

Б-20

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



1428/2-77

18/11-77

P14 - 10298

Н.И.Балалыкин, Ю.Бух

ВЛИЯНИЕ ВАКУУМНЫХ ИСПАРИТЕЛЕЙ
НА СОСТАВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

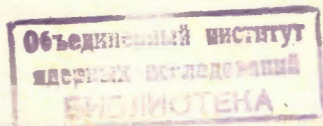
1976

P14 - 10298

Н.И.Балалыкин, Ю.Бух

**ВЛИЯНИЕ ВАКУУМНЫХ ИСПАРИТЕЛЕЙ
НА СОСТАВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК**

Направлено в журнал "Микроэлектроника"



Балалыкин Н.И., Бух Ю.

P14 - 10298

Влияние вакуумных испарителей на состав металлических пленок

Приводятся результаты микрохимического анализа тонких пленок некоторых металлов, полученных испарением этих металлов в вакууме. Содержание примесей в пленках, появляющихся в результате использования испарителей различных конструкций, определено методом упругого рассеяния ^3He .

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Balalykin N.I., Buch J.

P14 - 10298

The Influence of the Vacuum Evaporators
on the Composition of the Metallic Films

The results of microchemical analysis of various thin metallic films, prepared by vacuum evaporation, are given. The contamination of the films depends on the various construction of evaporators. It has been determined by elastic scattering of ^3He .

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1976

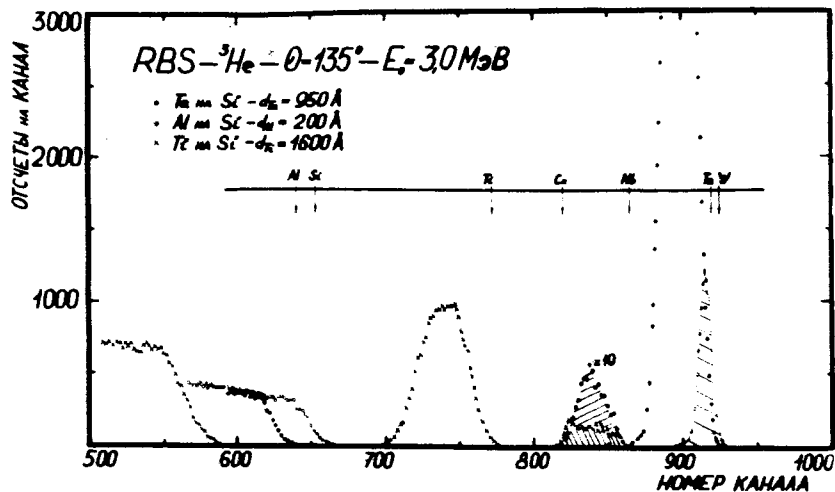
В настоящее время в полупроводниковой технологии и микроэлектронике при создании новых элементов и схем немаловажную роль играют металлические пленки /1, 2/. В связи с этим интенсивно исследуются и используются явления, возникающие на поверхности /3/ и вблизи границ раздела металл-диэлектрик-полупроводник /4, 5/. Во многом электрофизические характеристики таких структур зависят от состава металлических пленок.

Цель данной работы - определить влияние различных термических вакуумных испарителей на химический состав получаемых пленок.

При получении пленок материалов с низкой точкой плавления /Pb, Al, Sn, Au и др./ использовались молибденовые лодочки, вольфрамовые спирали и корзинки. Пленки тугоплавких материалов /W, Ta, Mo, Nb и др./ получались с помощью электронно-лучевого /ЭЛ/ испарителя ESV 6 фирмы LEYBOLD-HERAEUS и электронно-плазменного /ЭП/ испарителя собственной конструкции /6, 7, 8/. Для загрузки испарителей использовались материалы высокой степени чистоты: Al, Pb и Au - 99,999 ат%; W, Ta, Mo, Ti и U - 99,99 ат%. В качестве подложек применялись пластинки монокристаллического кремния, протравленные в парах HCl. Рабочий вакуум был не хуже $5 \cdot 10^{-6}$ Тор.

Химический анализ проводился по спектрам упругого рассеяния частиц ^3He на угле $135^\circ/9/$.

На рисунке приведены спектры от пленок Al, Ti и Ta. Каждому элементу в спектре соответствует определенная энергия, удовлетворяющая кинематическому фактору рассеяния $K_{SC}^{10/}$. Эти энергии для некоторых элементов на рисунке обозначены стрелками. Как видно, кроме основ-



Энергетические спектры упруго рассеянных частиц ^3He от пленок тантала, алюминия и титана.

ных пиков в спектрах для пленок Ta, Ti и начала плато для пленки Al, обнаруживаются дополнительные пики /заштриховано/ вольфрама и ниобия /пики ниобия десятикратно увеличены/. Площадь пиков /в отсчетах на канал/ пропорциональна поверхностной концентрации элементов в пленках N_S /атом/см²/ и находится по формуле [11]:

$$A = Q \cdot \Omega \cdot \sigma \cdot N_S,$$

где Q - общее число попадающих на пленку частиц ^3He ; Ω - телесный угол детектора; σ - дифференциальное сечение упругого рассеяния, вычисленное по формуле Резерфорда [12].

Зная толщину пленок d , можно определить объемную концентрацию элементов N в см⁻³. Так, например, для титановой пленки получаем:

$$\frac{N_{\text{Nb}}}{N_{\text{Ti}}} = \frac{A_{\text{Nb}}}{A_{\text{Ti}}} \cdot \frac{\sigma_{\text{Ti}}}{\sigma_{\text{Nb}}} = \frac{377}{38912} \cdot \frac{3,42}{11,9} = 0,0027.$$

Результаты расчетов для различных пленок представлены в таблице.

Таблица
Содержание примесей в пленках, полученных разными методами

Метод получения	Пленка	Содержание примесей, ат. %
Испарение из Мо лодочки	Pb Au	Mo - 0,027 Mo - 0,35
Испарение с W спирали	Al	W - 0,166
Испарение из ЭЛ испарителя	Mo	W - 0,077
Испарение из ЭП испарителя	U Ti Ta W	Nb - 0,1 Nb - 0,27 Nb - 1,9 Nb - 1,6

На основе полученных данных можно заключить, что самые чистые пленки получаются при использовании ЭЛ испарителя.

Более значительное загрязнение пленок материалом испарителей наблюдается при использовании лодочек и спиралей. Это можно объяснить частичным растворением материала испарителя и образованием в большинстве случаев ограниченных твердых растворов с испаряемым материалом. Небольшое содержание примесей материала испарителя в конденсате получается даже в случае, когда исходный материал и материал испарителя не взаимодействуют /пленка Pb получена испарением из молибденовой лодочки/.

Наибольшее влияние на состав получаемых пленок оказывает ЭП испаритель. В данном случае это объясняется использованием термокатода из ниобиевой проволоки /такой выбор термокатода связан в основном с получе-

нием пленок на основе ниобия/. Естественно, при получении пленок Ta, Mo и W в качестве материала термокатада следует применять соответственно те же материалы. Это позволит получать пленки большей чистоты /как и в случае использования ЭЛ испарителя/.

В заключение следует отметить, что наиболее значительное влияние испарителей на состав получаемых конденсатов оказывается при нанесении тонких /порядка сотен ангстрем/ пленок, либо в начале конденсации более толстых пленок. Это означает, что распределение примесей изменяется по толщине конденсата и максимально на границе с подложкой, что наблюдается на энергетических спектрах вследствие смещения пика примеси в сторону более низких энергий. Приведенный факт может оказывать заметное влияние на образование кристаллизационных зародышей на подложке, адгезию конденсатов и т.д. /например, плотность поверхностных состояний в структурах металл-диэлектрик-полупроводник/. ✓

Литература

1. Wagner R. et al. *J. Vac. Sci. Technol.*, 1974, 11, 582.
2. Petroff P. et al. *J. Appl. Phys.*, 1973, 44, 2545.
3. Petroff P. et al. *J. Appl. Phys.*, 1973, 44, 2545.
4. McGill T. *J. Vac. Sci. Technol.*, 1974, 11, 935.
5. Phillips J. *J. Vac. Sci. Technol.*, 1974, 11, 947.
6. Балалыкин Н.И., Муратов Ю.В., Рубин Н.Б. ОИЯИ, P8-6855, Дубна, 1972.
7. Балалыкин Н.И. и др. ОИЯИ, P8-6863, Дубна, 1972.
8. Балалыкин Н.И. и др. ОИЯИ, 9-9538, Дубна, 1976.
9. Бух Ю. и др. ОИЯИ, P14-10021, Дубна, 1976.
10. Ziegler J. *Thin Sol. Films*, 1973, 19, 289.
11. Chu W. et al. *Thin Sol. Films*, 1973, 17, 1.
12. Ziegler J., Lever R. *Thin Sol. Films*, 1973, 19, 291.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 декабря 1976 года.