

ства оборванных связей кислорода, являющихся акцепторным центром, в переходной области Si-SiO₂. Целью настоящей работы было исследование влияния увеличения концентрации акцепторного центра с энергией ионизации $E_v+0,34\text{эВ}$, вследствие всестороннего гидростатического сжатия, на концентрацию примесных дефектов иридия в приграничных слоях Si-SiO₂.

Для исследования были подготовлены три группы структур. Структуры группы 1 были получены путем высокотемпературного окисления в сухом кислороде (900°C в течении часа) кремния электронного типа проводимости (КЭФ-20) с ориентацией <100> (контрольные структуры). Часть кремниевых пластин была предварительно легирована иридием. Легирование проводилось методом термической диффузии из напыленного слоя в течении четырех часов при температуре 1250°C. После диффузии эти пластины подвергались высокотемпературному окислению в аналогичном режиме (структуры группы 2). Толщина слоя двуокиси кремния обеих групп равнялась 900-1000 ангстрем. Часть примесных структур группы 2 подвергалась всестороннему гидростатическому сжатию с давлением 4 кбар (структуры группы 3).

Исследование плотности поверхностных состояний и ее распределения по ширине запрещенной зоны было выполнено методом высокочастотных (~ 1 МГц) вольтфарадных характеристик [5].

Результаты измерений после обработки были усреднены по 5-6 структурам каждой группы.

Сравнение спектра распределения плотности поверхностных состояний по ширине запрещенной зоны кремния контрольных МДП-структур (группа 1) и структур с примесью Ir (группа 2) подтвердило, что наличие примеси иридия в кремниевой подложке приводит к образованию фиксированного положительного заряда, локализованного в переходной области Si-SiO₂. По сравнению с контрольными структурами интегральная плотность этого заряда возрастала на порядок, достигая величины $\sim 6 \times 10^{12}\text{см}^{-2}$. В распределении дифференциальной плотности поверхностных состояний по ширине запрещенной зоны Si легированных иридием МДП-структур выделялись два пика в областях энергий $E_c-0,3\text{эВ}$ и $E_c-0,55\text{эВ}$, совпадающие с энергией ионизации комплексов Ir в Si.

Аналогичные исследования структур группы 3 (легированных иридием и подвергнутых давлению 4 кбар) выявили значительное (до $7-9 \times 10^{11}\text{см}^{-2}$) снижение интегральной плотности поверхностных состояний примесных структур под действием давления. При этом в распределении дифференциальной плотности поверхностных состояний по ширине запрещенной зоны наблюдалось некоторое сглаживание примесных пиков при одновременном росте пика с энергией $E_v+0,34\text{эВ}$, по-видимому, обусловленного ростом концентрации глубокого центра с этой энергией к границе раздела Si-SiO₂ под воздействием давления [3].

Таким образом, всестороннее гидростатическое сжатие с давлением порядка 4 кбар может улучшать рабочие характеристики МДП-структур с примесью иридия. По-видимому, это объясняется увеличением под действием давления концентрации оборванных связей кислорода, являющихся активным акцепторным центром, вблизи границы раздела Si-SiO₂, что компенсирует рост интегрального положительного заряда вызванного наличием примеси Ir в этой области.

Литература:

1. Власов С.И., Насиров А.А., Алимов Т.Ш., Мазинов А.С., Пак Т.Х. Влияние электроактивных центров полупроводниковой подложки на характеристики слоев SiO₂. "Физика окисных пленок". Тезисы докладов 3 Всесоюзной научной конференции. Петрозаводск, 10-12 апреля 1991г., часть 1, с. 52.
2. Алимов Т.Ш., Власов С.И., Насиров А.А. Влияние примеси Ir на плотность заряда в SiO₂. Первая республиканская конференция молодых ученых-физиков ВУЗов республики. Тезисы докладов. Ташкент, 1988, с. 53.
3. Власов С.И., Зайнабидинов С.З., Насиров А.А., Алимов Т.Ш. Влияние давления на перераспределение глубоких центров в МДП-структурах. Известия ВУЗов, "Физика", 1991, № 1, с. 121-122.
4. Власов С.И., Алимов Т.Ш. Влияние гамма-облучения на электронные состояния границы раздела полупроводник-диэлектрик. Узбекский физический журнал, 1991, № 2, с. 47-50.
5. Власов С.И., Насиров А.А. Определение плотности поверхностных состояний методом дифференцирования C-V зависимости. ДАН УзССР, 1988, № 7, с. 26-28.

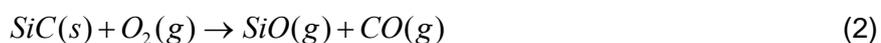
p-n ПЕРЕХОДЫ ИЗГОТОВЛЕННЫЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ДИФФУЗИЕЙ Al В SiC

И.Г.Атабаев, Т.М.Салиев, В.Пак, Химматали Жураев

Карбид кремния является одним из перспективных материалов для создания высокотемпературных, радиационно стойких силовых диодов большой мощности. В [1] сделан обзор работ по изготовлению диодов методом ионного легирования и описан высокотемпературный радиационно стойкий выпрямитель на основе р⁺-n-переходов в 4H-SiC, ионно-легированном алюминием, с напряжением пробоя $U_{\text{пробоя}}$ до 1500В и плотностью прямого тока порядка 500А/см². Площадь меза структуры диода составляла 10⁻³ см² (т.е. диаметр порядка 30 мкм). Малая площадь этих р-п переходов связана с особенностями кристаллов карбида кремния – они содержат микротрубки и другие дефекты, которые значительно снижают характеристики переходов. Если в области р-п перехода имеются микротрубки напряжение пробоя (в зависимости от технологии изготовления диодов) падает до 5 - 300В! В работе [2] исследован низкотемпературный примесный пробой в 4H-SiC (р-типа легированного алюминием) для получения террагерцового излучения. Таким образом, получение легированных алюминием р-SiC областей может представлять как научный так и практический интерес.

Разработанный ранее нами метод низкотемпературной диффузии бора позволяет получать диффузионные переходы с достаточно большой площадью до 0,5 см² с напряжением пробоя до 50 В, концентрацией примеси бора в р-области до 10²⁰ см⁻³. Так как напряжение пробоя этих р-п переходов было низкое, нами проведены эксперименты по легированию карбида кремния алюминием по технологии аналогичной [3]. В данной работе представлены результаты исследования ВАХ р-п переходов изготовленных путем низкотемпературной диффузии алюминия в карбид кремния.

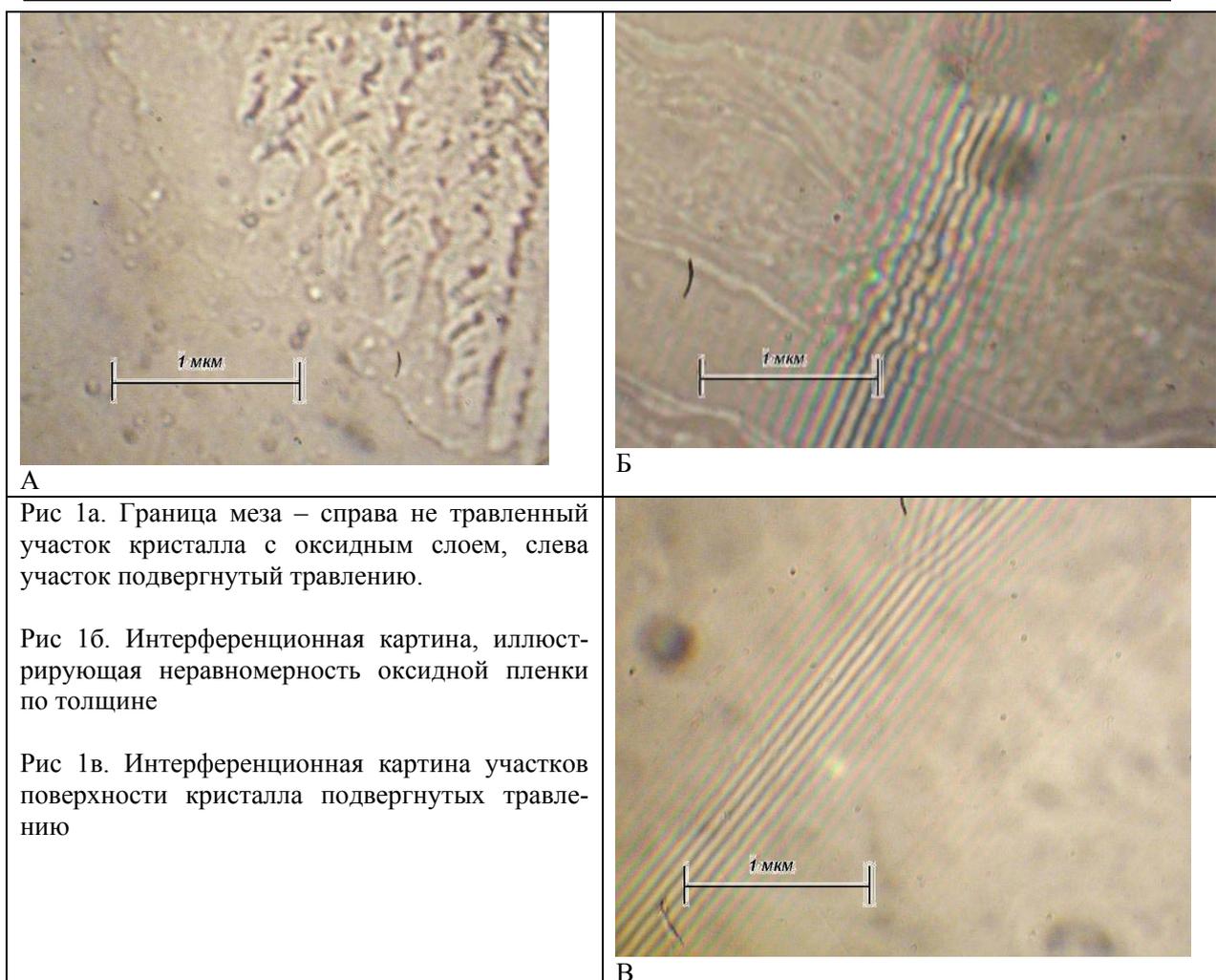
Низкотемпературная диффузия в карбид кремния проводилась методом [3] при температуре 1200-1250°C. В этом низкотемпературном методе диффузия осуществляется в потоке вакансий углерода и кремния, которые создаются в специальных условиях поверхностного окисления. Согласно [5] при температурах 1100-1400°C при парциальных давлениях кислорода менее 3·10⁻⁴ atm на поверхности карбида кремния происходят следующие реакции окисления :



Как видно из реакций 1 и 2 поверхностное окисление карбида кремния приводит к появлению потока вакансий. В результате взаимодействия атомов примеси с этим потоком вакансий снижается температура диффузии и повышается растворимость примеси.

В [3] в качестве источника атомов бора для диффузии использовался слой боросиликатного стекла, создаваемого синтезом при 650°C. В нашем случае, в качестве источника атомов алюминия для диффузии на поверхности образцов создавался слой окиси алюминия, который, как нами полагалось, взаимодействовал при высоких температурах со слоем окиси кремния на поверхности кристалла. Этот слой окиси алюминия создавался двумя методами: 1) при 650°C производилось окисление пленки алюминия, напыленного на образец в вакууме; 2) синтез при 600-700°C из хлористого алюминия, нанесенного на поверхность кристалла карбида кремния.

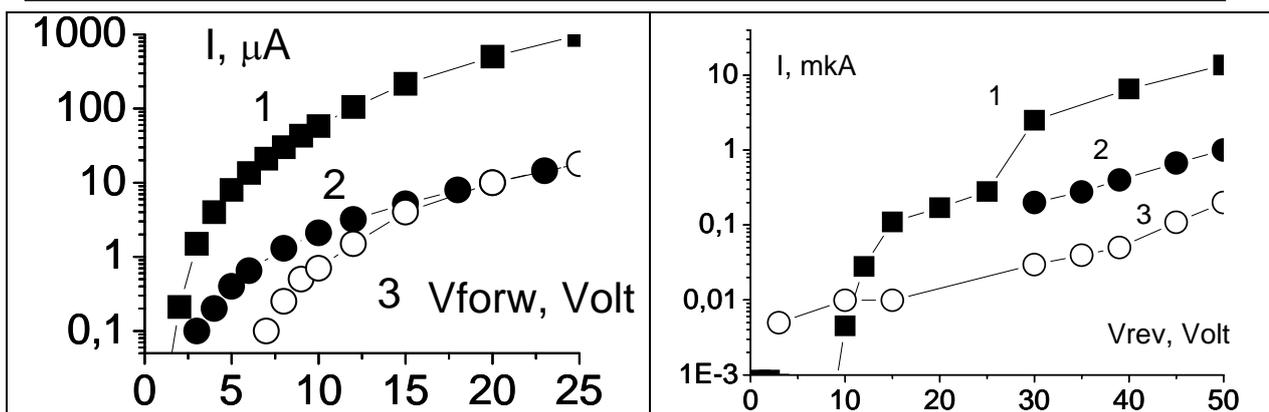
На рис 1 приведены микрофотографии поверхности 4H SiC кристалла в котором слой окиси алюминия создавался методом 2. После проведения диффузии при 1200°C на поверхности образовывался слой, содержащий оксиды алюминия и кремния. Этот слой частично удалялся плавиковой кислотой для выявления р-области. Затем травлением в КОН при стимуляции УФ излучением в на поверхности кристалла формировали меза – структуру. Как видно из рис 1 оксидный слой имеет неоднородное распределение по толщине, тогда как поверхность кристалла после диффузии и удаления оксидного слоя является гладкой. Следовательно, в процессе низкотемпературной диффузии не происходит каких-либо процессов нарушающих морфологию поверхности.



Р-п переходы, созданные диффузией алюминия, имели прямой ток на более чем порядок меньше, чем переходы созданные диффузией бора. Это свидетельствовало о наличии высокоомного промежуточного слоя в р-п переходе, созданном диффузией алюминия. Образцы, полученные методом 1, имели относительно большие прямые токи, однако, обратный ток при -50В был 20-25 мкА. Тогда как в образцах, полученных методом 2, обратный ток был на порядок меньше. Однако и прямой ток в них был также более чем на порядок меньше (См рис 1 и 2).

После формирования меза-структуры обратный ток уменьшился в 5-10 раз. Напряжение пробоя структур составляло 80-100 Вольт и практически не менялось от способа изготовления окисного слоя и технологии травления.

Таким образом, проведена низкотемпературная диффузия алюминия в карбид кремния и измерена ВАХ р-п переходов. Показано, что переходы изготовленные диффузией алюминия имеют более высокое напряжение пробоя, чем переходы полученные диффузией бора.



Прямая (слева) и обратная (справа) ВАХ р-п переходов полученных низкотемпературной диффузией алюминия в карбид кремния.

1 – диффузия из слоя, созданного методом а; 2 – диффузия из слоя синтезированного из хлорида алюминия (б); 3 – после создания меза-структуры из 2

Литература

1. Е.В. Калинина, В.Г. Коссов, Р.Р. Яфаев, А.М. Стрельчук, Г.Н. Виолина. Высокотемпературный радиационно-стойкий выпрямитель на основе р⁺-п - переходов в 4Н-SiC, ионно - легированном алюминием. Физика и техника полупроводников, 2010, том 44, вып. 6, стр 807-816.
2. И.В.Грехов, П.А.Иванов, А.С.Потапов, Т.П.Самсонова. Низкотемпературный (77К) примесный пробой в 4Н-SiC р-типа. ФТП, 2007, т.41, вып 5, стр. 561-564.
3. Атабаев И.Г., Салиев Т.М., Бахранов Э.Н. Способ диффузии бора в карбид кремния. Патент РУз IDP 05199.
4. S.C.Singhal. Oxidation kinetics of hot pressed silicon carbide. Journal of material science, N 11, 1976, p. 1246-1253.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТИПА И КОНЦЕНТРАЦИИ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ НА ПРОЦЕССЫ СОЗДАНИЯ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В ОБЛАСТИ СПЕКТРА 2 эВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ γ – КВАНТОВ ИСТОЧНИКА ^{60}Co

Аиуоров М.Х.¹, Амонов, М.З.², Байджанов М.И.¹, Гасанов Э.М.², Ибрагимов Ж.Д.², Саидахмедов К.Х.², Салихбаев У.С.²

¹ГНПП «Фонон», ²ИЯФ АНРУз, Ташкент, Узбекистан

Целью данной работы является исследование влияния изменения типа и концентрации дефектов структуры волоконных световодов (ВС) на процессы создания центров окраски, поглощающих свет в области 2 эВ, под действием γ – квантов источника ^{60}Co . Для достижения поставленной цели проведены сравнительные исследования спектров оптических потерь (ОП) предварительно необлученных и облученных флюенсами быстрых нейтронов 10^{12} , 10^{13} , 10^{14} , 10^{15} и 10^{16} см⁻² ВС марки FVP – 300 с сердцевиной из кварцевого стекла до и после воздействия доз γ – квантов источника ^{60}Co 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 и 10^8 Р. По данным изготовителя ВС, содержание ОН – групп в сердцевине составляет 1000 ppm.

На основе проведенных исследований установлено, что в спектре ОП предварительно необлученных нейтронами ВС, измеренной при 300 К, после воздействия указанных доз γ – квантов существуют полосы поглощения с явными максимумами при 210 и 610 нм. Полоса 610 нм является не элементарной. По-видимому, на коротковолновом крыле полосы 610 нм существует полоса с максимумом при 550 нм. Под действием γ – квантов интенсивность полосы 210 нм увеличивается вплоть до дозы 10^4 Р. При больших дозах облучения ее интенсивность значительно выше предела чувствительности измерительных приборов. Интенсивность полосы 610 нм увеличивается с ростом дозы γ – кван-