

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики полупроводников

**Получение плёнок аморфного кремния методом магнетронного
распыления и исследование их электрофизических характеристик**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 412 группы
направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
факультета нано- и биомедицинских технологий

Уткиной Яны Игоревны

Научный руководитель

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.Г. Роках

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой:

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.И. Михайлов

инициалы, фамилия

Саратов 2017 г.

Введение

В настоящее время наиболее актуальной задачей является изготовление тонких пленок полупроводников, изоляторов и металлов. Именно на тонкопленочных технологиях основывается современная микроэлектронная промышленность. Вакуумно-плазменные методы являются более перспективными методами нанесения покрытий. Это обуславливается их экологической безопасностью, высокой чистотой технологических процессов и качеством продукции. Процесс напыления является также более результативным потому что в ионизованном или возбужденном состоянии молекулы и атомы легче взаимодействуют друг с другом.

Метод магнетронного распыления позволяет получать тонкие пленки высокого качества с рекордными физическими характеристиками (толщина, пористость, адгезия и пр.), а также проводить послойный синтез новых структур (структурный дизайн), создавая пленку буквально на уровне атомных плоскостей.

Объектом исследования являются тонкие пленки аморфного кремния. Предмет исследования - электрофизические характеристики тонких пленок аморфного кремния на различных подложках.

Целью работы являлось нанесение пленок кремния на кремниевые и стеклянные подложки методом магнетронного распыления и исследование их электрофизических характеристик, в частности методом Ван дер Пау.

В соответствии с описанной целью были поставлены следующие задачи:

- Нанесение тонких пленок a-Si толщиной 500, 200, 100 и 50 нм при давлении рабочего газа (аргона) 1,5 мТорр на подложки из кремния КЭФ 0,3 ; КЭФ 4; КДБ 4,5; КДБ 10 ;
- Снятие ВАХ полученных пленок, выявление фоточувствительности ;
- Нанесение тонких пленок a-Si толщиной 200 нм на стеклянные подложки при различных давлениях рабочего газа (аргона);

- Измерение удельного сопротивления пленок аморфного кремния толщиной 200 нм на стеклянной подложке методом Ван дер Пау;
- Установление зависимости удельного сопротивления от давления рабочего газа при магнетронном распылении;

Методы исследования

Нанесение пленок различной толщины осуществлялось методом магнетронного распыления. Экспериментальные исследования проводились с использованием ВАХ, снятых двухзондовым методом, а также расчетом удельного сопротивления с помощью характеристик, снятых методом Ван дер Пау.

Научная новизна и значимость

Данные исследования направлены на изучение природы вторично-ионного фотоэффекта (ВИФЭ), что в свою очередь составляет научный интерес. Ранее пленки аморфного кремния, полученные магнетронным распылением, не исследовались на наличие этого эффекта.

Проведенные исследования позволили выявить характеристики образцов, в которых наблюдался ВИФЭ. В этом случае можно предположить, что с изменением спектрального состава света интенсивность выхода вторичных ионов увеличивается на определенных длинах волн.

В практическом случае предполагаемое утверждение позволит получить управляемое распыление. Кроме ионного пучка это управление будет осуществляться световым пучком, являющимся независимым источником управления. То есть имеется гальваническая развязка с высоковольтной вакуумной системой и возможность дополнительного управления по оптическому каналу, особенно путем изменения спектрального состава света.

Также данная работа будет полезна в новой области ионно-лучевой технологии — оптоионике, имеющей частичную аналогию с вакуумной и твердотельной оптоэлектроникой. Вторично-ионный фотоэффект, пока еще находящийся в стадии изучения, уже представляет дополнительные

возможности для исследования механизма фотопроводимости широкозонных полупроводников.

Практическое применение

На одной из международных промышленных выставок в 2012 году компания «Нью Энерджи» представила портативные солнечные батареи из аморфного кремния SUN-CHARGER .

Основой фотоэлементов в конструкции батарей выступает аморфный кремний и нержавеющей сталь. Это делает такую батарею достаточно прочной, легкой и гибкой. Номинальное напряжение – от 4.1 до 22 вольт при максимальной силе тока от 380 мА до 2.5А.

Основное содержание работы

Методом магнетронного распыления была получена серия тонких пленок аморфного кремния на кремниевой подложке при давлении рабочего газа (аргона) 1,5 мТорр. Выбранные подложки:

1) КЭФ 0,3 – Si с электронной проводимостью , легированный фосфором , удельное сопротивление 0,3 Ом*см

2) КЭФ 4 – Si с электронной проводимостью , легированный фосфором , удельное сопротивление 4 Ом*см

3) КДБ 4,5 – Si с дырочной проводимостью , легированный бором, удельное сопротивление 4,5 Ом*см

4) КДБ 10 – Si с дырочной проводимостью , легированный бором, удельное сопротивление 10 Ом*см

Распыление материала происходило за счет бомбардировки поверхности мишени ионами рабочего газа (аргона), образующимися в плазме тлеющего разряда. Данный метод выбран по причине его высокой скорости распыления материала мишени, управляемости процесса и хорошей

адгезии пленки к поверхности подложки. В качестве рабочего газа использовался аргон, такое решение для магнетронного распыления выбрано по причине инертности, относительно большой атомной массы и дешевизне газа.

Полученные образцы исследовались на наличие фоточувствительности путем снятия вольт-амперных характеристик в диапазоне напряжений от -40В до 40В при наличии освещения галогенной лампой с освещенностью 2 клк и без такового.

Явная фоточувствительность была обнаружена в пленке аморфного кремния на монокремнии, подложка КЭФ 0,3 n-типа, толщина 200 нм, где фототок увеличился в 15 раз. Из всех полученных двухзондовым методом данных можно судить о том, что толщина пленки влияет на фоточувствительность, т.к. на образцах с пленкой толщиной 50 нм ее не обнаружено.

Наиболее отчетливое влияние света на обратную ветвь ВАХ показала пленка аморфный кремний на монокремнии (давление рабочего газа 1.5 мТорр, толщина слоя 200 нм, подложка КЭФ 0,3 n-типа), поскольку остальные пленки практически не показали внутреннего фотоэффекта, то делать вывод о причинах появления фотоэффекта в этой пленке преждевременно. Но можно предположить, что в более тонких пленках при измерении зондовым методом происходит короткое замыкание верхним контактом. Сплошность пленки при прижимании ее контактной площадкой из индия нарушается.

Дальнейшие исследования проводились на пленках аморфного кремния, напыленных на стекло. Исследования пленки проводятся на изолирующей подложке по причине шунтирования подложки из кремния.

Пленки толщиной 200 нм напылялись при различном давлении рабочего газа : 2,5 ; 3,5 ; 4,5 ; 5,5 ; 6,5 ; 7,5 ; 8,5 мТорр. Для исследования

методом Ван дер Пау на полученные образцы были нанесены алюминиевые контакты. Снятие характеристик образцов приведенным выше методом проводилось в диапазоне напряжений от -30В до 30В.

Исследование методом Ван дер Пау показало, что электрофизические свойства данных пленок, а именно удельное сопротивление зависит от давления рабочего газа при магнетронном распылении. При повышении давления удельное сопротивление повышается или остается прежним, это связано с неравномерностью распределения удельного сопротивления на подложке и подтверждается теоретическими данными.

Используемый для нанесения метод магнетронного распыления допускает контролируемое изменение условий осаждения покрытия, определяющих электрофизические и структурные свойства наносимого покрытия. То есть электрофизические свойства пленок также можно изменять путем изменения давления рабочего газа. Вместе с тем для магнетронного осаждения характерна неоднородность распределения удельного сопротивления на подложке, связанная с бомбардировкой растущей пленки энергетически отрицательными ионами и атомами кислорода.

Заключение

В данной работе рассмотрена актуальная тема, способствующая развитию нового научного направления – оптоионики. Можно предположить, что проведенные исследования послужат основой для развития технологии по получению наноструктур, управляемых распылением вторичных ионов.

Магнетронным распылением на подложку монокристаллического кремния получены тонкие пленки аморфного кремния. Исследованы их ВАХ, обнаружена фоточувствительность. Исследовано

влияние толщины пленок на фоточувствительность. С увеличением толщины пленок увеличивается фоточувствительность образцов на подложках n-типа.

Дальнейшие исследования на базе проведенной работы позволили обнаружить наблюдение ВИФЭ в некоторых образцах с выявленной фоточувствительностью. Это дает основание предполагать зависимость выхода вторичных ионов не только от бомбардировки ионным пучком, но и от спектрального состава светового пучка, следовательно, с изменением спектрального состава света интенсивность выхода вторичных ионов увеличивается на определенных длинах волн. Такое утверждение позволит получить распыление, управляемое световым пучком, являющимся независимым источником управления, так как имеется гальваническая развязка с высоковольтной вакуумной системой и возможность дополнительного управления по оптическому каналу.

Исследование удельного сопротивления пленок, нанесенных на стекло методом Ван дер Пау позволило установить, что в зависимости от давления рабочего газа при распылении удельное сопротивление тонких пленок меняется, а именно возрастает или остается прежним с повышением давления. Это связано с неоднородностью распределения удельного сопротивления при напылении.