

- [1] Chongfan H., Shiji F., Jingying L., Quanshun Sh., Dingzhong Sh., Tiangun Zh. // Prog. Crystal Growth and Charact. 1985. V. 11. P. 253—262.
- [2] Каргин В. Ф., Каргин Ю. Ф., Скориков В. М., Шадеев Н. И., Грехова Т. И. // Изв. АН СССР, неорг. матер. 1984. Т. 20. С. 815—817.
- [3] Weber M. J., Monchamp R. R. // J. Appl. Phys. 1973. V. 44. N 12. P. 5495—5499.
- [4] Moncorgre R., Jacquier B., Boulon G. // J. Lumin. 1976. V. 14. N 5—6. P. 337—348.
- [5] Гудаев О. А., Гусев В. А., Петров С. А., Четвергов Н. А., Косов А. В. // Изв. вузов, физика. 1986. Т. 29. № 10. С. 113—115.
- [6] Ivaňov V. Y., Kruzhalov A. V., Pustovarov V. A., Petrov V. L. // Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. 1987. V. A 261. N 1—2. P. 150—152.
- [7] Casalboni M., Francini R., Grassano U. M., Musilli C., Pizzoferrato R. // J. Lumin. 1984. V. 31/32. Pt 1. P. 93—95.
- [8] Викторов Л. В., Кружалов А. В., Каргин В. Ф., Каргин Ю. Ф., Шульгин Б. В. // ЖПС. 1984. Т. 41. № 6. С. 925—929.
- [9] Neihirk D. P., Powell R. C. // J. Lumin. 1979. V. 20. N 3. P. 261—270.
- [10] Хижняков В. В., Ребане И. К. // ЖЭТФ. 1978. Т. 74. № 3. С. 885—896.
- [11] Blasse G., van der Steen A. C. // Sol. St. Comm. 1979. V. 31. N 12. P. 993—994.

Вильнюсский государственный
университет им. В. Капсукаса
Вильнюс

Поступило в Редакцию
17 марта 1989 г.

УДК 621.315.592

Физика твердого тела, том 31, в. 9, 1989
Solid State Physics, vol. 31, N 9, 1989

ТВЕРДОФАЗНАЯ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ПЛЕНОК CdS ПРИ γ -ОБЛУЧЕНИИ

В. Т. Мак, В. Е. Буковский, М. Я. Рахлин

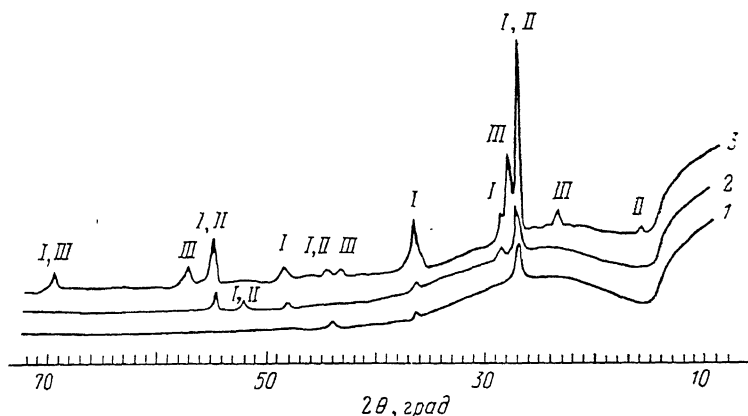
В последние годы значительно возрос интерес к процессам перестройки дефектов под воздействием неравновесных носителей тока [1]. Весьма существенные эволюции дефектов в твердых телах происходят при облучении малыми (до 10^6 рад) дозами ядерных излучений [2, 3]. Облучение создает высокоэнергетичные носители тока, концентрация которых превосходит концентрацию равновесных высокоэнергетичных носителей. Согласно [4], присутствие таких носителей существенно облегчает диффузионные процессы. В сильно разупорядоченных областях материала, какими являются ионно-имплантированные слои, границы раздела слоев, поликристаллические пленки и др., стимулированные высокоэнергетичными неравновесными носителями диффузионные процессы могут приводить к изменению структуры. В работе [5] нами было обнаружено увеличение размеров кристаллитов сульфида кадмия при облучении поликристаллических пленок CdS. Настоящая работа посвящена дальнейшему исследованию структурных превращений в пленках CdS при γ -облучении.

Исследуемые пленки выращивались на ситалловых подложках в открытом вакууме электронно-лучевым испарением порошка CdS с содержанием примесей менее 10^{-3} %. Для подавления роста кристаллитов и создания высокой разупорядоченности структуры пленки выращивались послойно путем многократного повторения циклов напыления слоев CdS толщиной 20 нм и обработки их аргоновой плазмой с энергией ионов 400—500 эВ. Процесс выращивания прекращался по достижении пленкой толщины 1 мкм.

Выращенные таким образом пленки исследовались на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2.0 и электронном микроскопе ЭВМ-100АК. Рентгендифрактограммы снимались по методу Дебая—Шерера, а поверхность пленок исследовалась методом реплик. При расшифровке рентгендифрактограмм вводилась поправка на наличие кристаллической фазы у ситалло-

вой подложки. В исследованиях фазовых превращений предпочтение было отдано методу рентгеновской дифрактометрии, так как анализ микроэлектроннограмм дает информацию лишь о процессах в тонком приповерхностном слое пленки.

На рисунке приведены рентгенодифрактограммы исходной (1), отожженной на воздухе при 673 K в течение 600 с (2) и облученной при 300 K (после отжига) γ -фотонами ^{60}Co дозой 10^4 рад (3) пленки сульфида кадмия. Исследуемые пленки содержали кристаллиты гексагональной (α -CdS) и, по-видимому, кубической (β -CdS) модификаций. Определение содержания той или иной фазы является достаточно сложной задачей, которая в рассматриваемом случае усугублялась наличием текстуры у пленок. Поэтому метод определения содержания гексагональной фазы в пленке CdS, использованный в [6], оказался неприменимым. Тем не менее из анализа дифрактограмм можно предположить, что доля кубической фазы незначительна. Широкая бесструктурная полоса при углах дифракции от 16 до 36° соответствует аморфной фазе, образовавшейся, по-видимому, вследствие напыления пленки на холодную подложку ($T < 373$ K) и ионно-плазменной обработки.



Рентгенодифрактограммы исходной (1), отожженной (2) и облученной (3) пленок CdS
I, II, III — рефлексы, соответствующие α -CdS, β -CdS, S.

Доля аморфной фазы в отожженных пленках несколько меньше соответствующей доли в исходных. Проведенный нами отжиг пленок незначительно повлиял и на их структуру, в чем легко убедиться, сравнивая кривые 1 и 2 рисунка. Поверхности исходных и отожженных пленок на микрофотографиях, полученных с помощью электронного микроскопа, не отличались.

После γ -облучения увеличивалось число кристаллитов, а их размеры возрастали в 1.5—2 раза. На рентгенодифрактограммах этому соответствует увеличение числа рефлексов и их интенсивности. Из рисунка видно, что после облучения исчезает преимущественная ориентация кристаллитов. Примечательным является образование после облучения пленок кристаллической серы, а также почти двукратное уменьшение интенсивности бесструктурной полосы, соответствующее уменьшению доли аморфной фазы в пленке.

Исследование электрофизических и фотоэлектрических свойств пленок CdS показало, что при отжиге в описываемых условиях из них испаряется кадмий [7]. В то же время приведенные в настоящей работе данные свидетельствуют о том, что при отжиге кристаллическая структура практически не изменяется. Появление после облучения в пленках кристаллитов серы свидетельствует, по-видимому, о том, что аморфная фаза отожженных пленок содержит избыточную серу. При γ -облучении атомы из аморфной фазы приобретают (по причинам, изложенным в начале статьи) высокую

подвижность, вследствие чего происходит рост кристаллитов как сульфида кадмия, так и серы.

Известно, что для сульфида кадмия более устойчивой является структура вюрцита. Исходные пленки содержат, по-видимому, малое количество кристаллитов со структурой сфалерита. Вследствие малости размеров этих кристаллитов и незначительности их количества они не дают характерных для β -фазы рефлексов на рентгendifрактограмме. Однако не исключено, что кристаллиты β -CdS вносят вклад в интенсивность наблюдаемых рефлексов, которые не могут быть однозначно идентифицированы из-за близости соответствующих этим рефлексам межплоскостных расстояний для гексагональной и кубической фаз сульфида кадмия. При облучении за счет серы и кадмия, присутствующих в аморфной фазе, происходит рост кристаллитов как кубической, так и гексагональной модификаций с одновременным увеличением их числа. Поэтому на рентгendifрактограмме облученной пленки увеличивается число рефлексов от гексагональной фазы и растет их интенсивность, а также появляются рефлекс, соответствующие кубической фазе (рефлекс при угле дифракции 15.7°). Следует отметить, что после облучения, судя по интенсивности соответствующих рефлексов, доля кристаллитов кубической структуры остается незначительной.

Таким образом, поставленные эксперименты свидетельствуют о том, что под действием ионизирующего излучения в поликристаллических пленках при температурах порядка 300 К происходят процессы роста микрокристаллитов сульфида кадмия и серы в результате перекристаллизации аморфной фазы в кристаллическую. Появление кристаллической серы может пролить свет на целый круг явлений, наблюдаемых в подвергнутых γ -облучению пленках сульфида кадмия, например на описанные в [8] особенности спектрального распределения фотопроводимости γ -облученных пленок CdS. Эти явления могут оказывать решающее влияние на надежность изделий пленочной микроэлектроники, используемых в полях ядерных излучений.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Шейнкман М. К. // Письма в ЖЭТФ. 1983. Т. 38. № 6. С. 278—280.
- [2] Болотов В. В., Коротченко В. А., Мамонтов А. П., Ржанов А. В., Смирнов Л. С., Шаймеев С. С. // ФТП. 1980. Т. 14. № 11. С. 2257—2260.
- [3] Борковская О. Ю., Дмитрук Н. Л., Конакова Р. В., Литовченко В. Г. // ФТП. 1984. Т. 18. № 10. С. 1885—1887.
- [4] Винецкий В. Л., Чайка Г. Е. // ФТТ. 1982. Т. 24. № 7. С. 2170—2176.
- [5] Залюбинская Л. Н., Мак В. Т., Манжара В. С., Хиврич В. И. // УФЖ. 1988. Т. 33. № 5. С. 694—697.
- [6] Amnalnerkar D. P., Pavaskar N. P., Date S. K., Sinha A. B. // Indian J. Pure and Appl. Phys. 1985. V. 23. P. 539—547.
- [7] Мак В. Т., Буковский В. Е. Химия, физика и техническое применение халькогенидов. Ч. 3. Ужгород, 1988. С. 298.
- [8] Залюбинская Л. Н., Мак В. Т. Пути совершенствования технологии полупроводниковых и диэлектрических материалов электронной техники. Одесса, 1988. С. 137.

Одесский государственный университет
им. И. И. Мечникова
Одесса

Поступило в Редакцию
16 ноября 1988 г.
В окончательной редакции
23 марта 1989 г.