

[4] З е л д о в и ч Я.Б., Р а й з е р Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений, М.: Наука, 1966. 686 с.

Институт физических
проблем им. С.И. Вавилова
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
21 апреля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 15

12 августа 1988 г.

РЕНТГЕНДИФРАКТОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРНОГО СОВЕРШЕНСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ

В.В. Р а т н и к о в, Л.М. С о р о к и н,
В.И. И в а н о в-О м с к и й,
К.Е. М и р о н о в, И.А. Г е р к о,
В.К. Е р г а к о в, В.Н. М е р и н о в

Структурное совершенство кристаллов $CdTe$ приобретает особое значение при их использовании в качестве подложек для эпитаксиального выращивания сплавов $CdHgTe$, определяя совершенство последних. В качестве критерия степени совершенства структуры $CdTe$ до последнего времени использовалась лишь угловая ширина кривой качания на половине ее максимального значения ω (далее - полуширина кривой качания), записываемой на двухкристальном дифрактометре (ДКС) [1, 2]. В настоящей работе оценка совершенства $CdTe$ проводится путем измерения рентгеновской дифракции не только на ДКС, но и на трехкристальном дифрактометре в дифференциальном варианте (ТРС), что позволило увеличить полноту информации о структурном совершенстве как вблизи поверхности, так и в объеме кристалла.

Образцы с ориентацией поверхности (Ш) в виде шайб диаметром до 20 мм вырезались из слитков, выращенных методом Бриджмена, и подвергались последовательно механической, химико-механической и химической полировке. Измерение дифрагированной интенсивности на $Mo K_{\alpha_1}$ -излучении в симметричной геометрии Брегга для отражения $H = 333$ давало информацию о приповерхностном слое толщиной 20 мкм. В качестве монохроматора был взят $JnSb$ ($H = 333$), причем в ТРС использовался щелевой монохроматор с 3-кратным отражением для повышения разрешения вблизи брегговского пика и схема с вращением анализатора при установке образца в положении $\zeta = \theta - \theta_B^\circ$, где θ_B° - угол Брегга для образца, θ - угол между падающим на образец лучом и отражающей плоскостью [3].

При сканировании вдоль поверхности исследовавшихся образцов параметры регистрируемых ДКС-кривых качания изменялись незначительно, что говорило о высокой степени их однородности. На

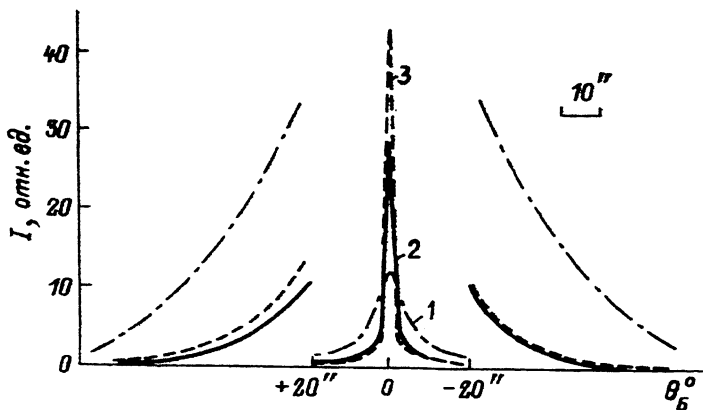


Рис. 1. ДКС-кривые для $CdTe$: 1 - образец 1, химико-механическая полировка; 2 - образец 1, химическое травление; 3 - образец 2, химическое травление. $MoK\alpha_1$, $H = 333$. При $|\theta_B| > 20$ масштаб 10:1.

№ образца	Обработка поверхности	ω , угл.с.	P	$R_i^3 \times 10^6$	L_H
1	химико-механическая	10.5	14.1	25.4	-
	химическая	3.4	35.2	12.2	0.11
2	химическая	2.5	55.1	10.6	0.33

Примечание: теоретическое значение $\omega^T = 2.24$ угл. с с учетом свертки.

рис. 1 приведены ДКС-кривые для кристалла 1 с химико-механической обработкой поверхности (кривая 1) и того же образца после последовательного, с шагом 2-3 мкм, стравливания 10 мкм (кривая 2). Уменьшение полуширины и рост процентного отражения P (отношения интенсивности в пике кривой качания к падающей на образец) указывает на возрастание структурного совершенства приповерхностного слоя после химического травления (см. таблицу). Значение интегральной интенсивности отражения R_i^3 при этом также приближается к рассчитанному по динамической теории рассеяния рентгеновских лучей для совершенного кристалла $R_i^T(d) = 10.27 \cdot 10^{-6}$, в то время как для образца с химико-механической обработкой поверхности значение R_i^3 ближе к рассчитанному по кинематической теории $R_i^r(k) = 29.7 \cdot 10^{-6}$. Последующее травление не приводит к заметному изменению параметров кривой качания. Таким образом, дефекты (царапины, микротрещины и др.), остающиеся после химико-механической полировки, лежат в приповерхностной области толщиной не более 10 мкм.

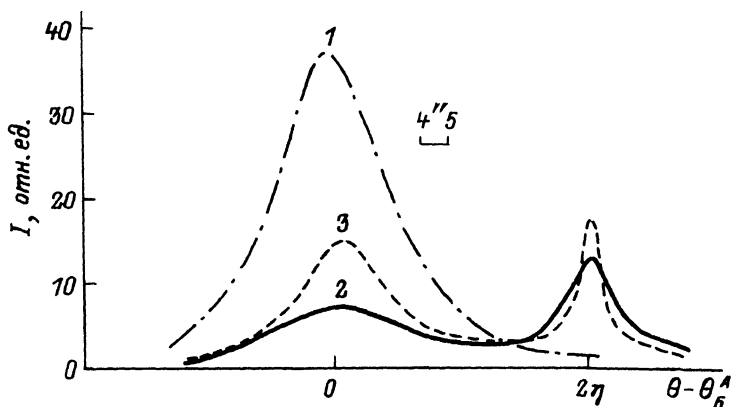


Рис. 2. ТРС-кривые для $CdTe$: 1, 2 и 3 - то же, что и на рис. 1. MoK_{α_1} , $H = 333$, $\gamma = -20$ угл.с.

Эти дефекты приводят к значительному возрастанию интенсивности на „хвостах“ кривой качания (см. рис. 1, кривая 1). То, что рассеяние в этой области определяется в основном некогерентным рассеянием на дефектах приповерхностного слоя, показывает запись ТРС-кривых, приведенных на рис. 2. В случае химико-механической обработки поверхности ТРС-кривая 1 представляет собой широкий пик с максимумом вблизи нулевой отметки. Удаление нарушенного слоя приводит к трансформации ТРС-кривой к виду 2, характерному для достаточно совершенных кристаллов с дефектами в объеме [3]. При этом динамический пик в положении $\theta - \theta_B^A = 2|\gamma|$, где θ_B^A - угол Брегга для анализатора, связан с рассеянием падающего излучения на „средней“ решетке кристалла с дефектами, в то время как некогерентный (диффузный) пик с максимумом вблизи $\theta - \theta_B^A = 0$ обусловлен в данном случае рассеянием на полях смещений вокруг дефектов в объеме $CdTe$.

Качественно совпадает с обсуждаемой и ТРС-кривая 3 (для кристалла 2), хотя и имеются количественные различия: большая интенсивность диффузного пика и меньшая полуширина динамического пика для нее. Последнее обстоятельство указывает на отсутствие (или значительно более низкую плотность) дислокаций в этом кристалле, т.к. дислокации приводят к размыванию углового распределения динамической компоненты рассеяния на ТРС-кривой. Рентгеновская топография подтверждает присутствие в кристалле 1 дислокаций с плотностью не выше 10^4 см^{-2} , в то время как в кристалле 2 основным типом дефектов являются мелкие выделения $\sim 1 \text{ мкм}$ и дислокационные петли, причем большая интенсивность при $\gamma > 0$ (рис. 1, кривая 3) указывает на преобладание деформации растяжения в этих кристаллах.

Интегральным параметром, характеризующим совершенство решетки кристалла с дефектами, может служить статический фактор иска-

жений Дебая-Валлера L_H [4]. Его получают из измерений зависимости интенсивности динамического пика ТРС-кривой от γ [3]. Результаты приведены в таблице, из которой видно, что степень разупорядочения решетки кристалла 2 выше, чем кристалла 1.

Детальная рентгендифрактометрическая оценка структурного совершенства исследованных кристаллов $CdTe$ свидетельствует о том, что их кристаллическая структура находится на уровне, характерном для соединений $A^{III}B^V$. Из них могут быть изготовлены подложки размером $\geq 5 \text{ см}^2$, не содержащие таких дефектов, как малоугловые границы, двойники, макронапряжения. На лучших образцах количественные характеристики кривых качания (ω, ρ, R_i^2) близки к теоретическим значениям для динамической теории рассеяния рентгеновских лучей. Таким образом, трудности с использованием теллурида кадмия в качестве подложечного материала [5] имеют причины исключительно технологического характера.

Л и т е р а т у р а

- [1] D i n a n J.H., Q a d r i S.B. - J. Vac. Sci. Technol., 1986, v. A4, N4, p. 2158-61.
- [2] S a s s e n b e r g U., B e r g e r H., E n g e l A. - Cryst. Res. Technol., 1987, v. 22, N 5, p. K86-87.
- [3] К о в ь е в Э.К., Р а т н и к о в В.В., С о р о к и н Л.М. ФТТ, 1981, т. 23, № 6, с. 1626-1629.
- [4] К р и в о г л а з М.А. Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах, Киев: Наукова думка, 1983. 408 с.
- [5] F a r r o w R.F.C. - J. Vac. Sci. Technol., 1985, v. A3, N 1, p. 60-66.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
17 мая 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 15

12 августа 1988 г.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ВОЗБУЖДАЕМОГО ПРОТОНАМИ В УСЛОВИЯХ ОСЕВОГО КАНАЛИРОВАНИЯ

В.П. П е т у х о в, А.М. Б о р и с о в,
Н.Г. Г о р я г а, Е.А. Р о м а н о в с к и й

Исследование поляризации характеристического рентгеновского излучения, возбуждаемого ускоренными ионами в монокристаллах,