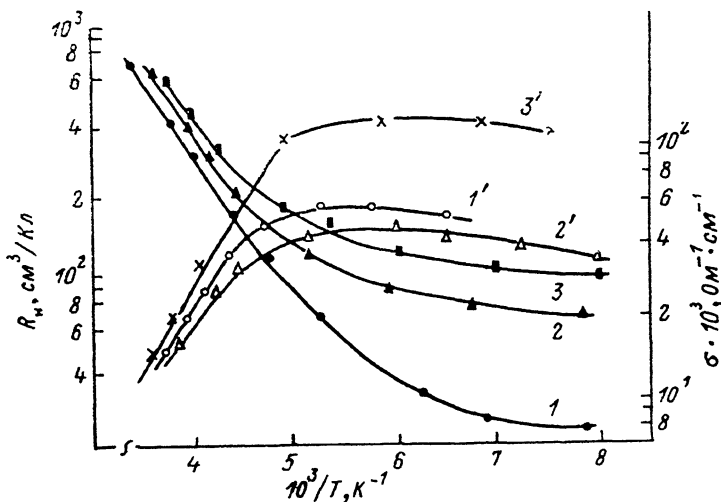


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТО-ХОЛЛ-ЭФФЕКТА В ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛОЯХ PbS

Атакулов Ш. Б., Онаркулов К. Э.

В настоящее время сформировалось вполне ясное представление о природе большинства физических процессов, протекающих в фоточувствительных поликристаллических слоях типа PbS в равновесных и неравновесных условиях [1-7]. Вместе с тем необходимо заметить, что имеются экспериментальные результаты, которые не поддаются однозначной интерпретации. К их числу можно отнести и такое явление: измеряя эффект Холла при освещении в фото-



чувствительных слоях PbS, авторы [8] для одного из исследованных образцов обнаружили увеличение коэффициента Холла R_H (уменьшение холловской концентрации дырок) в условиях обычной положительной фотопроводимости; при этом они ограничились констатацией факта, оставив его без внимания. Предлагаемая работа посвящена экспериментальному изучению закономерностей фото-холл-эффекта в фоточувствительных слоях PbS при различных уровнях их освещения.

Объектами исследования были химические (полученные осаждением из раствора) и физические (полученные методом термовакуумной конденсации с последующей сенсibilизацией в атмосфере кислорода) слои. Измерение эффекта Холла проводилось в кристате в интервале температур 100—300 К; образцы освещались промышленным светодиодом АЛ-106А, излучающим на длине волны вблизи $\lambda = 0.93$ мкм. Управление освещенностью слоев осуществляли изменением тока через светодиод.

Проведенные нами эксперименты показали, что при сильном освещении (интенсивность излучения светодиода существенно превышала интенсивность окружающего 300-градусного фонового излучения) практически во всех фоточувствительных слоях PbS независимо от технологии их изготовления наблюдается увеличение R_H (уменьшение холловской концентрации носителей заряда) по сравнению со значением R_H при наличии только фона. На рисунке показаны типичные семейства температурных кривых электропроводности и коэффициента Холла для слоев PbS при различных интенсивностях освещения. Из данных рисунка видно, что с ростом освещенности электропроводность слоев непрерывно возрастает (положительная фотопроводимость), а коэффициент Холла ведет себя немонотонно; R_H вначале уменьшается (рост холловской концентрации дырок), а затем увеличивается (уменьшение холловской

концентрации дырок) и при определенной освещенности превышает фоновое значение (отрицательный фото-холл-эффект).

Обращает на себя внимание изменение при освещении наклона в кривых $\sigma(T)$ и $R_H(T)$ в области температур, где концентрация носителей заряда задается темпом термогенерации, что свидетельствует об изменении энергии активации этих параметров при освещении. В таблице представлены данные об эволюции значений энергий активации электропроводности E_σ , коэффициента Холла E_R и холловской подвижности E_μ в слоях, полученных химическим и физическим методами.

Наиболее интересным в данных таблицы нам видится уменьшение при освещении энергии активации холловской подвижности, которая при предельных в условиях эксперимента интенсивностях света¹ стремится к нулю, т. е. величины E_σ и E_R по абсолютному значению приближаются друг к другу.

Энергия, эВ	Уровень освещенности				
	I_ϕ	I_1	I_2	I_3	
E_σ {	Хим.	-0.166	-0.164	-0.160	—
	Физ.	-0.138	-0.129	-0.116	-0.106
E_R {	Хим.	0.140	0.126	0.168	—
	Физ.	0.079	0.072	0.081	0.092
E_μ {	Хим.	-0.026	-0.038	0.008	—
	Физ.	-0.059	-0.057	-0.035	-0.014

Обсудим поведение параметров слоев PbS при освещении. Токотеренос в слоях типа PbS осуществляется дырками вдоль инверсионных каналов, образованных потенциальным изгибом зон у поверхности кристаллитов *n*-типа проводимости за счет захвата электронов на акцепторные поверхностные состояния [2]. Концентрация дырок, обеспечивающих токотеренос, обычно существенно отличается от измеряемой посредством эффекта Холла. Дело в том, что первая задается амплитудой изгиба зон в канале (φ_0), а вторая — амплитудой изгиба зон в местах пересечения каналов (узлах) φ_s , причем $\varphi_s > \varphi_0$ [2, 3, 5]. Освещение слоя приводит к тому, что фотоносители, рождаемые светом, пространственно разделяются у канала, а так как $\varphi_s > \varphi_0$, большая часть фотодырок собирается в узлах, увеличивая общую концентрацию дырок в них [5]. Поэтому R_H при освещении должен уменьшаться, что и наблюдается при достаточно малых уровнях освещения (см. кривую 2 на рисунке), т. е. притяжения только отмеченных выше исходных модельных предположений недостаточно для полного осмысления наблюдаемых экспериментальных результатов. Немонотонность в поведении R_H при более сильном освещении, по-видимому, требует конкретизации всех особенностей потенциального рельефа слоев и учета заметной неравновесности электронных процессов.

Одной из возможных причин наблюдаемого явления может стать эффект «переключения» канала проводимости: сильное освещение может стимулировать преимущественное протекание тока не вдоль инверсионных каналов у поверхности кристаллитов, а вдоль поверхности всего слоя, параметры которой, скорее всего, отличны от параметров каналов. При этом заметную роль может сыграть существенная нелинейность физических процессов в условиях сильного освещения, в частности нарушение линейной зависимости времени жизни фотоносителей от интенсивности падающего излучения [4].

Список литературы

- [1] Неустров Л. Н., Осипов В. В. // ФТП. 1984. Т. 18. В. 2. С. 359—362.
 [2] Atakulov Sh. B. // Sol. St. Commun. 1984. V. 51. N 6. P. 415—419.

¹ Конкретные значения I_ϕ — I_3 в таблице, так же как и на рисунке, не приводятся, так как применительно к нашим экспериментам важно, что $I_\phi < I_1 < I_2 < I_3$.

- [3] Атақұлов Ш. Б., Неустроев Л. Н., Осипов В. В. // ФТП. 1984. Т. 18. В. 12. С. 2235—2237.
- [4] Иконникова О. Г., Неустроев Л. Н., Осипов В. В. // Микроэлектрон. 1983. Т. 12. В. 5. С. 412—420.
- [5] Неустроев Л. Н., Осипов В. В. // ФТП. 1986. Т. 20. В. 1. С. 59—65; 66—72. ФТП. 1987. Т. 21. В. 12. С. 2159—2162.
- [6] Неустроев Л. Н., Осипов В. В. // Поверхность. 1987. № 8. С. 12—16.
- [7] Неустроев Л. Н., Осипов В. В. // Микроэлектрон. 1988. Т. 17. В. 5. С. 399—416.
- [8] Бережная И. Л., Бирюлев В. И., Копилевич П. Г., Прокофьев В. А. // ФТТ. 1964. Т. 6. В. 9. С. 2873—2876.

Ферганский государственный
педагогический институт им. Улугбека

Получено 12.03.1990
Принято к печати 18.06.1990

ФТП, том 24, вып. 10, 1990

ДАТЧИК ЭЛЕКТРОНОВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЕВОГО БАРЬЕРА ШОТТКИ СО СЛОЕМ ТУННЕЛЬНО-ПРОЗРАЧНОГО ДИЭЛЕКТРИКА

Скрышевский В. А., Литвиненко С. В., Стриха В. И.

Известно, что введение туннельно-прозрачного слоя диэлектрика толщиной $1.5 \div 3$ нм приводит к увеличению эффективности фотопреобразования структур с барьером Шоттки [1–6]. При теоретическом рассмотрении в рамках диффузионной [5, 6] и диодной [4] теории выпрямления в барьерах Шоттки предполагается, что основной механизм прохождения носителей заряда — надбарьерный с туннелированием через промежуточный слой. Фототок как основных, так и неосновных носителей заряда зависит от энергии квантов света и прозрачности промежуточного слоя.

Представляет интерес выяснение справедливости этих выводов для случая облучения данных структур частицами высоких энергий, например электронами. При этом возможно проявление следующих факторов: тока вторичных электронов и дырок, имеющих энергию выше потенциального барьера, изменения начального изгиба зон в барьере из-за эффектов накопления заряда в промежуточном слое, времени термализации высокоэнергетических носителей заряда, генерируемых в ОПЗ полупроводника, существенного увеличения квантового выхода генерации электронно-дырочных пар, увеличения роли поверхностной рекомбинации и т. д.

Были исследованы структуры с барьером Шоттки на *p*-Si. Барьер формировался путем электронно-лучевого напыления Ti ($d=15$ и 100 нм). Туннельно-прозрачные диэлектрические слои ($d=1.0 \div 8.0$ нм) создавались методом анодирования Si в растворе KNO_3 в этиленгликоле. Облучение потоком электронов осуществлялось на электронном микроскопе BS242D «Tesla» с энергией 60 кэВ, ток электронов $10 \div 600$ мкА.

На рис. 1 приведены зависимости i_{k_s} от толщины SiO_2 с разными толщинами металла при облучении потоком электронов с различными величинами тока $i_{e,1}$. Как видно, зависимость $i_{k_s}(d_{SiO_2})$ немонотонна и имеет максимум при $d=2.5$ нм, не зависящий от значения тока электронов. Величина V_{xx} незначительно увеличивается при изменении толщины SiO_2 от 1 до 8 нм. Полученные зависимости аналогичны зависимостям для тех же структур, но для случая освещения светом [7]. Как и в случае освещения светом, при малых толщинах SiO_2 возрастание тока связывается с уменьшением роли ухода в металл основных носителей, имеющих энергию выше потенциального барьера. При толщинах > 2.5 нм сказывается уменьшение прозрачности слоя для неосновных носителей заряда (V_{xx} увеличивается за счет уменьшения темнового тока). Поэтому можно считать, что при облучении структур с барьером Шоттки элек-