

## АКТИВАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕАКТИВНОГО ИОННО-ЛУЧЕВОГО РАСПЫЛЕНИЯ

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

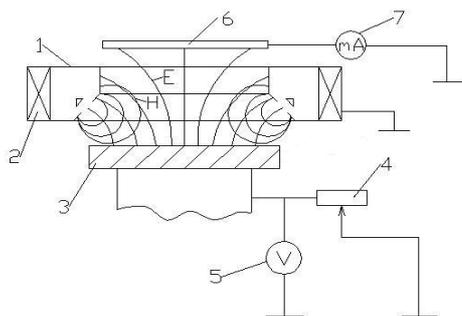
Ковалева А.П.

Телеш Е.В. – ст. преподаватель

Исследована микроструктура, морфология поверхности пропускание и состав слоев поликристаллического кремния, полученных осаждением из ионных пучков в вакууме. Проанализировано влияние режимов нанесения на характеристики пленок.

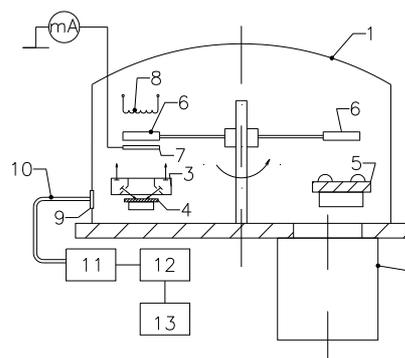
Реактивное ионное распыление применяют для нанесения пленок химических соединений (оксидов, нитридов, карбидов, боридов, силицидов и др.). Требуемое химическое соединение получают, подбирая материал распыляемой мишени и рабочий газ. Реактивное распыление является гибким методом, т.к. при изменении парциального давления активного газа можно получать пленки с различной стехиометрией и, следовательно, с широким диапазоном электрических свойств. 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 (ИЛР) 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 плазменным разрядом.

Было предложено использовать для поджига и поддержания такого разряда первичный ионный пучок, распыляющий мишень и сфокусированный на ее поверхность. При этом сама мишень, в отличие от классической схемы ИЛР, находится под регулируемым положительным потенциалом 50-300 В. Для стабилизации разряда в пространстве «мишень-подложка» формируется асимметричное магнитное поле напряженностью 50-500 Э. Как при обычном ИЛР первичный ионный пучок формируется в смеси инертного и активного газа. Однако регулировка плотности химически активных частиц осуществляется не столько изменением состава первичного пучка, сколько регулировкой параметров несамостоятельного разряда. Возможен вариант процесса, когда химически активный газ подается не в первичный пучок, а в зону распыления на поверхности мишени. Исходя из вышеизложенных положений, была модифицирована схема ИЛР с использованием кольцевого ионного источника [1]. Блок мишенедержателя через переменный резистор большой мощности заземлялся на корпус установки. Возникновение несамостоятельного разряда, инициируемого распыляющим ионным пучком, иллюстрирует рисунок 1.



1 – корпус ионного источника; 2 – соленоид; 3 – мишень;  
4 – переменный резистор; 5 – вольтметр; 6 – подложка;  
7 – миллиамперметр

Рис. 1. – Схема возникновения вторичного разряда при наличии потенциала на мишени

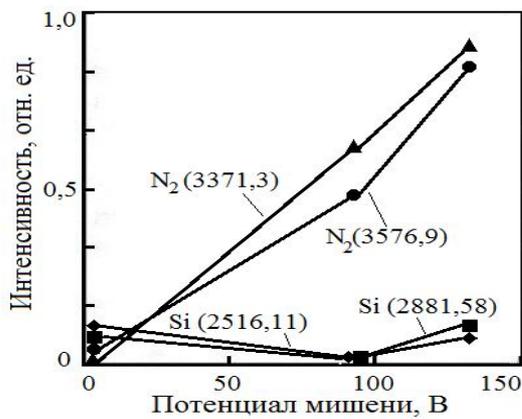
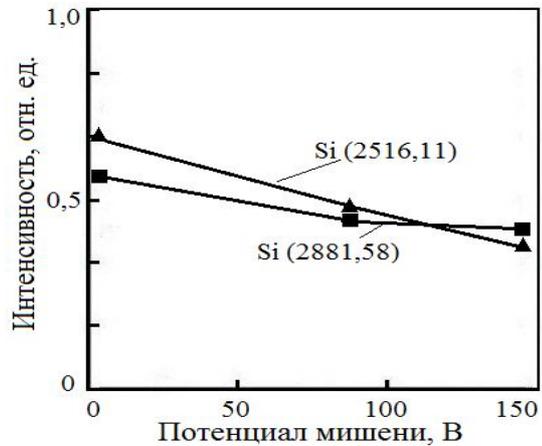
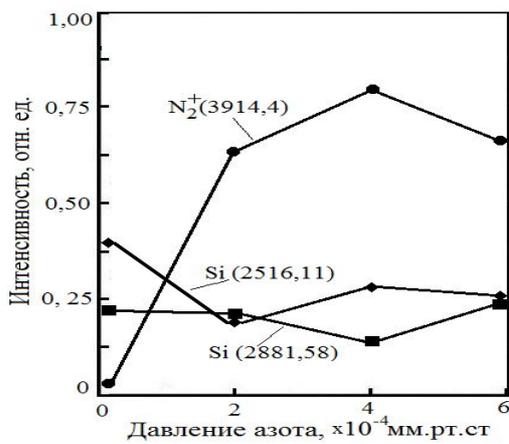


1 – вакуумная камера; 2 – турбомолекулярный насос;  
3 – ионный источник; 4 – мишень; 5 – магнетрон;  
6 – подложкодержатель; 7 – коллектор; 8 – нагреватель;  
9 – кварцевое окно; 10 – световод; 11 – монохроматор;  
12 – ФЭУ-106; 13 – прибор КСП – 4

Рис.2. – Упрощенная схема подколпачного устройства

Исследования проводили на модернизированной установке вакуумного напыления Z-400 LEYBOLD-HERAEUS, оснащенной системой безмасляной откачки на основе турбомолекулярного насоса. Процессы распыления мишени исследовались с применением оптической эмиссионной спектроскопии. Для этого в зону распыления через кварцевое окно направлялся световод, присоединенный к монохроматору ММ-101. Выделенный оптический сигнал подавался на фотоэлектронный умножитель ФЭУ-1А, затем электрический сигнал усиливался и регистрировался самописцем КСП-4. Для измерения тока заряженных частиц использовался коллектор. Упрощенная схема подколпачного устройства представлена на рисунке 2.

В качестве материала мишени использовался кремний. Рабочими газами являлись аргон и азот. Остаточный вакуум не превышал значения  $2 \cdot 10^{-5}$  мм рт.ст. При проведении экспериментов варьировался состав рабочего газа, энергия потенциал мишени. Исследование спектров излучения проводилось как в области мишени, так и в области подложки в диапазоне от 180 до 1200 нм.



Таким образом, проведенные исследования характеристик тонкопленочных слоев поликристаллического кремния показали перспективность метода прямого осаждения из ионных пучков для формирования поглощающих слоев тонкопленочных солнечных элементов.

Список использованных источников:

1. Чопра, К. Тонкопленочные солнечные элементы / К. Чопра, С. Дас – М.: Мир, 1986. – 440 с.
2. Телеш, Е.В. Формирование покрытий из кремния осаждением из ионных пучков / Е.В. Телеш, А.П. Достанко // Тезисы докладов Международной НТК, посвященной 45-летию МРТИ-БГУИР. Минск, БГУИР, 2009. 19 марта 2009 г., С.220-221.
3. Зыков, А.В. Генерация потока ионов из пучкового фокуса / А.В. Зыков, Ю.А. Качанов, В.И. Фареник // Письма в ЖТФ, т.12, в.10, 1986. - с.593-596.