

УДК 535.55

ФИЗИКА

А. Х. Григорян

Измерение внутренних напряжений в рубиновых стержнях

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 5/VI 1973)

Для определения внутренних напряжений в стержневых кристаллах рубина применяется поляризационно-оптический метод, характерной особенностью которого является работа с иммерсионной жидкостью⁽¹⁾ — йодистым метиленом или др. Последние представляют собой ядовитые вещества, трудно подбираемые по показателю преломления, что создает значительные неудобства при серийной проверке качества кристаллов.

Описываемый способ измерения внутренних напряжений в стержневых кристаллах рубина с полированной боковой поверхностью исключает применения иммерсионных сред и позволяет достаточно быстро оценивать среднюю величину внутренних напряжений, действующих вдоль оси роста кристалла.

Известно⁽²⁾, что определение внутренних напряжений в кристаллах корунда поляризационно-оптическим методом заключается в измерении разности хода двух лучей, вызванной аномальным двулучепреломлением и вычисляется по формуле⁽¹⁾.

$$\sigma = \frac{\Gamma}{d \cdot c}, \quad (1)$$

где d — толщина образца, см;

Γ — разность хода, нм;

c — фотоупругая константа для рубина $c = 2,1 \cdot 10^{-7}$ см²/кг.

В параллельном поляризованном свете, при скрещенных поляроидах и установке четверть волновой пластинки в положение погасания относительно поляризатора и анализатора, точная установка кристалла производится по ортоскопической картине, что обеспечивает просмотр кристалла вдоль его оптической оси, когда собственное двулучепреломление кристалла отсутствует и, наблюдаемая оптическая разность хода, определяется внутренними напряжениями, имеющимися в кристалле.

Определение напряжения в кристаллах рубина цилиндрической формы проводилось в параллельном поляризованном свете по схеме (рис. 1), которая состоит из источника света газового лазера (а) с $\lambda = 632,8$ н.м, работающего в одномодовом режиме, коллиматора (б), ирисовой диафрагмы (в) для формирования луча, поляризатора (г), кристалла (д) на юстировочном приспособлении, компенсатора Сенармона, состоящего из пластинки $\lambda/4$ (е) и анализатора с лимбом (ж) для компенсации разности хода лучей, объектива (з), матового экрана (и) и фотоаппарата (к).

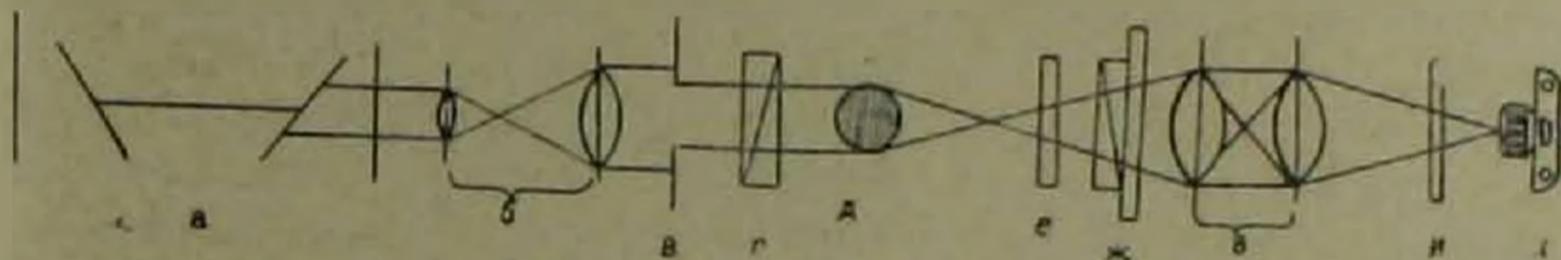


Рис. 1. Оптическая схема для определения напряжений в стержнях

После включения лазера и установки пластинки $\lambda/4$ в положение погасания относительно скрещенных поляроидов устанавливают кристалл на юстировочный столик боковой поверхностью перпендикулярно лучу лазера. С помощью диафрагмы формируют пучок по диаметру кристалла и, перемещением столика вдоль луча лазера, добиваются на матовом экране увеличенного изображения кристалла. Установка кристалла в положение, когда его оптическая ось будет совпадать с направлением луча лазера, производится как вращением кристалла вокруг своей геометрической оси до появления интерференционных полос, так и разворотом юстировочного столика вокруг верти-

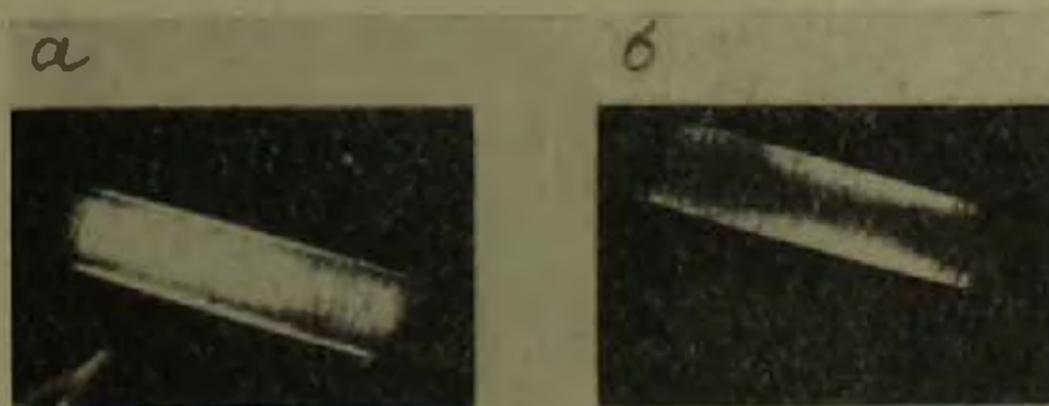


Рис. 2 а — ортоскопическая картина разности хода двух лучей;
б — компенсация разности хода лучей

кальной оси до появления ортоскопической картины на экране с некоторой разностью хода лучей (рис. 2,а). Компенсируя данную разность хода поворотом анализатора, т. е. совмещая лучи в центре кристалла в одну сплошную линию (рис. 2,б), снимают отсчет угла поворота анализатора и вычисляют разность хода лучей по формуле

$$\Gamma = \frac{\varphi \lambda}{180}, \quad (2)$$

где α — угол поворота анализатора,
 $\lambda = 632,8 \text{ н.м}$ — длина волны света,
или

$$l = k\varphi,$$

где $k = 3,5 \text{ н.м} \cdot \text{град}^{-1}$.

Определяя разность хода лучей и подставляя в формулу (1), вычисляют значение внутреннего напряжения, действующего вдоль оси роста кристалла в рассматриваемом участке.

Перемещая кристалл вдоль направления оси роста, определяют среднюю величину внутреннего напряжения во всем стержне кристалла.

При просмотре стержней вдоль оси роста через полированные торцы наблюдалась картина неравномерного распределения остаточных напряжений по порядку интерференции, определяющую качественную оценку кристалла (рис. 3).

Таблица 1

| № кристаллов | Диаметр кристалла (мм) | Предлагаемый способ измерения на ИПЛ-452 | | | |
|--------------|------------------------|--|------------------|-----------------------------|------------------|
| | | $\lambda = 632,8 \text{ н.м}$ | | $\lambda = 540 \text{ н.м}$ | |
| | | разность хода (н.м) | напряжение кг/мм | разность хода (н.м) | напряжение кг/мм |
| 1 | 8 | 176 | 1,05 | 182 | 1,08 |
| 2 | 6 | 105 | 0,84 | 98 | 0,78 |
| 3 | 11 | 282 | 1,22 | 279 | 1,21 |
| 4 | 11 | 282 | 1,22 | 276 | 1,2 |
| 5 | 8 | 211 | 1,25 | 213 | 1,27 |
| 6 | 11,2 | 270 | 1,02 | 242 | 1,025 |
| 7 | 11,5 | 232 | 0,96 | 230 | 0,95 |
| 8 | 11 | 211 | 0,92 | 209 | 0,905 |



Рис. 3. Интерференционная картина распределения напряжений по торцу стержня

В табл. 1 приведены значения остаточных напряжений серии кристаллов рубина с полированной боковой поверхностью, полученные по предлагаемому и известному способам (на конометре ИПЛ-452). Сравнение указанных величин показывает хорошую точность предлагаемого способа измерения.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Ներքին լաբումների շափումը ուրիշի ձողիկներում

Հոգևածում բերվում է գազային լազերի օգնությամբ, առանց ադրեսիվ
իմբրսիոն միջավայրի, ուրիշի բյուրեղի մեջ ներքին լաբումների մեծությու-
ների շափման ուղտիկական սխեման: Վերջինս գղալիորեն հեշտացնում է
բյուրեղների որակի սերիական ստուգումը:

ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Շ Ա Ե Ն Ե Յ Ո Ր Ե

1 Н. М. Меланхолик, Методы исследования оптических свойств кристаллов,
Изд. «Наука», М., 1970. 2 Методы и приборы для контроля качества кристаллов,
Изд. «Наука», М., 1968