



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»

студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»

PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»



14th April 2017, Astana



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**«Ғылым және білім - 2017»
студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2017»**

2017 жыл 14 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2017

увеличением количества церия по отношению с другими полосами в спектре. Это свидетельствует об участии ионов церия в процессе возбуждения ионов тербия и изменении механизмов возбуждения при увеличении количества церия в образцах.

Заключение: Исследованы спектральные и кинетические характеристики стекол $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{CaF}_2$ активированных РЗИ при импульсном электронном возбуждении.

Установлено, что ионы церия увеличивают эффективность люминесценции тербия. Наблюдается эффект сенсбилизации люминесценции тербия.

Показано, что путем подбора соактиватора можно варьировать длительность вспышки свечения редкоземельных ионов.

Полученные закономерности могут быть использованы для построения адекватных теоретических моделей процессов переноса энергии возбуждения в твердых телах; для оптимизации условий возбуждения в различные рода методиках люминесцентного анализа; при разработке эффективных излучающих кристаллических и стеклообразных материалов, активированных РЗИ в целях подбора оптимального концентрационного состава активаторов и соактиваторов для сцинтилляторов, лазерных материалов, люминофоров.

Список использованных источников

1. P. Lecoq, A. Annenkov, A. Gektin, M. Korzhik, C. Pedrini Inorganic scintillators for detector systems. Physical principles and crystal engineering. Springer-Verlag 2006, p. 251
2. MA Chonggeng, JIANG Sha, ZHOU Xianju Energy transfer from Ce^{3+} to Tb^{3+} and Eu^{3+} in zinc phosphate glasses Journal Of Rare Earths, Vol. 28, No. 1, Feb. 2010, p. 40).
3. Pankratov V., Popov A.I., Chernov S.A., Zharkouskaya A, and Feldmann C. Mechanism for energy transfer processes between Ce^{3+} and Tb^{3+} in $\text{LaPO}_4:\text{Ce},\text{Tb}$ nanocrystals by time-resolved luminescence spectroscopy. Phys. Status Solidi B 247, No. 9, 2252-2257 (2010).
4. Hou D., Han B., Chen W., Liang H., Su Q., Dorenbos P., Huang Y., Gao Z., Tao Y. Luminescence of Ce^{3+} at two different sites in $\alpha\text{-Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7$ under vacuum ultraviolet-UV and X-ray excitation // J. Appl. Phys. 2010. - v. 108, p. 1-6
5. Yanping Chen, Deli Luob, Lizhu Luo, Xiaoying Wang, Tao Tang, Wenhua Luo. Luminescence of $\text{Ce}^{3+}/\text{Tb}^{3+}$ ions in lithium-magnesium aluminosilicate glasses. Journal of Non-Crystalline Solids 386 (2014) 124-128

УДК 548.4:539.211:537

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭПР, ДЛЯ ВЫЯСНЕНИЯ ПРИРОДЫ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗЦОВ НИТРИДА КРЕМНИЯ

Д.О.Мурзалинов¹, Н.С.Аяшева²

dan_collaps@mail.ru

¹Научный сотрудник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева,

²Магистрант физико-технического факультета, Астана, Казахстан

Научный руководитель – А.Т. Акылбеков

Аморфный нитрид кремния (Si_3N_4) относится к наиболее важным изолирующим материалам микроэлектроники. Он используется в качестве подзатворного диэлектрика тонкопленочных полевых транзисторов, сохраняющих заряд слоев в системах энергонезависимой памяти металл/нитрид—оксид/кремний. На ряду, с этим аморфный нитрид используется как емкостный диэлектрик в устройствах динамической памяти, технологически применяется для диффузионной экранировки примесей [1]. Интерес к тонким слоям нитрида кремния как элемента памяти стимулировал изучение электронных свойств ловушек носителей заряда с помощью техники электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) [1-3].

В последние годы тонкие слои нитрида кремния привлекают внимание возможностью создания совместимых с интегральной кремниевой технологией излучателей света [2-4].

Целью данной статьи является выяснение природы люминесценции нитрида кремния, по средствам таких методов как, электронный парамагнитный резонанс, метод эллипсометрии, Резерфордское обратное рассеяние итд.

1.Свойства исследованных образцов

Исследуемые образцы включали в себя:

1) Три больших образца SiN_x/Si , вырезанных из пластины № В-23. Слой нитрида кремния толщиной 375 нм осаждался методом газофазного химического осаждения при пониженном давлении (*LPCVD*). Температура подложки была 800°C . Показатель преломления нитридного слоя – 2,22. Стехиометрический параметр $x = 1,0$. Избыточное содержание кремния $\text{Si}_{\text{ex}} = 7,2\%$.

2) Три больших образца трехслойного покрытия со стехиометрическим нитридом кремния Si_3N_4 (600 нм)/ SiO_2 (300нм)/Si. Слои нитрида и диоксида выращивались при 300°C , методом плазменно-ассистированного газофазного химического осаждения (*PECVD*).

3.Облучение исследуемых образцов быстрыми тяжелыми ионами

Облучение быстрыми тяжелыми ионами (*БТИ*) - новый метод наноструктурирования материалов. Высвобождаемую при прохождении быстрых ионов энергию можно использовать для модификации уже существующих наночастиц или их преципитации из примесей, находящихся в матрице.

При облучении БТИ диэлектриков доминирующими являются электронные потери энергии. 99% энергии идет на создание электронных возбуждений.

Данные шесть образцов облучены ксеноном, с энергией 200-230 Мэв и флюенсами $10^9, 10^{12}, 10^{14}, 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Образцы облучены на ускорителе ДЦ-60, г. Астана. Электронные и ядерные потери энергии ионов ксенона, рассчитанные с помощью программы SRIM для $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$, представлены на рисунке 1.

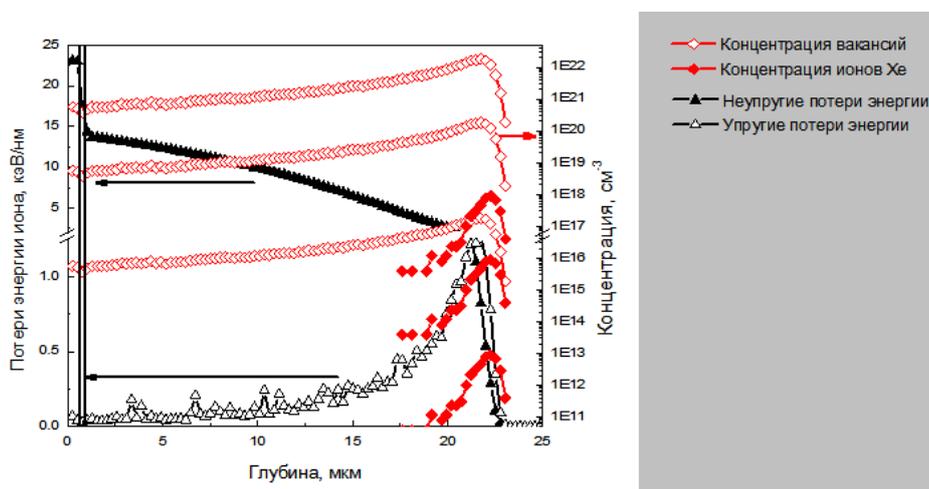


Рисунок 1 – Графики зависимостей: электронных (неупругих) и ядерных (упругих) потерь энергии от глубины; концентрации ионов Xe и вакансий от глубины

Первая вертикальная черта слева отделяет слой нитрида от слоя оксида кремния. Вторая вертикальная черта слева отделяет слой оксида кремния от кремниевой подложки.

Ионы, проникающие в образец, испытывают неупругие потери энергии в поверхностной зоне. Наибольшие потери такого характера наблюдаются на глубине от 0 до 5 мкм. Максимум упругих потерь энергии, а также максимум концентрации вакансий виден в пределах от 20 до 23 мкм. Примесные ионы Xe залегают на глубине от 17 до 23 мкм. Пик

концентрации ионов Хе виден на глубине примерно 23 мкм. Очевидно, что аналогичная картина будет наблюдаться и для образца SiNx/Si.

4. Исследования образцов после облучения БТИ

4.1 Исследование фотолюминесценции

На рисунке 2 представлены спектры фотолюминесценции образцов Si₃N₄/SiO₂/Si.

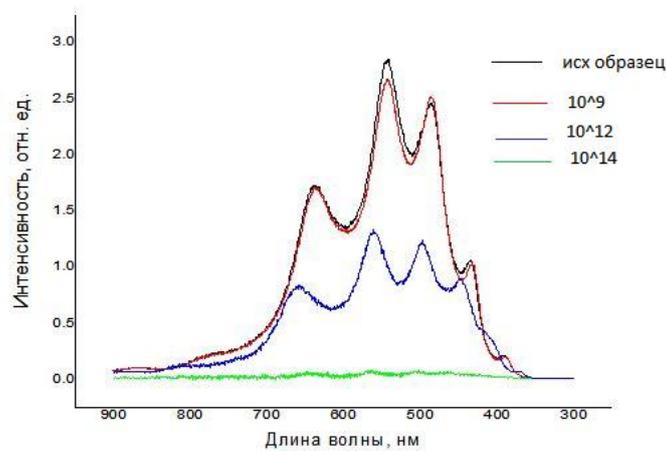


Рисунок 2 – Фотолюминесценция необлученного (исходного) образца Si₃N₄/SiO₂/Si и облученных ионами Хе, 200 МэВ, до флюенсов (10⁹, 10¹², 10¹⁴) см⁻².

При увеличении флюенса в образцах Si₃N₄/SiO₂/Si наблюдается снижение выхода люминесценции. Наиболее вероятное объяснение связано с увеличением количества центров безизлучательной рекомбинации.

Для всех образцов SiNx/Si люминесценции не наблюдалась.

Известно, что в пленке нитрида кремния с избытком кремния содержится большое количество атомов кремния с оборванной связью (трехкоординированный атом кремния с неспаренным электроном), так называемых К-центров. В случае нитрида кремния с избытком азота существуют дефекты, обусловленные наличием атомов азота с оборванной связью - N-центры. К- и N-центры играют важную роль в процессах рекомбинации в аморфном нитриде кремния [3].

Центры окраски, вызванные облучением ионов в SiO₂, - это F₂ центры (две кислородные вакансии и четыре электрона), F₂⁺ центры (две кислородные вакансии с тремя электронами), F₃⁺ центры (три кислородные вакансии с пятью электронами) и F₄ центры (четыре кислородные вакансии с восемью электронами). [4]. Еще одним важным дефектом для SiO₂ является P_B-центр. P_B-центр, создаваемый трехкоординированным атомом кремния, представляет собой дефект на межфазной границе Si-SiO₂, образованный вследствие нехватки кислорода [5].

В процессе ионного внедрения происходит нарушение структуры образцов. Появляются дефекты в результате первичных соударений ионов с атомами мишени или вторичных соударений уже смещенных из узлов кристаллической решетки быстрых атомов с другими атомами матрицы. Большинство имплантированных атомов занимают нерегулярные положения в решетке и поэтому являются электрически неактивными [4]. Для устранения образовавшихся нарушений был проведен отжиг ионно-легированных образцов в атмосфере азота, при 1200 °С, в течение 60 минут.

Люминесценция отожженных образцов представлена на рисунках 3-4.

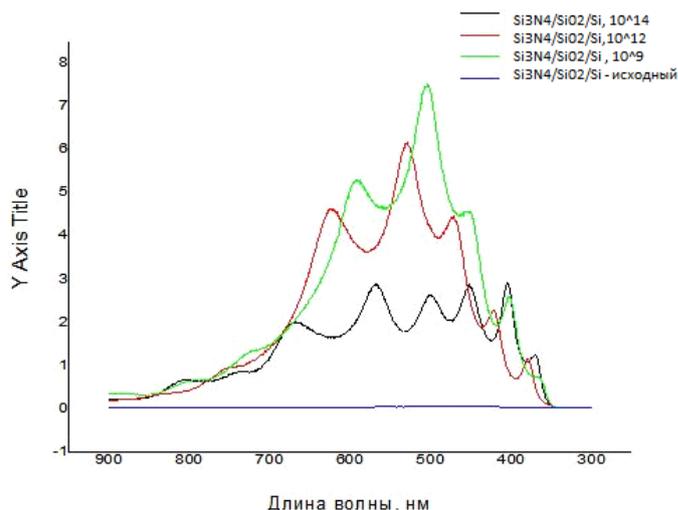


Рисунок 3 – Люминесценция $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$ после отжига в атмосфере азота, при $1200\text{ }^\circ\text{C}$, в течение 60 минут.

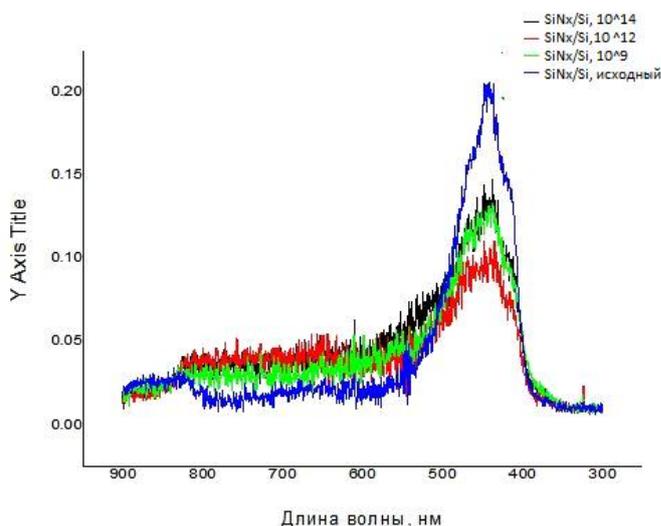


Рисунок 4 – Люминесценция образцов SiN_x/Si после отжига в атмосфере азота, при $1200\text{ }^\circ\text{C}$, в течение 60 минут.

Отжиги восстанавливают порядок в матрице нитрида кремния, при этом водород испаряется, а избыточный кремний внедряется в матрицу, увеличивая стехиометрический беспорядок. При этом выход фотолюминесценции увеличивается.

4.2 Исследование образцов, методом электронного парамагнитного резонанса

Особый интерес вызывают два образца:

- 1) $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$, облученный Хе, энергией 200 Мэв и флюенсом $2 \cdot 10^{14}\text{ см}^{-2}$;
- 2) SiN_x/Si (B23), облученный Хе, энергией 200 Мэв и флюенсом $2 \cdot 10^{14}\text{ см}^{-2}$.

Это связано с тем, что для данных образцов был выбран наибольший флюенс облучения БТИ. Для них были проведены исследования электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), результаты которых отражены в таблице 1.

Измерения проводились при разных углах ориентации их плоскости магнитного поля $0^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 180^\circ$

Как правило, в аморфном нитриде кремния присутствуют два вида парамагнитных центров. Это К-центры, с фактором спектроскопического расщепления $g = 2.003$, шириной линии $\Delta H_{pp} = 12 \text{ Э}$, которые являются наиболее важными глубокими ловушками как для электронов, так и для дырок [1-5]. Так же существуют парамагнитные N-центры с фактором $g = 2.0057$ и шириной линии $\Delta H_{pp} = 10 \text{ Э}$, которые появляются после сравнительно высокотемпературного отжига слоев аморфного нитрида кремния, содержащего водород. В наших образцах, подвергнутых ионному облучению и дальнейшей термообработке, наблюдается спектр ЭПР, который является суперпозицией спектральных линий К- и N-центров.

Таблица 1 – Исследования электронного парамагнитного резонанса

5. Обсуждение результатов

В статье показана зависимость выхода ФЛ от флюенса облучения БТИ. Применяя эти данные можно подобрать условия облучения для еще большей эффективности фотолюминесценции.

Увеличение интенсивности люминесценции после отжига можно объяснить увеличением количества К- и N-излучательных центров за счет разрыва связей Si–H и N–H. Это предположение подтверждают эксперименты по ЭПР образцов. На ряду, с этим возможны суперпозиции данных дефектов.

В пленке нитрида кремния при данной температуре отжига, наряду с формированием дефектов за счет разрыва связей Si–H и N–H, происходит конкурирующий процесс образования связей Si–N [3]. При отжиге в азоте связь Si–N может образоваться в результате

№	J_c^H	ΔH	ΔH^2	$J_c^H \Delta H^2$	g-factor	Вес (гр)	Коэф нормирования на 1гр	Инт. нормирования на 1гр
1 (0°)	83	15.8	248.9	206587	2.00436	0,0243	41,2	85 015
1 (60°)	80	15.6	243.4	194497	2.00447			80 092
1 (120°)	81.9	15.8	248.9	203849	2.00445			83 985
1 (180°)	81.8	15.7	246.0	202867	2.00442			83 582
2 (0°)	75	15.1	229.2	1719147	2.00526	0,0123	81,3	139 762
2 (60°)	79	14.7	215.5	170247	2.00531			138 230
2 (120°)	92.5	15.2	229.5	189350	2.00559			153 950
2 (180°)	82.8	15.02	225.6	186797	2.00540			151 866

взаимодействия К-центра с атомом азота, поступившим в пленку в результате диффузии из атмосферы отжига, без участия N-центра.

Наряду с этим, одной из причин происхождения люминесценции является увеличение количества Pб излучательных центров. Они концентрируются на границе оксида кремния и кремниевой подложки.

Список использованных источников

1. Гриценко В.А. Структура и электронная структура аморфных диэлектриков в кремниевых МДП-структурах. - Новосибирск: Наука, 1993. - 278 с.
2. Van Den Brekel C. H. J., Bollen L. J. M., Low Pressure Deposition of Polycrystalline Silicon from Silane, J. Cryst. Growth, 54, 310 (1981)
3. Власукова Л. А., Комаров Ф. Ф., Пархоменко И. Н., Мильчанин О. В., Леонтьев А. В., Мудрый А. В., Тогамбаева А. К. Оптические свойства пленок нитрида кремния, полученных плазмохимическим осаждением из газовой фазы // Прикладная спектроскопия. -

2013.- Т.80. - №1. – С. 92 – 96

4. S. Yin, Z. Chong-hong, M. Yan-cheng, Z. Heng-qing, Z. Li-qing, G. Jie, Y. Yi-tao, M. Yi-zhun, Structural and optical characterization of SiO₂ under irradiation with swift heavy ion 63, 410 (1989)

5. Gerardi G.J., Poindexter E.H., Caplan P.J., Interface traps and P_B centers in oxidized silicon wafers // Appl. Phys. Lett., vol. 49, N6, 1986, p 348-350

УДК 536.21: 536.2.083

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОКОМПЗИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОВ ФОТОАКУСТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

¹Оспанова Жанар Тасбековна, ²Мирзо Авази

¹Магистрант 1-го курса Физико-технического факультета
ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,

²Аспирант Таджикского национального университета (ТНУ), Душанбе, Таджикистан
Научные руководители – Д.М. Шарифов, Н.И. Темиркулова

Аннотация

Приводятся результаты экспериментального анализа теплофизических свойств углеродных наноконкомпозитных полимерных материалов методом лазерной фотоакустической спектроскопии.

Ключевые слова: фотоакустическая спектроскопия, углеродные наноконкомпозитные полимеры, теплофизические свойства.

Как известно, лазерный фотоакустический (ФА) метод появился после открытия мощных когерентных источников оптического излучения - лазеров, во второй половине прошлого столетия [2]. В настоящее время лазерный ФА метод, как универсальный, оперативный, бесконтактный, высокочувствительный высокоинформативный метод успешно применяется при исследовании фундаментальных физических (теплофизических, оптических, структурных и др.) свойств различных веществ.

Основные закономерности физических процессов происходящих при лазерной ФА методе, а также области его прикладного применения, наиболее подробно отражены в фундаментальных научных трудах [1-8].

Теория лазерного ФА метода с косвенной схемой регистрации сигнала при исследовании конденсированных сред впервые и наиболее подробно изложена в работе [8]. Результаты данной теории, которая к настоящему времени стала классической и часто именуется как RG-теория, вполне удовлетворительно описывают экспериментально полученные искомые зависимости параметров ФА сигнала от оптических, теплофизических, акустических и др. свойств образцов в диапазоне температуры от комнатных до близких точкам фазовых превращений образцов.

Экспериментальная установка, характерная для ФА исследования твердотельных образцов, состоит из нескольких основных принципиальных блоков: 1) источника оптического излучения (He-Неили Ag⁺-лазер), 2) модулятора оптического излучения, 3) ФА-ячейки (камеры) с измерительным микрофоном, 4) системы обработки ФА сигнала: усилитель, синхронный усилитель, ПК с соответствующим программным обеспечением (рисунки 1).

В качестве объектов исследования (образцов) выбраны две группы углеродных наноконкомпозитных тонких полимерных пленок. Выбор данных образцов, безусловно, связан с актуальностью и интенсивностью развития новых перспективных композитных полимерных