

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

06;07;12

Журнал технической физики, т. 65, в. 8, 1995

© 1995 г.

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ
НА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ТОНКИХ ПЛЕНОК ТИОГАЛЛАТА КАДМИЯ

В.Т.Мах, А.М.Ебрагим

Одесский государственный университет им. И.И. Мечникова,
270100, Одесса, Украина
(Поступило в Редакцию 16 мая 1994 г.)

Тиогаллат кадмия $CdGa_2S_4$ относится к полупроводниковым соединениям $A^{II}B_2^{III}C_4^{IV}$ и в значительной степени близок по своим свойствам к сульфиду кадмия CdS . Имея высокую концентрацию стехиометрических вакансий, он обладает в отличие от CdS высокой временной стабильностью таких параметров, как темновая и фотопроводимости, и слабой чувствительностью этих свойств к легированию. Согласно опубликованным данным [1,2], тиогаллат кадмия должен обладать повышенной стойкостью к воздействию ядерных излучений. Однако указанное предположение не было проверено до настоящего времени на тонких пленках $CdGa_2S_4$, которые чрезвычайно перспективны для пленочной микроэлектроники ввиду уникальности их свойств.

Тонкие поликристаллические пленки $CdGa_2S_4$ были получены методом электронно-лучевого напыления. Источником вещества служил слиток поликристаллического тиогаллата кадмия. Пленки осаждались на подогреваемые ситалловые подложки. Процесс напыления состоял из многократно повторяемых циклов напыления слоя толщиной 0.02–0.025 мкм и последующей его бомбардировки ионами аргона с энергией 500 эВ. Толщина пленок в процессе напыления доводилась до 2 мкм. Удельная темновая проводимость пленок составляла $2-3 \cdot 10^{-7} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, а отношение удельных фото- к темновой проводимости освещенных собственно-поглощаемым светом пленок от источника мощностью 400 Вт при 293 К было 50–60.

Для повышения фоточувствительности полученные таким образом пленки отжигались при 773 К в течение 15 мин на воздухе либо в азоте. После этого темновая удельная проводимость пленок становилась $1-1.5 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, а отношение удельных фото- к темновой проводимости достигало 3500–3800.

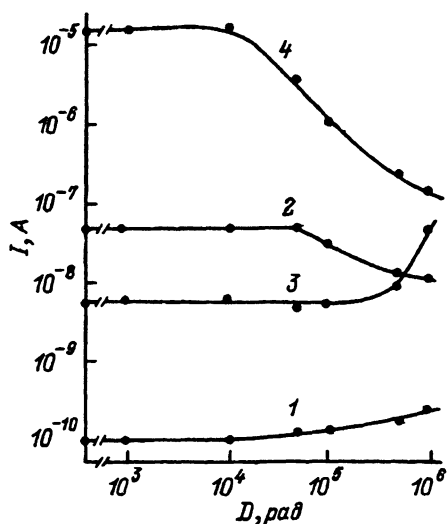


Рис. 1. Дозовые зависимости темнового (1,2) и фототоков (3,4) исходных (1,3) и отожженных при 773 К (2,4) пленок CdGa_2S_4 , измеренные при 293 К.

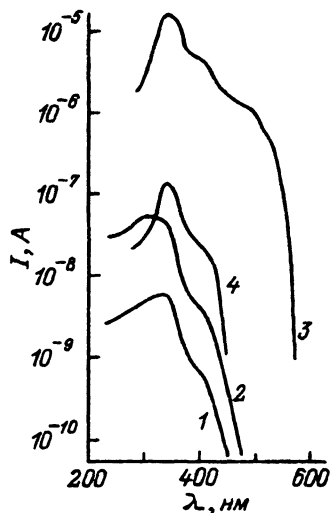


Рис. 2. Спектральное распределение фототока при 293 К пленок CdGa_2S_4 . 1 — исходная, необлученная; 2 — исходная, облученная γ -фотонами дозой $1 \cdot 10^6$ рад; 3 — отожженная при 773 К, необлученная; 4 — отожженная при 773 К, облученная γ -фотонами дозой $1 \cdot 10^6$ рад.

Как неотожженные, так и отожженные тонкие пленки тиогаллата кадмия подвергались облучению гамма-фотонами Co^{60} . Дозовые зависимости темновых и фототоков для неотожженных и отожженных пленок CdGa_2S_4 приведены на рис. 1. Видно, что в обоих случаях предположение о повышенной радиационной стойкости тиогаллата кадмия не оправдано. При этом характер происходящих при облучении процессов зависит от исходного состояния пленок. Неотожженные пленки более устойчивы к воздействию облучения. Изменения их темновой и фотопроводимостей начинаются при дозах гамма-фотонов более $5 \cdot 10^5$ рад, в то время как для отожженных пленок изменения указанных параметров начинаются при дозах, более чем на порядок величины меньших. Кроме этого, облучение увеличивает темновую и фотопроводимости исходных пленок и уменьшает их у отожженных пленок.

Существенные изменения при облучении происходят в спектральном распределении фотопроводимости. У неотожженных пленок одновременно с увеличением fotocувствительности к собственнопоглощаемому свету ($\lambda_{\text{max}} = 336$ нм) увеличивается величина фототока в примесной области при 400 нм (рис. 2). Для отожженных пленок при облучении происходят иные процессы: одновременно с уменьшением fotocувствительности к собственнопоглощаемому свету уменьшается величина фототока в той же полосе фотопроводимости (рис. 2). Дозовая зависимость величины I_{400}/I_{336} (отношение фототока при 400 нм к фототоку при 336 нм) исходных и отожженных пленок тиогаллата кадмия, характеризующая изменение концентрации центров примесной фотопроводимости при 400 нм, показана на рис. 3. В обоих случаях концентрация соответствующих дефектов уменьшается, однако проис-

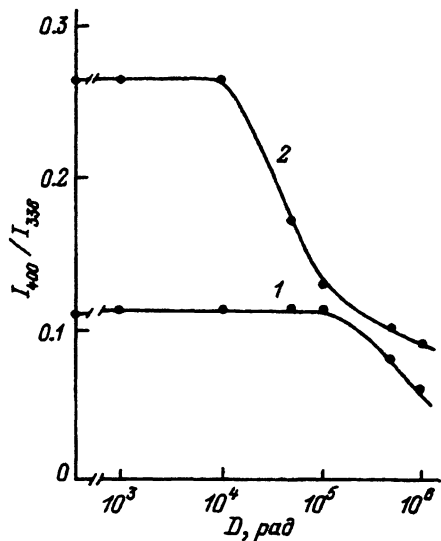


Рис. 3. Дозовая зависимость отношения фототока при 400 нм к фототоку при 336 нм исходных (1) и отожженных при 773 К (2) пленок CdGa_2S_4 .

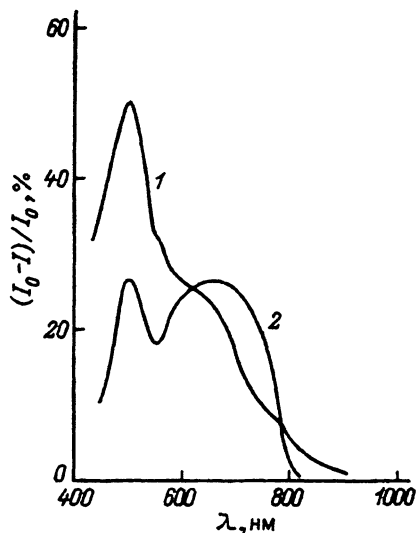


Рис. 4. Спектры оптического гашения фотопроводимости при 293 К отожженных при 773 К пленок CdGa_2S_4 до (1) и после (2) облучения γ -фотонами дозой $1 \cdot 10^6$ рад.

ходит это при различных дозах и с различными скоростями. Таким образом, на величину фототока при 400 нм оказывают влияние два процесса, происходящих при облучении: увеличение у неотожженных и уменьшение у отожженных пленок времени жизни неравновесных носителей заряда и уменьшение у обеих типов пленок концентрации дефектов, ответственных за фотопроводимость при 400 нм. Кроме указанных изменений в спектре фотопроводимости у отожженных пленок после облучения гамма-фотонами дозой 10^6 рад исчезает примесная фотопроводимость в полосе 460 нм (рис. 2). Указанная полоса фотопроводимости отсутствует также у неотожженных пленок как до, так и после облучения.

Исследования показали, что у отожженных пленок тиагаллата кадмия есть две полосы оптического гашения фотопроводимости (ОГФ). Длинноволновые границы этих полос находятся при 610 и 800 нм. У необлученных пленок доминировала коротковолновая полоса (рис. 4). Облучение по-разному влияет на эти полосы гашения фотопроводимости. Монотонное уменьшение гашения в коротковолновой полосе коррелирует с уменьшением величины фоточувствительности пленок и примесной фотопроводимости в полосе 400 нм. Гашение в длинноволновой полосе увеличивается при увеличении дозы облучения (рис. 4), причем, как видно из рисунка, длинноволновая полоса ОГФ состоит по крайней мере из двух элементарных полос.

Сравнивая кривые спектрального распределения фотопроводимости неотожженных и отожженных пленок CdGa_2S_4 , можно сделать вывод, что при отжиге пленок образуется спектр дефектов, ответственных за полосы примесной фотопроводимости при 400 и 460 нм и за ОГФ при 610 и 800 нм. Примесная фотопроводимость при 400 и 460 нм

связывается с оптическими переходами электронов из уровней антиструктурного дефекта Cd_{Ga} и вакансии кадмия V_{Cd} в зону проводимости соответственно [3]. Образующиеся при отжиге вследствие потери легколетучего Cd дефекты Ga_{Cd} и V_{Cd} [4] в работах [5,6] связывают с центрами чувствительности. Учитывая приводимые в цитируемых работах значения энергетического положения соответствующих уровней, можно предположить, что полоса гашения 610 нм связана с антиструктурным дефектом Ga_{Cd} , а полоса гашения 800 нм — с переходом дырки в донорно-акцепторной паре $Ga_{Cd}-Cd_{Ga}$ с дальнейшим ее термическим возбуждением в валентную зону и (или) с переходом дырки с уровня V_{Cd} в валентную зону. Косвенным подтверждением такого предположения может служить неэлементарность этой полосы гашения фотопроводимости.

Рентгенодифрактометрические исследования показали, что в процессе облучения происходят твердофазные структурные изменения поликристаллических пленок тиогаллата кадмия, подобные описанным в [7]. Это влечет за собой изменение концентрации и структуры точечных дефектов, что проявляется в спектрах фотопроводимости и ОГФ. Коррелированные изменения величины фототока в полосе примесной фотопроводимости 400 нм и оптического гашения фотопроводимости при 610 и 800 нм позволяют предположить, что неассоциированные антиструктурные дефекты Cd_{Ga} и Ga_{Cd} при облучении могут образовывать донорно-акцепторные комплексы. Следствием этого является уменьшение примесной фотопроводимости при 400 нм и ОГФ при 610 нм, а также увеличение гашения фотопроводимости в полосе 800 нм.

Анализ дозовых зависимостей, приведенных на рис. 3, показывает, что наблюдаемые изменения фоточувствительности можно связать с изменениями концентрации дефектов Ga_{Cd} лишь в отожженных (высокочувствительных) пленках. В то же время в неотожженных пленках в увеличении фоточувствительности при облучении основную роль играют, по-видимому, иные, конкурирующие с уменьшением концентрации указанных дефектов процессы. Об этом свидетельствует отсутствие ОГФ в полосах 610 и 800 нм в неотожженных пленках до и после облучения и уменьшение примесной фотопроводимости при 400 нм в них после облучения.

Список литературы

- [1] Гальчинская Л.Б., Кошкин В.М., Кумаков В.М. и др. // ФТТ. 1972. Т. 14. Вып. 2. С. 646–648.
- [2] Георгобiani А.Н., Илюгина З.П., Тигиянц И.М., Урсаки В.В. Препринт Физ. ин-та АН СССР. М., 1986. № 62. 23 с.
- [3] Тазлеван В.Е. Сложные полупроводники. Кишинев: Штиинца, 1988. 163 с.
- [4] Георгобiani А.Н., Радауцан С.И., Тигиянц И.М. // ФТП. 1985. Т. 19. Вып. 2. С. 193–213.
- [5] Георгобiani А.Н., Радауцан С.И., Дону В.С., Тигиянц И.М. // II Республ. конф. по фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках. Тез. докл. Одесса, 1982. С. 86.
- [6] Георгобiani А.Н., Тигиянц И.М. // Неорган. материалы. 1989. Т. 25. № 11. С. 1880–1883.
- [7] Мак В.Т., Букковский В.Е., Разлин М.Я. // ФТТ. 1989. Т. 34. Вып. 9. С. 251–253.