Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ, НАНОСТРУКТУР И НАНОМАТЕРИАЛОВ

МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

выпуск 7

ТВЕРЬ 2015

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145
ББК Ж36:Г5+В379
Ф50

Рецензенты:
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной физики Тверского государственного технического университета
А.Н. Болотов
Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики конденсированного состояния Тверского государственного университета
Н.Н. Большакова

Рецензирование осуществляется на основания Положения об рецензировании статей и материалов для опубликования в Межвузовском сборнике научных трудов «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

Официальный сайт издания в сети Интернет:
www.physchemaspects.ru

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2015. – Вып. 7. – 588 с.

ISBN 978-5-7609-1071-4
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 7747789 от 13.12.2011

Сборник составлен из оригинальных статей теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145
ББК Ж36:Г5+В379
ISBN 978-5-7609-1071-4
ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2015
© Тверской государственный университет, 2015

УДК 539.11

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОЙ ФОТО ЭДС МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ $p-$ТИПА

В.К. Люев, И.В. Люев

ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет»
360004, КБР, Нальчик, ул. Чернышевского, 175

Аннотация: Методом поверхностной фото-ЭДС исследована реальная поверхность монокристаллического кремния $p-$типа в интервале температур $T = 289-473$ К. Обнаружено существенное различие спектров ПЭС, полученных при нагревании и охлаждении образцов. Нагрев приводит к десорбции газов и диссоциации молекул воды в поверхностном слое, что уменьшает поверхностный потенциал на порядок.

Ключевые слова: фотоэдс, поверхностный потенциал, кремний $p-$типа.

Локализованные электронные состояния играют определяющую роль в большом круге электронных явлений, происходящих на поверхности полупроводника. Наиболее важным с практической точки зрения, как показано в работах [1-4], является случай поверхностных электронных состояний (ПЭС) на границе раздела диэлектрик – полупроводник. В связи с этим были проведены исследования методом поверхностной фото-ЭДС реальной поверхности монокристаллического кремния р-типа при температурах $T = 289-473$ К

В настоящей работе исследования поверхностной фотоэдс проводились на высокоомном кремнии $p-$типа (с удельным сопротивлением 10 Ом·см). Кристалл вырезался по направлению (111), размеры образца после стандартной обработки (шлифовка, полировка) составляли $20\times5\times5$ мм. Исследуемый образец помещается в колодку с омическими контактами, в качестве омических контактов использовался сплав In с Ga в процентном соотношении $83{,}3:16{,}7$. Образец освещался монохроматическим светом с длинами волн $400, 480, 510, 550, 610-620, 690$ нм и белым светом от источника A (температура излучения 1000 ± 80 °С). Сигнал с образца подавался на осциллограф $EO-213$. Параллельно к образцу подключалось нагрузочное сопротивление 10^4 Ом. Схема установки изображена на рис. 1. Измерения поверхностной фото-ЭДС полученные в результате эксперимента приведены в Таблицах 1 и 2. При облучении монохроматическим излучением с $\lambda = 480, 610-620, 690$ нм, поверхностный потенциал не был зарегистрирован.

На рис. 2 представлены температурные зависимости поверхностного потенциала при облучении образца белым светом и светом с длинами волн 510 и 550 нм. Полученные зависимости свидетельствуют о том, что при повышении температуры поверхностный потенциал уменьшается по экспоненциальному закону. Причем нагрев образца до 413 К приводит к

уменьшению поверхностного потенциала примерно в 10 раз. Дальнейшее нагревание до 473 К не вызывает существенного уменьшения поверхностного потенциала.

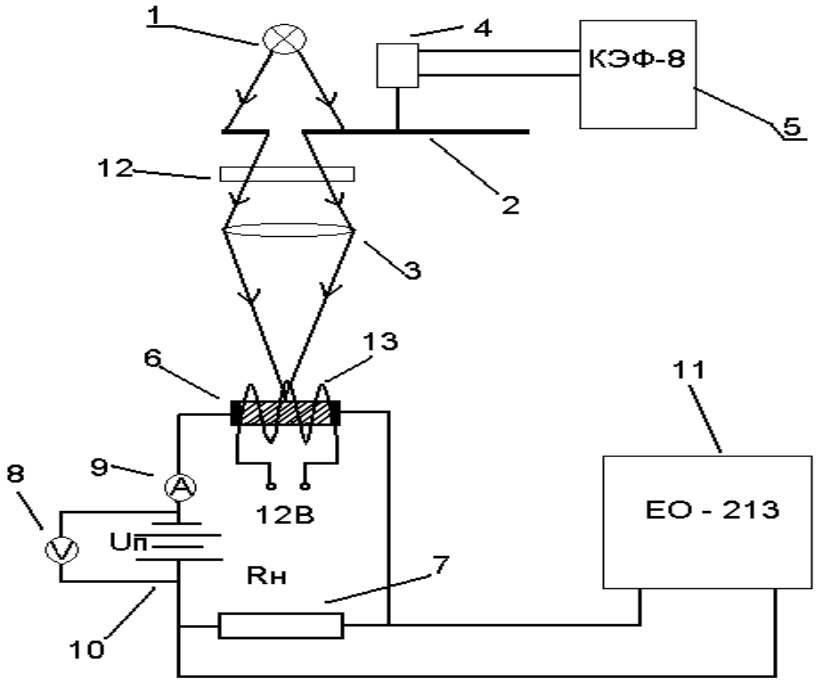

Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – источник света, 2 – диск, 3 – оптическая система, 4 – электродвигатель, 5 – блок питания (КЭФ–8), 6 – образец, 7 – магазин сопротивлений (МСР–63), 8 – вольтметр ($B7-4015$), 9 – амперметр, 10 – блок питания (ВУП–2M), 11 – запоминающий осциллограф ($EO-213$), 12 – светофильтр, 13 – печка.

Замечено, что на реальной поверхности поверхностный потенциал самый большой при облучении белым светом. При облучении образца монохроматическим светом с различными длинами волн исследования показали, что величина поверхностного потенциала падает с увеличением длины волны. Интересными на наш взгляд являются результаты полученные при понижении температуры от 473 К до комнатной. Эти эксперименты были поставлены с целью проверки воспроизводимости результатов измерений. Оказалось, что результаты измерений совпадают при понижении температуры примерно до 413 К. Значения поверхностного потенциала при дальнейшем понижении температуры лежат гораздо ниже.

Адсорбционно – десорбционные процессы оказывают существенное влияние на энергетический спектр и кинетические параметры практически всех групп ПЭС. Благодаря этому изменяются заряд и потенциал поверхности, темп генерационных и рекомбинационных процессов и другие электрофизические свойства системы диэлектрик – полупроводник.

В реальной атмосфере содержатся, как известно, молекулы воды. В первую очередь молекулы воды, адсорбируясь на поверхности, влияют на процессы, происходящие в таких структурах. Процессы диссоциации молекул воды напрямую связаны с возбуждением электронной подсистемы полупроводника. С другой стороны процессы десорбции газов с поверхности оказывают сильное влияние на поверхностный потенциал, о чем свидетельствуют полученные результаты. Отличие зависимости $\varphi(T)$, при повышении температуры вероятнее всего связаны с десорбционными процессами.

Таблица 1. Поверхностный потенциал реальной поверхности монокристаллического кремния (КДБ–10) измеренный при различных значениях температуры, и длины волны падающего света.

Температура T, K	Поверхностный потенциал $\varphi(B)$			
	$\lambda = 400$ нм	$\lambda = 510$ нм	$\lambda = 550$ нм	Белый свет
293	$0,008 \pm 0,002$	$0,125 \pm 0,023$	$0,024 \pm 0,004$	$0,145 \pm 0,026$
313	$0,008 \pm 0,002$	$0,09 \pm 0,016$	$0,016 \pm 0,003$	$0,105 \pm 0,019$
333	–	$0,07 \pm 0,013$	$0,01 \pm 0,003$	$0,08 \pm 0,016$
353	–	$0,055 \pm 0,01$	$0,006 \pm 0,001$	$0,06 \pm 0,012$
373	–	$0,04 \pm 0,007$	–	$0,04 \pm 0,007$
393	–	$0,03 \pm 0,005$	–	$0,03 \pm 0,005$
413	–	$0,02 \pm 0,004$	–	$0,02 \pm 0,004$
433	–	$0,01 \pm 0,003$	–	$0,01 \pm 0,003$
453	–	$0,006 \pm 0,001$	–	$0,006 \pm 0,001$
473	–	$0,004 \pm 0,0007$	–	$0,004 \pm 0,0007$

Таблица 2. Поверхностный потенциал реальной поверхности монокристаллического кремния (КДБ–10), измеренный при понижении температуры.

Температура T, K	Поверхностный потенциал $\varphi(B)$	
	$\lambda = 510$ нм	Белый свет
293	$0,004 \pm 0,007$	$0,035 \pm 0,006$
313	$0,03 \pm 0,005$	$0,025 \pm 0,005$
333	$0,025 \pm 0,005$	$0,02 \pm 0,004$
353	$0,02 \pm 0,004$	$0,02 \pm 0,004$
373	$0,015 \pm 0,003$	$0,015 \pm 0,003$
393	$0,01 \pm 0,003$	$0,01 \pm 0,003$
413	$0,008 \pm 0,002$	$0,008 \pm 0,002$
433	$0,008 \pm 0,002$	$0,008 \pm 0,002$
453	$0,006 \pm 0,001$	$0,006 \pm 0,001$
473	$0,007 \pm 0,001$	$0,007 \pm 0,001$

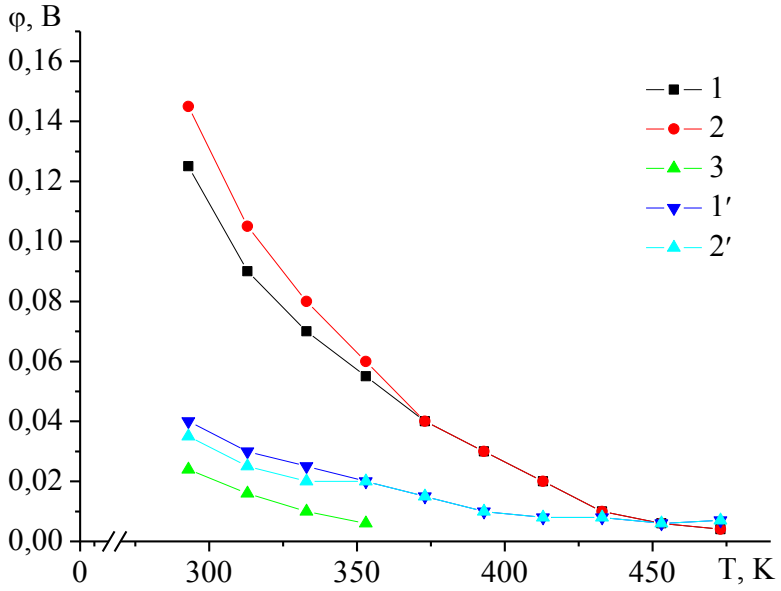

Рис. 2. Зависимость поверхностного потенциала φ от температуры T (1, 2, 3 – при нагревании, 1', 2' – при охлаждении), для белого света, 510 и 550 нм соответственно.

Библиографический список:

1. **Остроумова, Е.В.** Спектры поверхностных состояний в кремнии p – типа / Е.В. Остроумова // Физика и техника полупроводников. – 1975. – Т. 9. – № 8. – С. 1503-1506.
2. **Дмитрук, Н.Л.** Структура, электронные состояния и электрофизические свойства поверхности арсенида галлия / Н.Л. Дмитрук // Известия ВУЗов. Физика. – 1980. – № 1. – С. 38-51.
3. **Антощук, В В.** Инфракрасные спектры поверхностной фотопроводимости и фотоэдс $n-Si$ / В.В. Антощук, В.Е. Примаченко, О.В. Снитко // Физика и техника полупроводников. – 1977. – Т. 11. – № 2. – С. 305-309.
4. **Карпович, И.А.** Влияние адсорбции атомов металлов в вакууме на свойства реальной поверхности германия / И.А. Карпович, Б.И. Бедный, А. Н. Калинин // Известия ВУЗов. Физика. – 1976. – № 4. – С. 122-124.