变化, 居里峰位置给出铁电相变温度为 38 °C。随着测量频率的进一步变化, 居里峰变宽, 峰值位置向

^{*} 收稿日期: 2002-09-27
基金项目: 江西省教育厅科技计划资助项目 (2001387); 广东省“十五”重大科技专项资助项目 (C11102)
作者简介: 席小玲 (1962 年生) 女, 讲师, 通讯联系人: 沈韩; E-mail: stdp11@zsu.edu.cn
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

低温端移动。当频率低于 0.1 Hz 时，相变点高温侧的频域介电常数显得越来越偏离居里定律。由图 2 各实验曲线变化趋势可以预测，当频率足够低时铁电相变的居里峰甚至可以消失。

在远离相变区的顺电相，频率不太低的纯正弦电压作用下通过样品的电流大致上也是正弦的，因此，至少在形式上可以用式（1）定义样品的阻抗以计算出复介电常数。但在铁电相和相变区附近，即使外加正弦电压幅值不超过 5 V，通过样品的电流也已出现偏离正弦的失真。故频域方法至多只能认为是近似的测量。这种失真并非来自样品极化效应的非线性，因为时域测量表明此时样品的 ϵ_s 仍是线性的^[1]；故失真只能归因于慢极化不遵从式（1）使阻抗和复介电常数的概念不再正确。图 3 示出在正弦电压 U 作用下通过样品的电流 I 的非正弦波形；此时的样品虽为顺电相，但距居里点不远。电流的这种波形失真使频域方法逐渐失去意义。

用频域方法测量介电常数已有 150 多年的历史。由此形成了系列的理论和各种自动化测量仪器。但这些仪器一般均以式（1）正确为前提来设

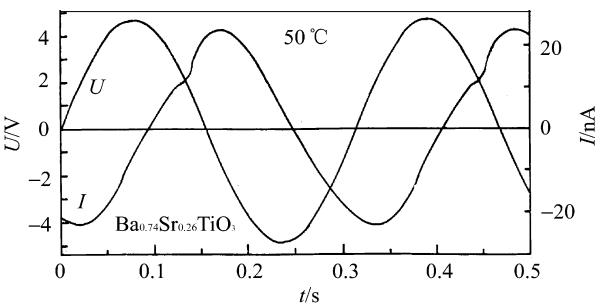


图 3 钛酸锶钡的交流伏安波形
Fig 3 AC wave form of voltage and current of $Ba_{0.68}Sr_{0.32}TiO_3$ ceramics

计的，并未考虑到如何去判断这个前提假设的符合与否。对于近年出现的一些新电介质材料，频域的方法和概念至少在超低频的合理性值得重新研究。

参考文献:

[1] LEI D M, LI J D, LI Z Q. Time and frequency domain dielectric spectrum of $Sr_xBa_{1-x}TiO_3$ ceramics [J]. *Ferroelectrics*, 1999, 231: 91—96.
[2] 沈韩, 王卫林, 席小玲, 等. 慢极化效应和因果律[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2002, 41(4): 31—33.
[3] 王卫林, 沈韩, 陈敏. 非德拜型介电弛豫[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2002, 41(2): 29—31.

Courier Peak of Frequency Domain Dielectric Spectroscopy

XI Xiao-ling¹, WANG Wei-lin¹, SHEN Han², CHEN Min²

(1. Department of Physics, Yichun College, Yichun 336000, China;

2. Department of Physics, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Dielectric spectroscopy of $Ba_{0.68}Sr_{0.32}TiO_3$ ceramics undergoing ferroelectric phase transition has been measured in frequencies from 0.03 Hz to 10 kHz. If frequency changes to be low enough, the courier peak moves towards low temperature, while its amplitude goes to be more and more undistinguishable.

Key words: BST ceramics; dielectric spectroscopy; ultra-low frequency; courier peak