

НЕУПРУГИЕ ЯВЛЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ BaF_2

**О.И.ДАВАРАШВИЛИ^а, М.И. ЕНУКАШВИЛИ^а, Н.П.КЕКЕЛИДЗЕ^а,
Г.Ш.ДАРСАВЕЛИДЗЕ^б, Л.ГАБРИЧИДЗЕ^б, Т.С.МАМЕДОВ^в, Л.Н.ТЕСЕР^г**

*Тбилисский Государственный Университет им. Ив.Джавахишвили^а
380128, Тбилиси, пр. Чавчавадзе I
Институт металлургии АН Грузии^б
Институт физики НАН Азербайджана^в
AZ 1143, г.Баку, пр. Г.Джавида 33
Караелмаз Университет, Зонгулдак, Турция^г*

Методом низкочастотного крутильного маятника исследована температурная зависимость внутреннего трения и динамического модуля сдвига в кристаллах BaF_2 . Обнаруженные максимумы при 240 и 350°C с энергиями активации 1,5 и 1,6эВ имеют дислокационное происхождение, а максимум при 410°C, вероятно, относится к нерелаксационному процессу.

BaF_2 относится к структурному типу флюорита CaF_2 . В структуре флюорита атомы располагаются в центрах двух тетраэдрических пустот кубической плотной упаковки в результате образуя три взаимопроникающие ГЦК подрешетки [1].

В реальной структуре флюорита наличие внутренних напряжений, примесей и дефектов упаковки слоев атомов F и Ba создают условия структурной релаксации путем образования напряжений дислокационного происхождения [2]. Отмеченные особенности могут оказывать значительное влияние на электрофизические и структурно-чувствительные механические свойства этих материалов. В этом отношении весьма информативными являются исследования внутреннего трения в области повышенных температур при относительно низких частотах колебаний.

Актуальность изучения BaF_2 связана также с его использованием в качестве подложек для роста твердых растворов соединений IV-VI, в том числе изопериодных, а также буферных слоев между подложкой PbSe или PbSeTe и эпитаксиальными слоями. Возможность растворения BaF_2 в воде позволяет формировать гетероструктуры общей толщиной порядка микрона, при этом существенно улучшая условия теплоотвода. Неисследованность этих процессов в кристаллах BaF_2 и их практическая значимость обусловили проведение подобных исследований.

В настоящей работе изучены температурная зависимость внутреннего трения и динамического модуля сдвига в кристаллах BaF_2 при свободнотухающих крутильных колебаниях при частоте ~ 1 Гц [3]. Измерения проводились на полуавтоматической установке, позволяющей при фиксировании частоты и числа колебаний между двумя регистрируемыми амплитудами колебаний, определить относительную величину модуля сдвига и внутреннего трения, как равно рассеянной энергии колебаний в виде тепла за один период колебаний. Измерения проводили в вакууме $\sim 10^{-4}$ мм рт.ст. в интервале температур 20-500°C при скорости нагрева 2град/мин. Относительная деформация образца в процессе колебаний не превышала $4 \cdot 10^{-5}$. Образец размерами 0,6-0,8·10мм³ крепился на оси крутильного маятника каолином, разбавленным силикатным клеем. Высушивания склеенных концов образцы добивались выдерживанием при температуре 1000°C в течение 3ч.

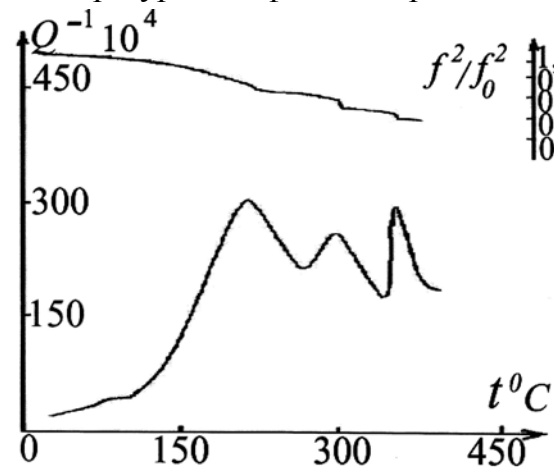
Внутреннее трение определяли по формуле из [3]:

$$Q^{-1} = 1/\pi N \cdot \ln(a_{n+1}/a_n),$$

где N – число колебаний, совершенных при снижении амплитуды с a_{n+1} до a_n .

Относительное значение модуля сдвига оценивали из соотношения квадратов текущей частоты (f) к начальной частоте (f_0) при исходной температуре.

В температурном спектре внутреннего трения на частоте ~ 5 Гц, обнаружены температурный фон и три интенсивных максимума внутреннего трения при



температурах 240, 350 и 410°C. Динамический модуль сдвига при температурах, соответствующих максимумам внутреннего трения скачкообразно понижался (Рис.1).

Рис.1.

Температурная зависимость внутреннего трения (Q^{-1}) и модуля сдвига (f^2/f_0^2) в кристаллах BaF_2

Отмеченные аномалии изменения длины закручивания, разупрочнения и падения модуля сдвига при повышенных температурах позволяют относить максимум внутреннего трения в окрестности 410°C к нерелаксационному процессу рассеяния энергии механических колебаний типа фазового превращения [4]. Для установления его природы намечается исследование термического расширения, теплоемкости и параметра решетки в этой области температур.

Предполагается, что остальные два максимума внутреннего трения, наблюдаемые при температурах 240 и 350°C, обусловлены релаксационными процессами, протекающими при одновременном воздействии знакопеременного механического напряжения и температуры. Расчет энергии активации проводили по известной формуле Верга-Маркса из [3]:

$$H = kT_{\max} \ln(k \cdot T_{\max} / h \cdot f_{\max}),$$

где k – постоянная Больцмана, h – постоянная Планка, T_{\max} и f_{\max} – температура и частота колебаний образца при максимуме внутреннего трения.

Расчет показал, что указанные максимумы характеризуются значениями энергии активации, равными 1,5 и 1,6 эВ, соответственно. Эти максимумы показывают зависимость от амплитуды колебаний, что указывает на их дислокационное происхождение [3].

Проведенные измерения обнаружили энергетически заметно различные внутренние трения, релаксационные и нерелаксационные процессы, скачкообразное понижение модуля сдвига и сильную температурную зависимость фона внутреннего трения. Эти особенности могут быть использованы при обнаружении различных структурных дефектов и установлении их активационных характеристик зарождения и миграции.

Работа частично поддерживается грантом NATO. PST. 980089.

1. У.Пирсон, *Кристаллохимия и физика металлов и сплавов*, Москва, изд. Мир, (1977) 471с.
2. А.Новик, Б.Берри, *Релаксационные явления в кристаллах*, Москва, Атомиздат, (1974) 472с.
3. В.С.Постников, *Внутреннее трение в металлах*, Москва, Металлургия, 1974, 351с.

4. Дж.Ф.Делорис, П.Ф.Робин в кн. *Аналитические возможности метода внутреннего трения*, Москва, Изд. Наука, (1973) 145.

BaF₂ KRİSTALLARINDA QEYRİ- ELASTİK HADİSƏLƏR

**O.I.DAVARAŞVILI, M.I. ENUKAŞVILI, N.P.KEKELIDZE, G.Ş.DARSAVELIDZE,
L.L.GABRICIDZE, T.S.MAMEDOV, L.N.TECER**

BaF₂ kristallarında daxili sürünmənin və dinamik modulun sürüşməsinin temperatur asılılığı kizik tezlikli burulma rəqqası metodu ilə tədqiq edilmişdir. 240 və 350⁰S-də 1,5 və 1,6eV aktivasiya enerjili müşahidə olunmuş maksimumlar dislokasiya mənşəli, 410⁰S-dəki maksimum isə faza zevrilməsi tipli qeyrirelaksasiya prosesinə aid olduğu ehtimal olunur.

INELASTIC PROCESSES IN BaF₂ CRYSTALS

**O.I.DAVARASHVILI, M.I.ENUKASHVILI, N.P.KEKELIDZE, G.SH.DARSAVELIDZE,
L.L.GABRICHIDZE, T.S.MAMEDOV, L.N.TECER**

Temperature dependence of the internal friction and dynamic shear modulus in the BaF₂ crystals was measured by low-frequency torsion pendulum method. Observed maximums at 240 and 450C revealed dislocation mechanism, but maximum at 410C belonged to to process without relaxation type phase transformation.

Редактор: Г.Аждаров