

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.315

Жердецкая
Виктория Максимовна

Плазменный синтез диоксида кремния в режиме
ионно-пучкового фокуса

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-38 80 03 Приборы, системы и изделия медицинского
назначения

Научный руководитель
Достанко Анатолий Павлович
академик НАН РБ,
профессор кафедры ЭТТ,
профессор, докт. техн. наук

Минск 2018

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы все больше внимания исследователей привлекают методы, основанные на нанесении тонкопленочных покрытий из ионных потоков или пучков.

При прямом ионном осаждении используется ионный источник, который способен выдавать широкий пучок ионов и направлять химически активные частицы на подложку для последующего осаждения. В реакционный канал подаются инертный газ (чаще всего аргон) и газ, содержащий вещество, пленку которого необходимо получить. Инертный газ во время формирования пленки выступает в виде активатора процесса. Ионизированные частицы, вышедшие из ионного источника, направляются к подложке. Ионы инертного газа активируют поверхность подложки, а ионы химически активного вещества, связываясь с активизированными частицами вещества подложки, осаждаются на поверхности в виде пленки. Прямое ионное осаждение позволяет хорошо контролировать свойства пленок посредством широкого диапазона регулирования параметров, таких как энергия частиц, плотность потока частиц и их химическое строение, которые оказывают основное влияние на свойства и состав формирующейся пленки.

Для пленкообразующих газов могут использоваться SiH_4 , CH_3CF_3 , O_2 , N_2 , B_2H_6 , металлосодержащие газы (металлоорганические соединения металлов) и др. Это позволит синтезировать широкий ассортимент тонкопленочных покрытий, которые могут успешно применяться в различных областях науки и техники: SiO_2 , S_3N_4 , SiC , алмазоподобные покрытия, SiOF , SiOC , C_3N_4 , оксиды, нитриды, силициды, карбиды, бориды металлов и т.п. Энергия конденсирующихся на подложку ионов может контролироваться изменяться от 30 до 300 эВ, ионный ток от 0,05 до 5А. Благодаря высокой энергии конденсирующихся частиц, обеспечивается хорошая адгезия к любым подложкам, включая и полимерные, повышенная плотность и однородность по толщине покрытий, высокие электро- и теплопроводности. При использовании протяженных (линейных) ионных источников можно наносить функциональные покрытия на широкоформатные подложки (1 м^2 и более) с равномерностью по толщине $\pm 2-5\%$. Таким образом, применение вышеуказанных методов позволит получить высококачественные покрытия при небольших затратах на изготовление технологического оборудования и материалы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Существующие традиционные методы формирования тонкопленочных покрытий, основанные на термическом испарении (резистивное и электронно-лучевое испарение), ионном распылении (ионно-плазменное, ионно-лучевое и магнетронное распыление), осаждении из газовой фазы (пиролитическое и плазмохимическое осаждение) связаны с использованием дорогостоящих мишеней, степень использования которых составляет, в лучшем случае, около 50%, проведение процессов осаждения предполагает применения высокой температуры подложек (250–1000^oC), применения дорогих и мощных блоков ВЧ и НЧ питания, согласующих ВЧ устройств. В последние годы все больше внимания исследователей привлекают методы, основанные на нанесении тонкопленочных покрытий из ионных потоков или пучков.

Применение таких методов позволит получить высококачественные покрытия при небольших затратах на изготовление технологического оборудования и материалы.

Целью работы является исследование процессов плазменного синтеза пленок диоксида кремния при работе УАС в режиме ионно-пучкового фокуса.

Задачи:

- а) исследование влияния скорости нанесения на характеристики покрытий из диоксида кремния,
- б) исследование влияния температуры подложки на характеристики покрытий из диоксида кремния,
- в) исследование влияния энергии ионов на характеристики покрытий из диоксида кремния.

Грамотно выбрана методика проведения экспериментов, получены образцы тонкопленочных покрытий диоксида кремния, изучена взаимосвязь между параметрами технологического процесса и характеристиками покрытий, проанализированы полученные данные и сделаны выводы, которые имеют практическое значение и могут быть использованы для дальнейших исследований. Разработана технология и технологическая инструкция на процесс формирования слоев SiO₂.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В работе сделан обзор методов формирования пленок SiO_2 ионным распылением и с применением плазменных разрядов в среде кремнийсодержащих газов. Разработана методика исследования оптических характеристик пленок диоксида кремния. Проведено исследование процессов плазменного синтеза пленок SiO_2 в режиме ионно-пучкового фокуса. В частности, проведено исследование влияния скорости нанесения на характеристики покрытий из диоксида кремния, влияния температуры подложки на характеристики покрытий из диоксида кремния, влияния энергии ионов на характеристики покрытий из диоксида кремния. Сделаны выводы согласно результатам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ионно-плазменная технология позволяет получить для микросхем проводящие, резистивные, диэлектрические, полупроводниковые и магнитные пленки, обладает по сравнению с вакуум-термической технологией преимуществами, многие из которых особенно важны при промышленном производстве ИС.

Таким образом, использование вторичного ионного пучка позволяет интенсифицировать процессы химического взаимодействия, что позволяет получить диэлектрические пленки из оксидов кремния и алюминия с низкими потерями и высокой электрической прочностью, которые могут быть использованы в качестве межуровневого диэлектрика в многослойных системах металлизации интегральных схем.

Важными факторами, влияющими как на кинетические характеристики процесса, так и на свойства формируемых пленок, являются температура подложки, которая в процессе осаждения, как правило, поддерживается на уровне 100–500°C и скорость осаждения.

Применение ускорителей с анодным слоем при работе в режиме ионно-пучкового фокуса является перспективным для получения высококачественных полупроводниковых и диэлектрических покрытий для оптики и микроэлектроники с высокой скоростью нанесения. При использовании в качестве рабочего газа паров металлоорганических соединений возможно получение и металлических покрытий.

Для эффективной работы ускорителя необходимо беспрепятственное движение электронов в направлении $[\vec{E} \times \vec{H}]$, что реализуется в УАС путем замкнутого дрейфа в кольцевом зазоре, образуя так называемый анодный слой.

Установлено, что увеличение скорости нанесения способствовало росту пропускания в УФ и видимой области спектра.

Измерение спектров поглощения также показало, что покрытия, полученные при больших скоростях нанесения, обладали и меньшим поглощением. В тоже время ИК спектры пропускания не претерпевали значительных изменений.

Данное направление как отрасль фундаментальной науки имеет право на существование, так как комплексный показатель уровня исследований больше 3 ($K_k = 3,22$). Результаты исследований, полученные в данном дипломном проекте, соответствуют современным требованиям.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Titova, V.M. Influence of substrate temperature on characteristics of silicon dioxide received deposition from ion beams/V.M. Titova // The Youth of the 21st Century: Education, Science, Innovations. The 1st Int. conf. for students, postgraduates and young scientists. Vitebsk, 4th Dec.2014. –P.58–61.

[2] Титова, В.М. Исследование влияния энергии вторичного ионного пучка на характеристики покрытий из диоксида кремния /В.М.Титова //Физика конденсированного состояния (ФКС-XXIII): (ФКС-XXIII): Материалы XXIII междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов (Гродно, 16 апр. 2015 г.) ГрГУ им. Я.Купалы, физ.-техн. фак.; редкол.: В.Г.Барсуков (гл. ред.) [и др.] –Гродно: ГрГУ,–2015 .С.87–89. (Научный руководитель – Телеш Е.В.)

[3] Титова, В. М. Исследование влияния энергии ионов на характеристики покрытий из диоксида кремния / В. М. Титова (научный руководитель Е. В. Телеш) // 53-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР: материалы конф. Минск, 2-6 мая 2017 г. / БГУИР, редкол.: А. Н. Осипов [и др.]. – С. 10-13.

[4] Титова, В. М. Плазменный синтез пленок диоксида кремния в режиме ионно-пучкового фокуса/ В. М. Титова //Международная научно-техническая конференция «INTERMATIC – 2017»: материалы конф. Москва, 20-24 ноября 2017 г. / Под общ. ред. А. С. Сигова. – С. 451-453.

[5] Титова, В. М. Оптические свойства пленок SiO₂, полученных осаждением из ионно-пучкового фокуса / В. М. Титова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых “новые материалы, оборудование и технологии в промышленности”: материалы конф. Могилев, 26-27 ноября 2017 г. / Редкол: И. С. Сазанов [и др.]. – С. 105.

[6] Жердецкая, В. М. Влияние режимов синтеза в режиме ионно-пучкового фокуса на коэффициенты преломления и поглощения пленок диоксида кремния / В. М. Титова (научный руководитель Е. В. Телеш) // 54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР: материалы конф. Минск, 23-27 апреля 2017 г. / БГУИР, редкол.: А. Н. Осипов [и др.].

[7] Жердецкая, В. М. Исследование поглощения в тонких пленках диоксида кремния/ В. М. Титова //XVI Белорусско-российской научно-технической конференции "Технические средства защиты информации": материалы конф. Минск, 5июня 2018 г.