

СИНТЕЗ ПЛЕНОК SiOF РЕАКТИВНЫМ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ МИШЕНИ ИЗ КРЕМНИЯ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Юшкевич С. А.

Телеш Е. В. – ст. преподаватель

Исследованы процессы взаимодействия ионных пучков аргона и фреона-218 с мишенью из кремния. Плёнки формировались на подложках из кремния. Температура подложки не превышала 333 К. Установлено, что скорость нанесения увеличивается с ростом содержания фреона в рабочем газе, можно объяснить встраиванием атомов фтора в структуру диоксида кремния и снижением плотности покрытия. Исследовано влияние величины положительного потенциала на мишени на скорость нанесения пленок SiOF. Установлено, что наличие положительного потенциала на мишени неоднозначно влияло на скорость нанесения.

Развитие микроэлектроники требует применения для межуровневой изоляции диэлектрических слоёв с низким значением диэлектрической проницаемости. Это необходимо для уменьшения потребляемой мощности и увеличения быстродействия в сверхбольших интегральных схемах с размерами элементов менее 0,25 мкм. Традиционные диэлектрики, например SiO_2 , имеют $\varepsilon=3,9$ и выше, что не удовлетворяет современным требованиям. Для снижения диэлектрической проницаемости плёнок двуокиси кремния применяют насыщение их фтором. Это приводит к уменьшению ε до 3,7–3,0 при 2–10 атомных процентах фтора [1]. Диэлектрическая проницаемость зависит не только от концентрации фтора, но и от степени его встраивания в структуру SiO_2 .

В наших исследованиях мы использовали реактивное ионно-лучевое распыление мишени из кремния. Эта технология позволяет получать диэлектрические слои с плотной микроструктурой и низкой пористостью. Метод реактивного ионно-лучевого синтеза тонких пленок с использованием пучков ионов химически активных газов является одним из перспективных методов нанесения функциональных слоев в связи с рядом принципиальных достоинств по отношению к существующим методам получения тонких пленок в вакууме. Для управления электрофизическими, оптическими и механическими свойствами формируемых слоев необходимо изменять энергию, величину и состав потока осаждаемых частиц. При реактивном ионно-лучевом распылении необходимо максимально интенсифицировать процесс химического взаимодействия между распыленным материалом мишени и активным рабочим газом. Это можно осуществить путем дополнительной ионизации, как атомов мишени, так и рабочего газа вторичным плазменным разрядом.

Исследование процессов взаимодействия ионных пучков аргона и фреона с мишенью из кремния осуществлялось на модернизированной установке вакуумного напыления УРМ 3.279.017, оснащённой ионно-лучевым источником на основе ускорителя с анодным слоем. Распыляемая мишень представляла собой диск из кремния марки КП-4 диаметром 60 мм и толщиной 10 мм. Остаточный вакуум не превышал значения $2,66 \cdot 10^{-3}$ Па. Рабочими газами служили аргон, кислород и фреон-218 (C_3F_8). Плёнки формировались на подложках из кремния. Температура подложки не превышала 333 К. Толщина покрытий определялась с помощью микроскопа МИИ-4.

Покрытия формировались при варьировании парциального давления фреона и аргона. Парциальное давление кислорода было постоянным и составляло $3,32 \cdot 10^{-2}$ Па. Ускоряющее напряжение составляло 3 кВ, ток мишени 70–75 мА. На рисунке 1 приведена зависимость скорости нанесения от парциального давления фреона.

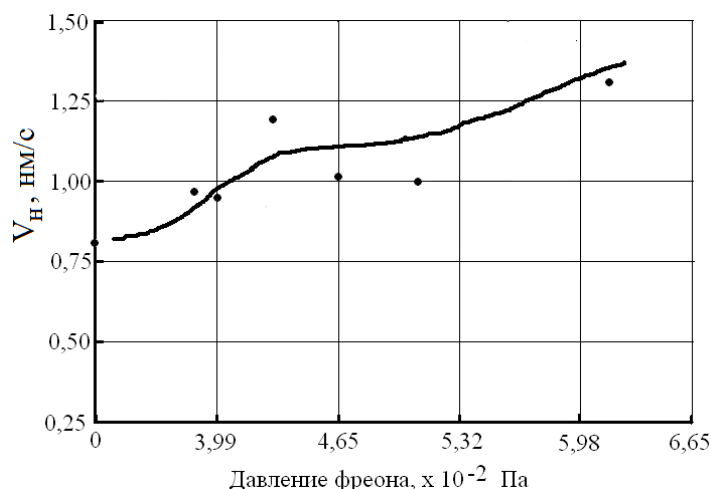


Рис. 1. – Зависимость скорости нанесения от парциального давления фреона

Установлено, что увеличение парциального давления фреона до $6 \cdot 10^{-2}$ Па повысило скорость нанесения пленок SiOFs 0,76 до 1,3 нм/с. Это можно объяснить встраиванием атомов фтора в структуру диоксида кремния, снижением плотности покрытия и, соответственно, увеличением толщины последнего.

Для поджига вторичного плазменного разряда применялся первичный ионный пучок, распыляющий мишень и сфокусированный на ее поверхности. При этом сама мишень, в отличие от классической схемы, находится под регулируемым положительным потенциалом 0-200 В [2]. Наличие положительного потенциала на мишени U_m неоднозначно влияло на скорость нанесения. При $U_m=15$ В скорость составляла 0,86 нм/с, при $U_m=30$ В – 0,41 нм/с, а при $U_m=65$ В – 0,93 нм/с (рисунок 2).

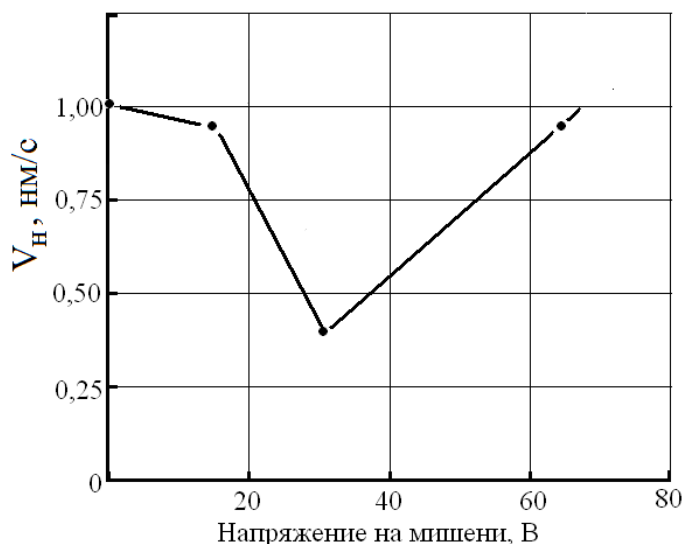


Рис. 2. – Зависимость скорости нанесения от напряжения на мишени

Увеличение потенциала мишени приводит с одной стороны к торможению ионов первичного пучка, что снижает коэффициенты распыления и скорость нанесения. С другой стороны, при дальнейшем увеличении U_m могут происходить процессы плазменной полимеризации фторуглеродов, что приведет к росту толщины покрытия и скорости нанесения.

Список использованных источников:

1. Гуревич О.В. Ионно-лучевой синтез фторуглеродных диэлектрических покрытий с низкой диэлектрической проницаемостью/ О.В.Гуревич, Е.В.Телеш// // ПОЛИКОМТРИБ 2011: тезисы докладов международной научно-технической конференции, Гомель, 20 июня 2011 г. / ИММС им. В.А.Белого.– Гомель, 2011.– С.78.
- 2.Телеш, Е.В. Применение вторичного плазменного разряда для формирования пленок оксидов и нитридов / Телеш Е.В., А.П.Ковалева // Физика конденсированного состояния (ФКС-XXI): Материалы ГрГУ им. Я.Купалы; редкол.: Г.А.Хацкевич (гл. ред.) [и др.] – Гродно: ГрГУ.– 2013 г.– С. 220–222.