Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LI, вып. 3, 1970 г.

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННАЯ ОКРАСКА МОНОКРИСТАЛЛОВ ТИТАНАТА БАРИЯ В ПОЛЯРИЗОВАННОМ СВЕТЕ

А. Л. Маликов

Причины возникновения оптической окраски сегнетоэлектрических монокристаллов титаната бария различны. Например, окраска, определяемая примесями, появляется в процессе их кристаллизации; дихроическая — в результате абсорбции проходящего через кристалл поляризованного света. Специфическая окраска монокристаллов возникает также в результате интерференции распространяющихся в кристалле обыкновенного и необыкновенного лучей, а также вследствие дисперсии и дифракции света.

Для изучения интенсивности интерференционной окраски монокристаллов титаната бария в лаборатории кафедры физики были выращены кристаллы из 3 *мол.* % чистого титаната бария ($BaTiO_3$) в растворе смеси, состоящей из 40 *мол.* % карбоната калия (K_2CO_3) и 60 *мол.* % карбоната натрия (Na_2CO_3) в тигле из железа Армко по 123-часовой программе медленного охлаждения. Монокристаллы были получены двух видов: светлоголубые и бесцветные. Светлоголубые представляют собой плоские тонкие пластинки размером порядка 1,8×1,5 *мм* и толщиной до 0,2 *мм*. Бесцветные оказались более тонкими, но примерно тех же размеров. Большинство кристаллов имело правильную прямоугольную огранку, однако в некоторых светлоголубых наблюдались нарушения формы огранки и двойникование. Бесцветные кристаллы таких двойникований не имели.

Появление интерференционной окраски наблюдалось при комнатной температуре, при которой монокристаллы титаната

бария находятся в тетрагональной модификации, т. е. оказываются оптически одноосными и обладают двойным лучепреломлением, описываемым оптической индикатрисой (рис. 1).

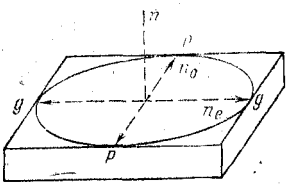


Рис. 1. Оптическая индикатриса одноосного монокристалла титаната бария

n_o и n_e — показатели преломления, соответственно, обыкновенного и необыкновенного лучей

Из рис. 1 видно, что направления диаметров эллипсоида: большого *gg* и малого *pp* показывают направления плоскостей колебаний амплитуды вектора напряженности электрического поля в световых лучах. Обыкновенный и необыкновенный лучи, как видно на рис. 2, проходят сквозь кристалл по одному направлению, но с разными скоростями, в результате чего образуется разность хода Δ.

Для расчета интенсивности * колебания приводятся в одну плоскость, совпадающую с оптической плоскостью анализатора (рис. 3).

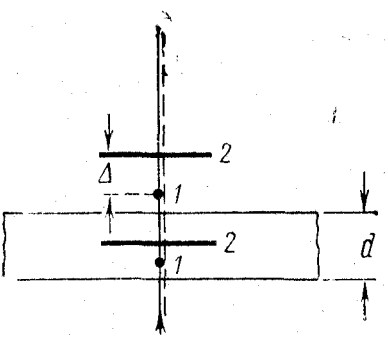


Рис. 2. Прохождение обыкновенного *1* и необыкновенного *2* лучей сквозь монокристалл титаната бария

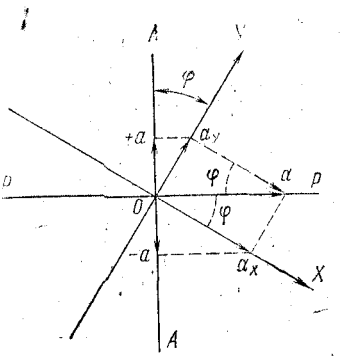


Рис. 3. Оптические плоскости анализатора и поляризатора при скрещенном их положении:

a — амплитуда колебаний вектора напряженности электрического поля в поляризованном луче; *POP* — главная оптическая плоскость поляризатора *P*; *AOA* — главная оптическая плоскость анализатора *A*; *xoy* — система координат, к осям которой привязаны диаметры эллипса, вписанного в монокристалл

* Татарский В. Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод исследования минералов. Изд-во «Недра», 1965.

Интенсивность света, прошедшего через пластинку монокристалла с толщиной d, при наблюдении в скрещенных николях определяется по формуле

$$I_{+} = I_0 \sin^2 2\varphi \sin^2 \pi\chi, \qquad (1)$$

где I_0 — интенсивность светового луча перед вхождением в кристалл; φ — угол, образованный плоскостью колебаний вектора напряженности электрического поля в поляризованном обыкновенном луче с оптической плоскостью анализатора; χ — число полных колебаний, укладывающихся в оптической разности хода интерферирующих лучей; $\chi = \frac{\Delta}{\lambda}$ (λ — длина волны проходящего света, $\Delta = (n_e - n_0)d$ — оптическая разность хода).

При параллельных же николях

$$I_{\parallel} = I_0 (1 - \sin^2 2\varphi \sin^2 \pi\chi). \qquad (2)$$

Из формулы (1) следует, что при скрещенных николях интенсивность света равна нулю для тех длин волн, для которых оптическая разность хода двух лучей равна целому числу

$$\Delta = (n_e - n_0) d = m\lambda, \qquad (3)$$

где m — любое целое число.

Если оптическая разность хода двух лучей равна одной длине волны, т. е. $m = 1$, то это соответствует в таблицах интерференционных цветов цвету первого порядка; если $m = 2$, то это соответствует цвету второго порядка и т. д. Интенсивность света максимальна, когда в оптической разности хода укладывается нечетное число полуволн

$$\Delta = (n_e - n_0) d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda. \qquad (4)$$

Следовательно, световые лучи, для которых разность хода двух лучей равна целому числу λ, гасятся анализатором и дают темноту, а световые лучи, для которых разность хода двух лучей равна дробному числу λ, анализатором пропускаются полностью. Световые же лучи с промежуточной разностью хода между (3) и (4) пропускаются анализатором частично. В результате монокристаллическая пластинка при скрещенном расположении николей приобретает интерференционную окраску, при переходе же к их параллельному расположению монокристалл принимает дополнительную окраску.

Изменения интенсивности окраски монокристаллов титаната бария визуально наблюдались под поляризационным микроскопом, позволяющим получать увеличение до 1020 крат. При скрещенных николях отдельные участки кристалла были красными, эти же участки в параллельных николях изменяли свой цвет на зеленый.

За счет специально изготовленной фотокассеты к фотомикроприставке, устанавливаемой в верхней части микроскопа, были получены цветные фотографии многоцветного изображения монокристаллов. Наблюдения показали, что при повороте николей из скрещенного в параллельное положение интенсивность интерференционной окраски отдельных участков монокристалла титаната бария возрастает постепенно. Каждая полоска полисинтетических двойников в монокристалле титаната бария окрашена в различные цвета. Например, одна из полосок, окрашенная при скрещенных николях в красный цвет, при параллельных — меняет свою окраску на зеленый. Интерференционная окраска изменялась в зависимости от угла поворота поляризатора, *град:*

0 — красный,
15 — розовый,
30 — светло-розовый,
45 — желтый,
60 — светло-зеленый,
75 — зеленый,
90 — темно-зеленый.

Аналогичные изменения наблюдаются и на бесцветных монокристаллах титаната бария. Таким образом, можно считать, что интенсивность окраски отдельных элементов кристалла вызывается различной ориентацией оптических осей этих элементов по отношению к плоскости колебаний вектора напряженности электрического поля. Изменение же интерференционной окраски этих элементов вызывается неодинаковой разностью хода обыкновенного и необыкновенного лучей, прошедших сквозь отдельные элементы кристалла. Изменение же цветности отдельных элементов кристалла при переводе николей из скрещенного в параллельное положение указывает на то, что в этом случае принимают все большее участие в образовании интерференционной окраски те цвета, которые в скрещенных николях были погашены.

Следовательно, по изменению интенсивности окраски отдельных элементов кристалла можно судить об изменении угла между направлениями колебаний в луче, падающем на кристалл, и оптической оси в отдельных его элементах, а по изменению цветности — об изменении показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей, проходящих сквозь элементы кристалла.