

А. ВАЙНРУБ

ТОЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ В ИК-ОБЛАСТИ ОТ МИКРОПОВЕРХНОСТЕЙ

A. VAINRUB. MIKROPINDADE PEEGELDUSTEGURI TÄPNE MÕÖTMINE INFRAPUNASES
PIIRKONNAS

A. VAINRUB. PRECISE MEASUREMENT OF IR-REFLECTANCE OF MICROSURFACES

(Представил Э. Липпмаа)

Как известно, определение оптических постоянных кристаллов по их спектрам зеркального отражения требует точного измерения спектральной зависимости абсолютного коэффициента отражения $R(\nu)$ [1]. Такая задача обычно решается заменой исследуемого кристалла в отражательной приставке спектрометра на эталонное зеркало. Часто, однако, поверхность образца, которая должна быть не менее нескольких десятков мм^2 для современных ИК-спектрометров, представляет собой мозаику из нескольких кристалликов или естественную грань кристалла с зачерненными дефектными участками поверхности и имеет сложную конфигурацию, что позволяет измерять коэффициент отражения лишь в относительных единицах $R_{\text{отн}}(\nu)$. В таком случае $R(\nu) = kR_{\text{отн}}(\nu)$, где k — переводной множитель, не зависящий от частоты, и переход от спектра $R_{\text{отн}}(\nu)$ к спектру $R(\nu)$ представляет собой дополнительную экспериментальную задачу. В настоящей работе мы описываем простой способ ее решения, основанный на измерении $R(\nu)$ и, следовательно, определении k на частотах ИК-лазера от малых участков поверхности ($0,4 \times 0,4 \text{ мм}^2$). Достоинством данной методики является возможность выбрать для измерений $R(\nu)$ наиболее совершенный микроучасток поверхности образца, и существенно повысить тем самым точность последующего определения оптических постоянных, а также возможность проводить измерения для произвольного угла падения света.

Схема прибора представлена на рис. 1. Излучение He-лазера ЛГ-126 1 с $\lambda = 3,39 \text{ мкм}$, промодулированное прерывателем 2 с частотой 150 Гц, проходит через интерференционный фильтр 3 с полосой пропускания около $\lambda = 3,39 \text{ мкм}$, гарантирующий высокую спектральную чистоту излучения. Параболическое зеркало 4 с $f = 200 \text{ мм}$ фокусирует луч лазера на образец 8, обеспечивая диаметр пятна в фокусе 0,3 мм. Сферическое зеркало 9 с $f = 25 \text{ мм}$ фокусирует отраженный свет на чувствительный элемент охлаждаемого жидким азотом Ge-фоторезистора ФСГ-22А 10. Измерительным прибором является селективный микровольтметр В6-4. Образец 8 закреплен на эталонном плоском зеркале 7, установленном на препаратоводителе, что позволяет производить контролируемые перемещения образца с точностью до 0,1 мм в гори-

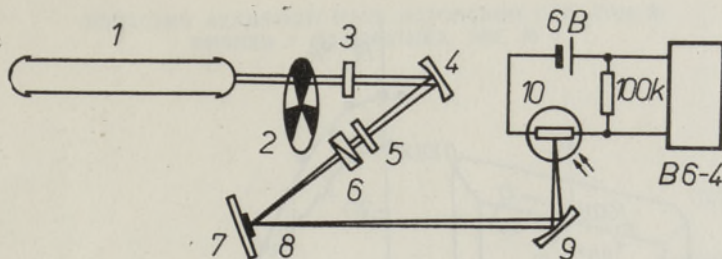


Рис. 1. Схема прибора: 1 — ИК-лазер, 2 — модулятор, 3 — интерференционный фильтр, 4 — параболическое зеркало, 5 — пластинка $\lambda/4$, 6 — дифракционный поляризатор, 7 — эталонное зеркало, установленное на препаратоводителе, 8 — образец, 9 — сферическое зеркало, 10 — фоторезистор.

зонтальном и вертикальном направлениях в плоскости зеркала 7. Изменение отражения образца относительно эталонного зеркала производится последовательным введением в луч образца и зеркала. При исследовании поляризационных зависимостей перед образцом устанавливается пластинка $\lambda/4$ 5 и поляризатор 6.

Специальная проверка показала высокую линейность фоторезистора ФСГ-22А как приемника излучения на $\lambda = 3,39$ мкм. Поэтому при точной юстировке оптической схемы ошибка измерения определяется главным образом погрешностью измерительного прибора В6-4. Юстировка заключается в установке плоскости образца параллельно плоскости зеркала 7, что легко осуществляется при использовании лазера ЛГ-126, имеющего генерацию в видимой области на длине волны $\lambda = 0,63$ мкм. Для этого зеркало 9 выводится из луча, который в данном случае посылается на удаленный на 3—4 м экран, в луч вводится зеркало 7, и на экране отмечается положение зайчика. Далее в луч вводится образец и нажимом на уголки образца, приклеенного вязкой вакуумной смазкой к зеркалу 7, добиваются совпадения зайчика от образца с отметкой на экране. Затем микрометрическими винтами препаратоводителя образец перемещается и изображения различных его участков рассматриваются в отраженном свете. По резкой форме зайчика находится наиболее совершенный микроучасток, отражение от которого и измеряется.

Прибор использовался для приведения к абсолютному коэффициенту отражения ИК-спектров комплексов тетрацианохинодиметана (TCNQ), записанных в относительных единицах [2, 3]. Точность измерения коэффициента отражения по отношению к эталонному зеркалу по оценке составляла 2%. Изучались также поляризационные зависимости при падении излучения, близком к нормальному. Такие измерения выполнены для триклинного кристалла сложного комплекса с триэтиламмонием TEA—TCNQ₂ (пространственная группа $\bar{P}1$) [4]. В данном случае низкая симметрия кристаллической решетки не определяет направление главных осей тензора диэлектрической проницаемости и, следовательно, поляризацию экстремумов отражения. На рис. 2 показана поляризационная зависимость отражения $R(\varphi)$ для TEA—TCNQ₂, где φ — угол между электрическим вектором \mathbf{E} падающего излучения и кристаллографической осью c , совпадающей с направлением стопок TCNQ. Измерения проведены для наиболее развитой грани естественного роста (100) монокристалла TEA—TCNQ₂ размером $3 \times 0,5 \times 0,2$ мм на близкой к максимуму полосы электронного поглощения частоте 2950 см^{-1} ($\lambda = 3,39$ мкм). Максимум (R_{\parallel}) и минимум (R_{\perp}) отражения с угловой

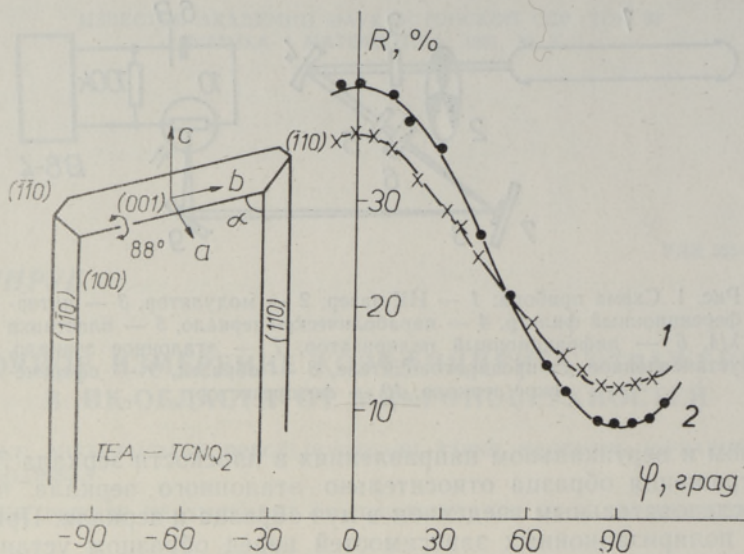


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от направления поляризации ИК-излучения $\lambda = 3,39$ мкм для грани (100) кристалла TEA—TCNQ₂. Точки — результаты эксперимента, сплошная линия — аппроксимация по формуле, приведенной в тексте. Данные 1 и 2 соответствуют различным участкам поверхности кристалла. На вставке — огранка естественного роста кристалла TEA—TCNQ₂.

точностью не хуже 2° отвечают поляризациям $E \parallel c$ и $E \perp c$ соответственно. Угловая зависимость в пределах ошибки измерений описывается выражением $R(\varphi) = R_{\perp} + (R_{\parallel} - R_{\perp}) \cos^2 \varphi$. Полученные результаты показывают, что дипольный момент электронного перехода направлен вдоль оси c (стопок TCNQ).

В заключение отметим, что применение в приборе зеркальной оптики и фоторезистора ФСГ-22А с широкой спектральной областью чувствительности позволяет, в принципе, проводить измерения и на других ИК-частотах, используя, например, CO₂-лазер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизель В. А., Отражение света, М., «Наука», 1973.
2. Белоусов М. В., Вайнруб А. М., Власова Р. М., Физ. твердого тела, 18, вып. 9, 2637—2641 (1976).
3. Белоусов М. В., Вайнруб А. М., Власова Р. М., Семкин В. Н., Физ. твердого тела, 20, вып. 1, 107—111 (1978).
4. Jaud, J., Chasseau, D., Gaultier, J., Hauw, C., C. r. Acad. sci., Ser. C, 278, № 11, 769—771 (1974).

Институт химической и биологической физики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
11/III 1981