

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



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2016» атты
XI Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2016»

PROCEEDINGS
of the XI International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2016»

2016 жыл 14 сәуір
Астана

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

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2016»
атты XI Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2016»**

**PROCEEDINGS
of the XI International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2016»**

2016 жыл 14 сәуір

Астана

ӘӨЖ 001:37(063)

КБЖ 72:74

Ғ 96

Ғ96 «Ғылым және білім – 2016» атты студенттер мен жас ғалымдардың XI Халық. ғыл. конф. = XI Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2016» = The XI International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2016» . – Астана: [http://www.enu.kz/ru/nauka/ nauka-i-obrazovanie/](http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/), 2016. – б. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-764-4

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.

ӘӨЖ 001:37(063)

КБЖ 72:74

ISBN 978-9965-31-764-4

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2016

Кесте-1.

$I, \text{Гц}$	100	200	500	1000	1500	2000	5000	10000	20000
$u_k, \text{В}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$u_{ш}, \text{В}$	3,95	4,325	4,484	4,5	4,51	4,52	4,505	4,192	4,1
k_U	79	86,5	89,68	90	90,2	90,4	90,1	90	90

Қорытынды. Бұл зерттеу жұмысында радиоэлектрониканың ең негізгі элементі электрондық күшейткіштің жұмыс принципіне теориялық талдау жасалынды.

1. Күшейткіштің сұлбасына аналитикалық есеп жасалынды.
2. Күшейткіштің бұл схема техникасын, оның жұмыс принципін компьютерлік, виртуалдық әдіспен зерттедім.
3. Аналитикалық және виртуалдық зерттеуді практикамен салыстырдым. Ол үшін аналитикалық есеп бойынша күшейткішті практика жүзінде қолдан жасап шығардым.
4. Осылайша- бұрын соңды ешқайда жасалынбаған жаңа иновациялық зертханалық қондырғысын жасап шығардым.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Мурзин Ю.М., Волков Ю.И. Электротехника. - Питер: 300 лучших учебников для высшей школы, 2007.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. - М.: Высшая школа, 1990.
3. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Ч. I. – М.: Энергия, 1978.
4. О.Құрманұлы, Ж.Абдула, Ә.Т.Ақылбеков. Электрлік тізбектер теориясы. - Астана: Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, 2009.
5. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В. и др. Основы теории цепей. - М.: Высшая школа, 1975.
6. А. Ионкана. Теоретические основы электротехники. Ч. I, II. – М.: Высшая школа, 1975.
7. Нейман Л. Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Ч. I, II. – М.: Энергия, 1981.
8. Поливанов К. М. Линейные электрические цепи с сосредоточенными параметрами. – М.: Энергия, 1972.
9. Балабанян И. Синтез электрических цепей: Пер с англ. / Под ред. Г.И. Атабекова. – М.: Госэнергоиздат, 1961.
10. Гарднер М.Ф., Бэрнс Д.А. Переходные процессы в линейных системах. – М.: Физматгиз, 1961.
11. Голдман С. Теория информации: Пер. с англ. / Под ред. В.В. Фурдуева. – М.: ИЛ, 1957.
12. Деруссо П., Рой Р., Клоуз И. Пространство состояний в теории управления: Пер. с англ. / Под ред. В. Меерова. – М.: Наука, 1970.

УДК 548.4:539.211:537

ФОРМИРОВАНИЕ К И N ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ В СЛОЯХ $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$ МЕТОДОМ ОБЛУЧЕНИЯ БЫСТРЫМИ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

Мурзалинов Данатбек Онгарбекович

Сыздыкова Айнура Сагадатовна

Докторант ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

Магистрант ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

Научный руководитель – Акилбеков А.Т.

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 [1]. Для управления процессами кластерообразования в матрице нитрида кремния вместо традиционно используемой высокотемпературной обработки мы предлагаем обработку пучками быстрых ионов. Исходными материалами являлись слои нитрида и оксида кремния с избыточным в сравнении со стехиометрией содержанием кремния.

Технологические приемы наноструктурирования диэлектрических слоев на кремниевых подложках пучками БТИ могут найти применение при разработке активных элементов оптоэлектроники и сенсорики, а также для создания энергонезависимой памяти, солнечных элементов и в биомедицине [2].

Ширина запрещенной зоны SiO_2 составляет $E_g = 8,0$ эВ [2]. Обогащение оксида избыточным кремнием приводит к образованию субоксидов кремния SiO_x , ширина запрещенной зоны которых уменьшается при уменьшении содержания кислорода до $E_g = 1,6$ эВ в аморфном кремнии (a-Si) [1]. Обогащение нитрида кремния избыточным кремнием приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны от $E_g = 4,5$ эВ в Si_3N_4 до $E_g = 1,6$ эВ в a-Si. В оксинитриде кремния SiO_xN_y , который состоит из связей Si-O и Si-N, ширина запрещенной зоны лежит в диапазоне 4,5-8,0 эВ [1]. Таким образом, изменение химического состава оксидов и нитридов кремния позволяет в широком диапазоне изменять их физические (оптические и электрические) свойства.

Термический (полученный окислением кремния) SiO_2 на кремнии обеспечивает низкую плотность ($\ll 10^{10} \text{ см}^{-2}$) поверхностных состояний на границе Si/SiO₂. Благодаря большим значениям барьеров на границе Si/SiO₂ оксид имеет низкие токи утечки, а благодаря сильному рассеянию электронов - высокое пробивное поле ($2 \times 10^7 \text{ В см}^{-1}$). Для SiO_2 характерна низкая концентрация дефектов, на уровне $10^{15} - 10^{17} \text{ см}^{-3}$ [4]. Дефекты в SiO_2 приводят к локализации электронов и дырок, нежелательной деградации кремниевых микросхем.

Нитрид кремния, наоборот, имеет высокую плотность ($\sim 10^{19} - 10^{20} \text{ см}^{-3}$) электронных и дырочных ловушек. Энергия ловушек лежит в диапазоне 1,5 - 2,0 эВ. Электроны и дырки, захваченные в ловушки, удерживаются в локализованном состоянии в нитриде кремния более 10 лет при температуре 400 К - это явление называют эффектом памяти в нитриде кремния [3].

Далее представим параметры процесса облучения БТИ:

4 образца $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$ (PECVD, t подложки 300°C).

Первый образец – исходный.

Второй образец облучен Хе, энергией 200 МэВ, флюенсом 10^9 см^{-2} .

Третий образец облучен Хе, энергией 200 МэВ, флюенсом 10^{12} см^{-2} .

Четвертый образец облучен Хе, энергией 200 МэВ, флюенсом 10^{14} см^{-2} .

Затем представим результаты моделирования процесса облучения БТИ с помощью программы SRIM.

Результаты моделирования в программе SRIM.

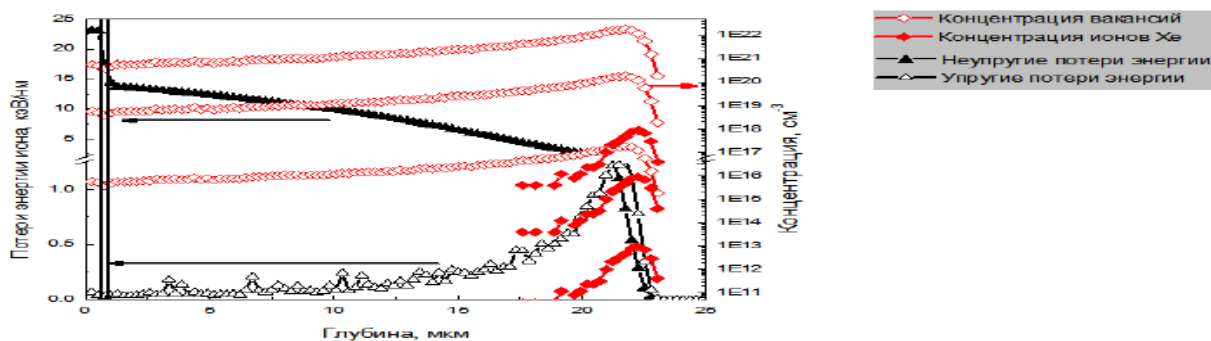


Рисунок 1. Графики зависимостей: А) упругие и неупругие потери энергии от глубины (слева) Б) концентрации атомов Хе и вакансий от глубины (справа).

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 так же максимум концентрации вакансий виден в пределах от 20 до 23 мкм. Примесные ионы Хе залегают на глубине от 17 до 23 мкм. Пик концентраций ионов Хе виден на глубине примерно 23 мкм.

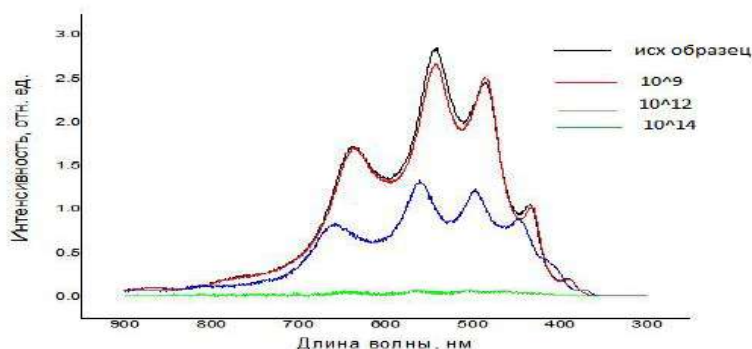


Рисунок 2. Графики исходного образца $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$ и облученных флюенсами - 10^9 , 10^{12} , 10^{14} cm^{-2} .

Далее использовался ключевой метод фотолюминесценции (далее ФЛ). Измерение ФЛ осуществлено на аппарате: МДР23У-1200(II). Возбуждение с длиной волны 325 нм. He-Cd лазер. Результаты представлены на рисунке 2.

При увеличении флюенса в образцах $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$ наблюдается снижение выхода ФЛ. Это объясняется увеличением количества центров безизлучательной рекомбинаций. После имплантации ксеноном интенсивность ФЛ значительно ослаблялась, сам спектр при этом не изменился.

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. Эти дефекты вызывают изменение электрофизических свойств образцов. Кроме того большинство имплантированных атомов занимают нерегулярные положения в решетке и поэтому являются электрически не активны. Для устранения образовавшихся нарушений был проведен печной отжиг ионно-легированных образцов в атмосфере азота, при 1200°C , в течение 60 минут.

Для сравнения оптических свойств до и после отжига образцов повторно был применен метод фотолюминесценции. Результаты этих измерений отражены на рисунке 3.

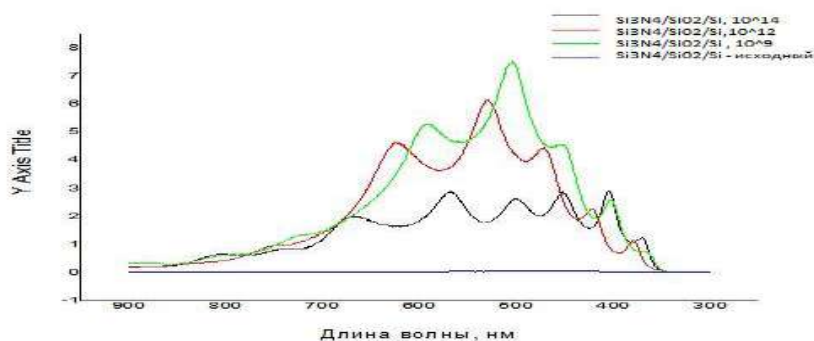


Рисунок 3. График ФЛ $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$ после отжига.

Спектр ФЛ монотонно снижается при увеличении флюенса. Процесс ионной имплантации производит большое количество дефектов, таких как смещение атомов, с этим связано возникновение центров безизлучательной рекомбинации и, как следствие, ослабление ФЛ. Отжиги восстанавливают порядок в матрице нитрида кремния, при этом водород испаряется, а избыточный кремний пытается внедриться в матрицу, увеличивая стехиометрический беспорядок. При этом выход ФЛ увеличивается.

Обсуждение результатов

Известно, что в пленке нитрида кремния с избытком кремния содержится большое количество атомов кремния с оборванной связью (трех координированный атом кремния с неспаренным электроном), так называемых К-центров [4]. В случае нитрида кремния с избытком азота существуют дефекты, обусловленные наличием атомов азота с оборванной связью — N-центры [1]. К- и N-центры играют важную роль в процессах излучательной рекомбинации в аморфном нитриде кремния. Усиление сигнала ФЛ после отжига можно объяснить увеличением количества таких дефектов за счет разрыва связей Si–H и N–H. Ранее показано, что в слоях нитрида кремния, выращенных методом плазмохимического осаждения из смеси SiH_4 и N_2 при низких температурах, может содержаться большое количество водорода, что хорошо согласуется с результатами [1].

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 [4]. При отжиге в азоте связь Si–N может образоваться в результате взаимодействия К-центра с атомом азота, поступившим в пленку в результате диффузии из атмосферы отжига, без участия N-центра.

Для образца с избытком азота и, следовательно, с большим количеством N-центров предпочтительной атмосферой отжига для получения более интенсивной люминесценции является азотная среда.

По аналогии для образца с избытком кремния К-центры будут отжигаться наиболее интенсивно также в среде азота. Однако в этом случае К-центры играют ключевую роль в процессах рекомбинации и уменьшение их количества в нитридной пленке нежелательно.

Список использованных источников

1. Шипатов Э.Т. Обратное рассеяние быстрых ионов. Теория, эксперимент, практика. - Ростов: Изд. Ростовского университета, 1988, 160 с.
2. Гриценко В.А. Строение и электронная структура аморфных диэлектриков вкремниевых МДП-структурах. - Новосибирск: Наука, 1993, 278 с.
3. Голишников А.А., Путря М.Г. Лабораторный практикум по дисциплине «Плазменные технологии в наноэлектронике». – Москва: МИЭТ, 2011, 172 с.
4. 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.