

НАБЛЮДЕНИЕ ЭФФЕКТА СЕГНЕТОБИЭЛАСТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ ЛАНГАСИТА ПРИ ОДНООСНОМ СТАТИЧЕСКОМ ДАВЛЕНИИ

Г.Д.Мансфельд¹⁾, Ж.Ж.Бой*²⁾

*Институт радиотехники и электроники РАН
103907 Москва, Россия*

**Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques
Besançon, France*

Поступила в редакцию 23 июля 1997 г.

Путем измерения изменения частоты составного акустического резонатора, выполненного из монокристалла лангасита ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$), подвергнутого одноосному давлению, обнаружен эффект сегнетобиэластического переключения. Эффект регистрировался по скачку частоты резонатора в момент переключения. Измеренная величина давления в момент переключения оказалась существенно выше у кварца и составила 740 МПа.

PACS: 77.80.Fm

Согласно [1], в кристаллах класса 32, являющихся сегнетобиэластиками, возможно существование эффекта сегнетобиэластического переключения, стимулированного одноосным статическим давлением в определенных, специально выбранных направлениях. Этот эффект перехода образца как целого в двойниковое состояние неоднократно наблюдался в монокристаллах кварца оптическим [2], а недавно и акустическим [3] методами. Эффект переключения также был обнаружен в кристаллах ортофосфата галлия [4]. Ниже сообщается о наблюдении эффекта переключения в монокристалле лангасита ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$).

Выбор направления приложения давления, вызывающего сегнетоэластическое переключение, основан на энергетических соображениях: энергия кристаллической решетки после перехода ее как целой в двойниковое состояние должна быть меньше, чем в исходной фазе. В соответствии с [5] для направлений приложения давления, благоприятных для возникновения эффекта переключения, изменение функции Гиббса ΔG при переходе в двойниковую фазу должно быть отрицательным. Можно показать, что для пластин X-среза кристаллов класса 32

$$\Delta G = 2S_{1123}P^2F(\theta), \quad (1)$$

где $F(\theta)$ – функция, зависящая от угла между осью Z кристалла и направлением Z' . вдоль которого приложено механическое напряжение P :

$$F(\theta) = -2 \sin 2\theta \sin^2 \theta. \quad (2)$$

Положительные значения $F(\theta)$ показаны в полярных координатах на рис.1а. Поскольку упругая податливость S_{1123} для кристалла лангасита отрицательна, то отрицательные значения ΔG возможны только в окрестностях углов в $+135^\circ$ и -45° .

¹⁾ e-mail: mans@mail.eplire.ru

²⁾ J.J.Boy

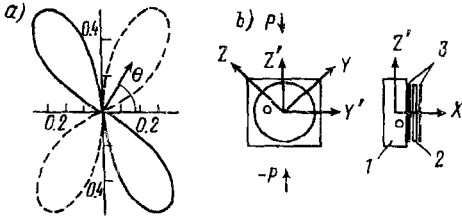


Рис.1. а – благоприятные углы приложения давления для перехода образца X-среза в двойниковую фазу, сплошные кривые – лангасит, штриховые – кварц; б – конфигурация опыта по наблюдению эффекта ферробизластического переключения в лангасите: 1 – монокристалл лангасита – пластинка X-среза, 2 – пленка ZnO, 3 – электроды

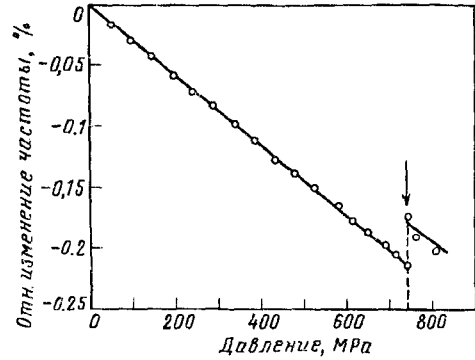


Рис.2. Зависимости относительного изменения частоты составного акустического резонатора от величины приложенного давления, стрелкой показан момент переключения

В настоящей работе для изучения влияния одноосного давления на упругие свойства кристалла и для наблюдения эффекта сегнетобизластического переключения использовалась акустическая методика, развитая ранее нами и примененная в работе [3]. Исследуемые образцы лангасита являлись частью составных акустических резонаторов и представляли собой пластинки X-среза с оптически полированными и параллельными друг другу (непараллельность $< 8''$) лицевыми гранями. На одну из этих поверхностей наносились пьезоэлектрические преобразователи из окиси цинка. Одноосное давление, в соответствии с формулой (1) и рис.1а, прикладывалось под углом -45° по направлению к оси Z, как показано на рис.1б. Все торцевые грани образцов были также оптически отполированы и были строго перпендикулярны по отношению к лицевым граням. Составной резонатор является многочастотным, резонанс наступает всякий раз, когда на толщине структуры укладывается целое число полуволн. При толщине пластины лангасита 3 мм и толщине пленки ZnO 8 мкм сетка резонансных частот наблюдалась в диапазоне от 100 до 600 МГц. Изменение каждой из резонансных частот под действием одноосного давления однозначно связано с изменением так называемой "естественной" скорости звука [6], которая при сегнетобизластическом переключении должна изменяться скачком [4].

Резонансные пики регистрировались в нашем эксперименте с помощью анализатора СВЧ цепей НР4396 одновременно на двух соседних резонансных частотах 419.824 МГц и 420.761 МГц. Усредненные данные измерений относительных изменений частоты под действием давления представлены на рис.2. При приложении одноосного давления изменения резонансных частот были отрицательными и монотонно зависели от величины давления. Видно, что такой характер зависимости изменения частоты от давления сохраняется примерно до 740 МПа. При давлении 740 МПа измеряемые резонансные частоты увеличиваются скачком. При дальнейшем повышении давления частоты резонансов

вновь монотонно уменьшаются (вплоть до давлений, соответствующих началу разрушения образца).

Интересно сравнить эти данные с результатами исследования аналогичного явления в кварце [4]. Для пластины X-среза при значении давления порядка 500 МПа резонансная частота испытывает скачок, обусловленный сегнетобиэластическим переключением, когда в большей части образца (или во всем образце) кристаллическая решетка переходит в двойниковую фазу. По-видимому, и в нашем случае также имеет место эффект переключения. Однако знак изменения частоты, в случае кварца, иной и начальное изменение частоты с давлением положительно. Кроме того, для наблюдения эффекта переключения в случае кварца механическое напряжение необходимо, согласно формуле (1), прикладывать под углом 45° по отношению к оси Z, как это следует из рис.1а, где результаты расчета для кварца представлены штрихом. Эти различия в направлении приложения давления и характере изменения частоты под действием давления соответствуют теории [6] – они, в частности, связаны с тем, что знаки коэффициента S_{1123} в случае кварца и лангасита противоположны. Существенно меньше у лангасита и сама величина наблюдаемого изменения частоты в момент переключения. Следует отметить, что эффект переключения в лангасите наблюдать труднее, чем в кварце. Имевшийся в нашем распоряжении лангасит более хрупок, чем кварц, а переключение имеет место при больших значениях давления. Поэтому большинство образцов механически разрушалось еще до наступления эффекта переключения.

Таким образом, в настоящей работе получены экспериментальные данные, свидетельствующие о возможности стимулирования эффекта сегнетобиэластического переключения в монокристаллах лангасита с помощью одноосного давления.

Авторы благодарны академику Ю.В.Гуляеву и проф. Р.Бессону за внимание к работе.

Работа частично поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований 96-02-17480.

-
1. K.Aizu, J. Phys.Soc. Jap. **34**, 121 (1973).
 2. R.E.Newham and L.E.Cross, *Ferroelectrics* **10**, 269 (1976).
 3. Г.Д.Мансфельд, Р.Бессон, П.Гуззо, ФГТ **39**, 290 (1997).
 4. G.D.Mansfeld, J.J.Boy, P.Guzzo, and O.V.Zvereva, *Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control* **44**, 722 (1997).
 5. W.P.Mason, *Crystal physics of interaction process*, New York: Academic Press, 1966.
 6. В.Е.Лямов, *Поляризационные эффекты и анизотропия взаимодействия волн в кристаллах*, М.: Изд. МГУ, 1983.