

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ
МЕТОДОМ РАВНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ

Д. М. Дорожкин^{✳)}, В. А. Кизель^{✳)}, В. А. Чиков, В. Д. Шигорин,
Г. П. Шипуло

УДК 535.32.321+323

Рассмотрен простой метод определения показателей преломления монокристаллов с точностью $(1-3) \cdot 10^{-3}$, использующий лазерные источники излучения. Приведены показатели преломления кристаллов ниобата и танталата лития, ниобата бария натрия, парателлурита, мета-толуилена-диамина на длинах волн 337 и 355 нм.

В настоящее время известен целый ряд методов определения показателей преломления N монокристаллов, наиболее распространенным из которых является метод призмы /1/. Основная трудность при определении N вышеупомянутым методом вне видимой области спектра заключается в нахождении угла отклонения луча призмой φ . В связи с этим может представлять интерес следующая схема измерений, использующая лазерное излучение инфракрасного или ультрафиолетового диапазона. Одна из граней призмы с преломляющим углом ε и неизвестным N устанавливается нормально к падающему на нее слаборасходящемуся лазерному пучку, положение которого после прохождения призмы фиксируется каким-либо способом (репродуцирующий экран, передвижная щель с фотоприемником и т.п.). Затем данная призма убирается, а на ее место устанавливается (тоже нормально к лучу) эталонная призма с известными ε_1 и N_1 таковыми, что

$$2\arcsin(N_1 \sin(\varepsilon_1/2)) - \varepsilon_1 < \arcsin(N \sin \varepsilon) - \varepsilon < \arcsin(N_1 \sin \varepsilon_1) - \varepsilon_1.$$

После этого эталонная призма ^{✳✳)} поворачивается на угол β

^{✳)} Московский физико-технический институт.

^{✳✳)} Эталонная призма из оптически анизотропного материала должна устанавливаться так, чтобы N_1 не зависело от β .

$[0 < \beta \leq \arcsin(N_1 \sin(\varepsilon_1/2))]$ до совпадения положения преломленного
 его луча с ранее зафиксированным ($\varphi_1 = \varphi$). Тогда

$$N = \sin[\varepsilon - \varepsilon_1 + \beta + \arcsin(\sin \varepsilon_1 \sqrt{N_1^2 - \sin^2 \beta} - \cos \varepsilon_1 \sin \beta)] \sin^{-1} \varepsilon.$$

Рассмотренный метод, названный нами методом равных отклонений, был применен для измерения главных показателей преломления N_1 ($i = x, y, z$) монокристаллов ниобата лития LiNbO_3 , танталата лития LiTaO_3 , ниобата бария натрия $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$, парателлурита TeO_2 и мета-толуиленадиамина $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NH}_2)_2$. Значения N_1 определялись на длине волн 532 нм для сравнения результатов, полученных данным методом, с имеющимися в литературе, а также были впервые измерены на длинах волн 337 и 355 нм в связи с изучением дисперсии квадратичной оптической восприимчивости /2/. Интенсивность лазерных пучков позволяла уверенно проводить измерения N_1 кристаллов вблизи полос поглощения.

При измерениях N_1 использовалось поляризованное излучение лазеров типа ЛГ-2I ($\lambda_1 = 337$ нм), ЛТИПЧ-7 ($\lambda_2 = 532$ нм, $\lambda_3 = 355$ нм), кварцевые эталонные призмы с $\varepsilon_1 \approx 20-40^\circ$, призмы из исследуемых кристаллов с $\varepsilon \approx 15-25^\circ$ и одной из граней вдоль (010) или (100). Призмы крепились на поворотном столике с ценой деления отсчетного устройства I' на расстоянии ≈ 3 м от плоского экрана и на расстоянии $\approx I$ м от диафрагмы диаметром 2 мм. Последняя служила для ограничения световых пучков и для автоколлимационной установки граней призм (010) или (100) перпендикулярно оси этих пучков. Определение направлений преломленных ультрафиолетовых лучей осуществлялось по фиксации положения люминесцирующих пятен в местах падения лучей на экран. Для упрощения процесса измерения двух значений N_1 на одной призме между призмой и щелью вводилась пластинка из кристаллического кварца, вращающая плоскость поляризации падающего излучения.

Измеренные нами на длине волн 532 нм значения N_1 кристаллов LiNbO_3 , LiTaO_3 , $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$, TeO_2 и $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NH}_2)_2$ соответствуют (с точностью $\pm 2 \cdot 10^{-3}$) данным /3-5/. Значения N_1 тех же кристаллов на длинах волн 337 и 355 нм приведены в таблице I.

Таблица I

Кристалл	i	λ , нм	
		337	355
LiNbO ₃	x,y	2,587±0,001	2,525±0,002
	z	2,453±0,001	2,408±0,002
LiTaO ₃	x,y	2,367±0,002	2,339±0,002
	z	2,375±0,002	2,346±0,003
Ba ₂ NaNb ₅ O ₁₅	x,y	-	2,643±0,003
	z	-	2,442±0,003
TeO ₂	x,y	2,651±0,001	2,568±0,002
	z	2,882±0,001	2,778±0,002
CH ₃ C ₆ H ₃ (NH ₂) ₂	x	1,704±0,002	1,685±0,003
	y	1,972±0,003	1,944±0,003
	z	1,907±0,002	1,874±0,003

Примечание: у кристаллов Ba₂NaNb₅O₁₅ на $\lambda = 355$ нм двулучепреломление $n_x - n_y < 0,003$, а излучение с $\lambda = 337$ нм попадает в полосу поглощения ($k \approx 500 \text{ см}^{-1}$).

Точность измерения ϵ и ϵ_1 составляла $\pm 10''$, точность определения $n_1(\lambda)$ по таблицам $/3/ \pm 1 \cdot 10^{-4}$. При этом систематическая ошибка в полученных значениях n_1 в основном обуславливалась величиной фактического неравенства углов φ_1 и φ при нахождении β и не превышала $3 \cdot 10^{-3}$. С другой стороны, наши измерения n_1 с помощью тех же лазерных пучков по их наименьшему отклонению, полному внутреннему отражению, углам Брюстера и другими хорошо известными методами имели более низкую точность и требовали для ее повышения существенного усложнения эксперимента. Таким образом, метод равных отклонений является достаточно простым и надежным способом измерения показателей преломления монокристаллов в широкой области спектра.

Поступила в редакцию
20 октября 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. Н. М. Меланколен, Методы исследования оптических свойств кристаллов. Изд-во "Наука", М., 1970 г.
2. Л. М. Дорожкин, В. А. Кизэль, В. Д. Шигорин, Г. П. Шипуло, Письма в ЖЭТФ, 24, 363 (1976).
3. Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. акад. И. К. Кикоина, Атомиздат, М., 1976 г.
4. N. Uchida, Phys. Rev., B4, 3736 (1971).
5. В. Д. Шигорин, Г. П. Шипуло, С. С. Градулене, Л. А. Мусихин, В. Ш. Шехтман, Квантовая электроника, 2, 2539 (1975).