

# ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ И МЕТОДЫ ЕГО ИЗМЕРЕНИЯ

Е. О. Трушникова

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

Монокристалл ниобата лития является одним из наиболее важных материалов для фундаментальных исследований и применения в электрооптике, нелинейной оптике, акустике и др. Для практических применений ниобата лития весьма важными являются знание его оптических, электрических и акустических свойств и возможность влиять на физические характеристики кристалла в нужном направлении. Известно, что многие физические свойства монокристаллического  $\text{LiNbO}_3$  в области температур от  $80^\circ\text{C}$  до  $200^\circ\text{C}$  проявляют аномальное поведение. Такие аномалии могут заметно влиять на рабочие характеристики устройств, использующих технические элементы из ниобата лития.

Причины этих физических аномалий до сих пор однозначно не установлены. Одной из возможных общих причин может являться структурный фазовый переход (без изменения точечной симметрии), протекающий в ниобате лития в указанном температурном интервале. Другими возможными причинами могут быть процессы, связанные с образованием поляронов малого радиуса,  $\text{Nb}^{4+}$  активацией при этих температурах миграции ионов (напр.,  $\text{H}^+$  и групп  $\text{OH}^-$ ), и другие явления, не затрагивающие собственную кристаллическую структуру ниобата лития.

Для изучения пироэлектрического эффекта используются различные качественные и количественные методы.

Качественные методы основаны на наблюдении электростатического взаимодействия пироэлектрических зарядов, возникающих при изменении температуры пироэлектрика.

Количественной характеристикой пироэффекта служит пирокоэффициент, характеризующий изменение спонтанной поляризации монокристалла с изменением температуры [1-4]:

$$p = \frac{dP_s}{dT},$$

где  $P_s$  – спонтанная поляризация кристалла,  $T$  – температура.

Количественные методы сводятся к измерению величины заряда, возникающего на металлизированных обкладках образца при изменении его температуры, но они отличаются способами реализации изменения температуры и измерения приращения заряда.

Количественные методы определения пироэлектрического коэффициента делятся на 4 основные группы – статические, квазистатические, динамические и оптические.

Статический метод: в этом методе электрометром измеряется электростатический заряд  $q$ , возникающий на полярных гранях кристалла при быстром изменении его температуры от стабилизированного значения  $T_1$  к стабилизированному значению  $T_2$ .

Статический метод дает прямое определение величины пироэлектрической постоянной, однако, измерения этим методом становятся весьма трудоемкими при необходимости измерений в широком интервале температур для множества установившихся дискретных значений температуры.

Квазистатический метод: этот метод заключается в измерении тока, текущего во внешней цепи при непрерывном изменении температуры кристалла. В этом случае температура пироэлектрика изменяется непрерывно, а пироток снимается со всего объема образца, и характеризует среднее значение пирокоэффициента.

Динамический метод: суть этого метода состоит в регистрации пиросигнала при периодическом нагреве и охлаждении образца модулированным тепловым потоком.

Оптический метод: этот метод делится на интерференционный метод измерения пирокоэффициента и на самоканализацию (самофокусировку) световых пучков.

Для более подробного рассмотрения пироэлектрического коэффициента можно проанализировать температурные зависимости, полученные квазистатическим и статическим методом.

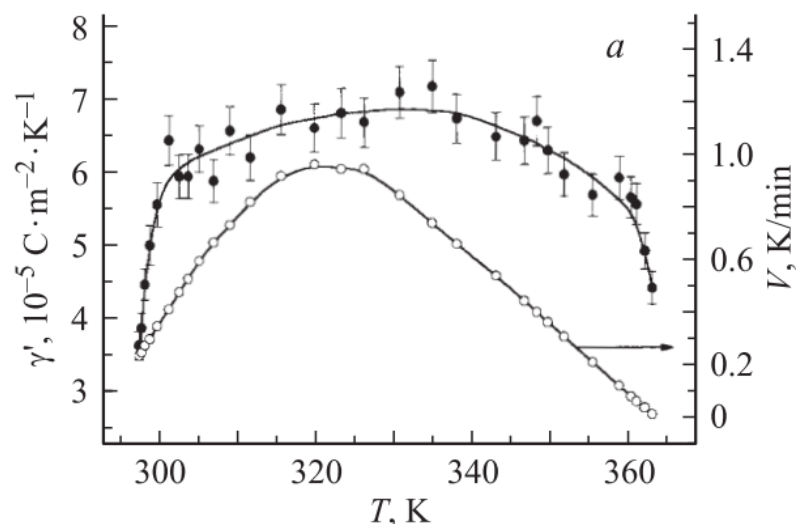
Для начала рассмотрим температурную зависимость пирокоэффициента, полученную квазистатическим методом [5], представленную на рисунке 1.

Для этого эксперимента характерно быстрое увеличение значений пирокоэффициента на начальном участке и существенный спад значений пирокоэффициента на заключительном участке цикла нагрева.

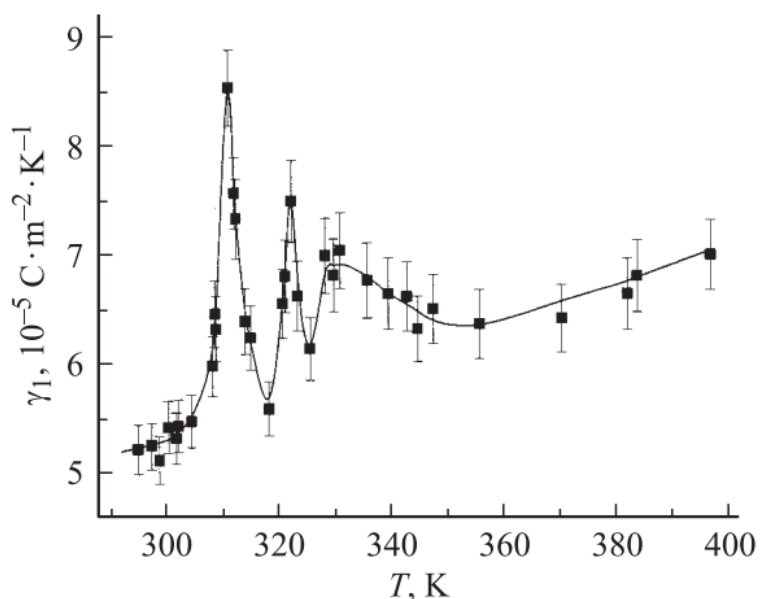
Применение квазистатического метода может приводить к существенным систематическим ошибкам. Для уменьшения погрешности при расчете пирокоэффициента скорость изменения температуры должна быть постоянна. Наиболее вероятной причиной их появления является неконтролируемый градиент температуры внутри образца и сопутствующее возникновение механических напряжений, что влечет за собой появление дополнительного пьезоэлектрического вклада.

Для уменьшения влияния градиента температуры применяется статический метод исследования, обычно используемый в области сверхнизких температур (Рис. 2) [5].

После предварительного разогрева термостата до необходимой начальной температуры  $T_1$  кристалл изотермически выдерживается до исчезновения пироэлектрического тока и проводится медленное изменение температуры кристалла на величину  $\Delta T$ .



**Рис. 1.** Температурная зависимость пирокоэффициента, полученная квазистатическим методом [5]



**Рис. 2.** Температурная зависимость пирокоэффициента, полученная статическим методом [5]

Такие режимы нагрева даже для сравнительно тонких образцов НЛ приводят к возникновению градиента температуры вдоль полярной оси кристалла, достаточного для проявления влияния третичного пироэлектрического эффекта. Этому сопутствует возникновение дополнительного вклада в  $E_x$  – и  $E_y$  – компоненты макроскопического внутрикристаллического электрического поля, которые вызывают оптическую двуосность кристаллов и градиент показателей преломления в области доменных стенок, что в результате приводит к увеличению остаточного светового потока. Запись оптически фазовых галограмм

импульсным методом могут также приводить к заметным искажениям фазового рельефа.

Таким образом, вопрос о природе аномалий целого ряда физических свойств монокристаллического ниобата лития остается открытым. Поэтому тщательные систематические исследования физических свойств монокристаллического ниобата лития и в особенности его аномального поведения являются актуальной задачей, важной как для совершенствования технических изделий, в которых применяется ниобат лития, так и для понимания особенностей физических явлений в полярных средах.

### Список литературы

1. *Кременчугский Л. С.* Сегнетоэлектрические приемники излучения. К.: Наукова думка, 1972. 234 с.
2. *Lang S. B.* Sourcebook of pyroelectricity. New York: Gordon and Brech Sci. Publishers, 1974. 562 p.
3. *Новик В. К., Гаврилова Н. Д., Фельдман Н. Б.* Пироэлектрические преобразователи. М.: Советское радио, 1979. 176 с.
4. *Косоротов В. Ф., Кременчугский Л. С., Самойлов В. Б., Щедрина Л. В.* Пироэлектрический эффект и его практическое применение. К.: Наукова думка, 1989. 224 с.
5. *Евдокимов С. В., Шостак Р. И., Яценко А. В.* Аномалии пироэлектрических свойств кристаллов  $\text{LiNbO}_3$  конгруэнтного состава // Физика твердого тела. 2007. Т. 49, вып. 10. С. 1867-1870.