

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ИОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

*Ахметзянов Г. Д.*

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

*Научный руководитель: Мадвейко С.И. – к. т. н, доцент, заведующий кафедрой электронной техники и технологии*

**Аннотация.** Представлен анализ основных методов ионного распыления для получения тонких пленок, рассмотрены их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** Ионное распыление, тонкие пленки.

**Введение.** Без тонких пленок различных материалов невозможно представить множество современных областей науки и техники: в микроэлектронике напыление применяется для улучшения электрофизических свойств материала (легирование), для наращивания активного слоя материала с сохранением монокристаллической структуры (эпитаксия) и т.д.

Явление физического распыления обусловлено передачей ускоренным ионом атому мишени энергии, превышающей пороговую энергию смещения, последующим перемещением атома в направлении к поверхности мишени и вылетом из нее. Основным механизмом катодного распыления является процесс передачи импульса либо путем непосредственного столкновения ускоренного иона с атомом мишени, либо путем ряда вторичных столкновений первично смещенных атомов. Очевидно, что при нормальном падении ионного пучка на мишень распыление может происходить только при последовательных вторичных столкновениях [1].

**Основная часть.** Существует несколько методов ионного распыления, для каждого из которых используется своя распылительная система.

В таблице 1 приведены преимущества и недостатки основных методов получения тонких пленок.

Таблица 1 - Преимущества и недостатки основных методов ионного распыления [2]

Метод	Преимущества	Недостатки
1. Катодное распыление	Позволяет в качестве исходной мишени использовать тугоплавкие материалы. Большие площади поверхности получаемых пленок	Недостаточно высокое качество пленок
2. Ионно-плазменное распыление	Пригоден для проводящих материалов и для изоляторов. Позволяет получать аморфные пленки металлов и полупроводников.	Атомы распыляющего газа Ar внедряются в подложку; подложка обычно сильно разогревается; материал пленки перемешивается с материалом подложки
3. Ионно-лучевой синтез	Малое время процесса введения примесей, чистота технологии, низкая температура мишени, возможность создания мезотаксиальных слоев	Сложное и дорогостоящее оборудование. Только субмикронная толщина пленок

Сравнительный анализ литературных источников по исследованию основных электрофизических характеристик методов ионного распыления показал, что метод ионно-лучевой обработки обладает наилучшими показателями точности и скорости обработки, возможностью проведения процесса при низкой температуре, что позволяет исключить

эрозию материалов катода и подложки, а также возможностью нанесения нескольких разнополярных слоев.

Для исследования основных электрофизических характеристик методов ионного распыления обычно используют следующие основные методы: [2]

– математическое моделирование процессов прохождения (метод Монте - Карло). На ЭВМ моделируются траектории нескольких сотен или тысяч ионов. В программах обычно учитываются потери энергии на неупругие и упругие столкновения, распыление, изменение элементного состава. Существуют стандартные программы: COMSOL, SRIM, DINA и др.;

– метод моментов распределений. В теории ЛШШ (Линдхард - Шарф - Шютт) в качестве первого приближения взято гауссово распределение. Оно хорошо описывается средним проективным пробегом  $R_p$  и дисперсией или средним квадратичным отклонением  $\Delta R_p$  (страгглинг)

$$N(x) = \frac{\Phi}{\sqrt{2\pi}\Delta R_p} \exp\left[-\frac{x-R_p^2}{2\Delta R_p^2}\right] \quad (1)$$

Наглядным примером модели распределения пробегов ионов титана (Ti) на подложку из кварца ( $\text{SiO}_2$ ) при максимальном пробеге 3000 Å (1 Å = 0,1 нм), среднем квадратичном отклонении 1573 Å, коэффициентом эксцесса 2,63 и комнатных условиях ( $T = 22...26^\circ\text{C}$ ,  $p = 760$  мм рт. ст.,  $\phi \leq 70\%$ ) является рисунок 1.

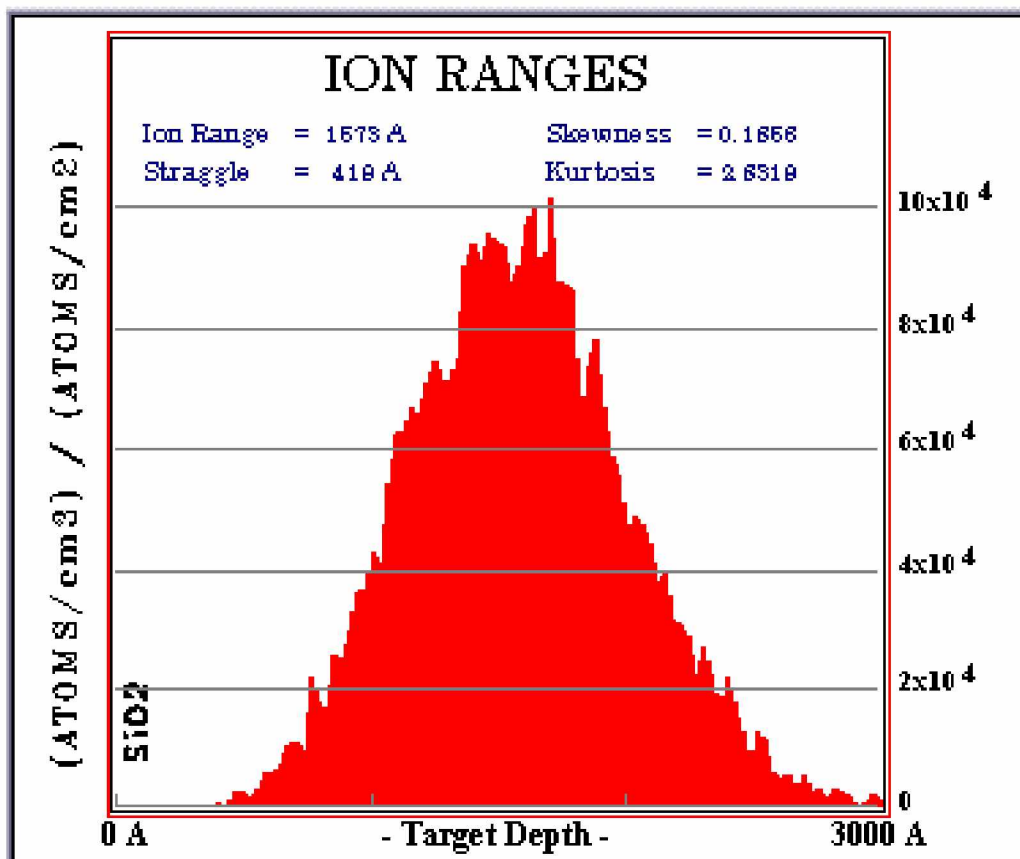


Рисунок 1 – Профиль гауссова распределения имплантированных ионов, смоделированный в программе SRIM [2]

При таком распределении не учитываются диффузионное перераспределение, распыление и т.п. Однако, для оценок такое распределение очень удобно. Существуют таблицы  $R_p$  и  $\Delta R_p$  для различных комбинаций ион - мишень при различных энергиях. [3]

**Заключение.** Сравнительный анализ литературных источников по исследованию основных электрофизических характеристик методов ионного распыления показал, что метод ионно-лучевой обработки обладает наилучшими показателями точности и скорости обработки, возможностью проведения процесса при низкой температуре, позволяет исключить эрозию материалов катода и подложки, а также возможностью нанесения нескольких разнополярных слоев.

В результате анализа рассмотрены преимущества и недостатки различных методов, установлено, что ионно-лучевая обработка – одна из самых высококачественных и высокоточных, но при этом дорогостоящих обработок материалов, доступных на данный момент.

#### *Список литературы*

1. Сысоев И. А., Письменский М.В. *Технология получения тонкопленочных структур для оптоэлектроники* / Новочеркасск, 2006.
2. Петухов В.Ю., Гумаров Г.Г. *Ионно-лучевая технология.* / Под. ред. Таланова Ю.И.; Казань, 2010.
3. Буренков А.Ф. и др. *Таблицы параметров пространственного распределения ионно-имплантированных примесей.* / Минск – Изд-во БГУ, 1980.- 352с.

UDC 533.9.07

## **ANALYSIS OF METHODS FOR PRODUCING THIN FILMS BY ION SPUTTERING**

*Ahmetzianau H. D.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Madveika S.I. – Cand. of Sci., associate professor, head of the department of Electronic Technics and Technology*

**Annotation.** An analysis of the main methods of ion sputtering for producing thin films is presented, their advantages and disadvantages are considered.

**Keywords.** Ion sputtering, thin films.