



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
iyun
June 2005
Июнь

səhifə
page 265-267
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖКИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ

АГАСИЕВ А.А., МАГЕРРАМОВ Э.М., МАМЕДОВ М.З., МИРЗАЛИЕВА Г.Ш.

*Бакинский Государственный Университет
AZ-1148, Баку, ул. З.Халилова 23*

Измерена равновесная поверхностная температура с помощью датчика, установленного на подложке в момент конденсации пленки, в зависимости от параметров разряда и конструктивных особенностей напылительных устройств. Контроль температуры проведен по коагуляции пленок Al, Sn и Pb.

ВВЕДЕНИЕ

Метод магнетронного распыления на постоянном токе широко применяется для получения высококачественных тонкопленочных слоев почти всех материалов, используемых в микроэлектронике: металлов (включая тугоплавкие), сплавов (в том числе многокомпонентного состава), полупроводников и полупроводниковых соединений, диэлектриков. Этот метод особенно перспективен при напылении сложных соединений, так как позволяет получать пленки, близкие по составу материалу мишени. Магнетронное распыление, имея весьма ограниченный набор операционных параметров, позволяет установить надежный контроль за технологическим процессом [1].

При выборе оптимальных параметров напыления пленок существенное значение имеет поверхностная температура подложки, которая оказывает большое влияние на свойства пленок [2]. Известно, что нихромоподобные, танталовые и другие окисляемые пленки образуются из дисперсных кристаллов, которые нестабильны при высоких температурах вследствие роста границ зерен, а также диффузии газов и металлов. В случае осаждения нихрома на двуокись кремния нихром может при высоких температурах реагировать с SiO_2 или Al, что приводит к изменению величины сопротивления или отказу резистора [3].

В настоящее время для измерения поверхностной температуры подложки существует ряд оригинальных экспериментальных методов, основанных на использовании тонких пленок: пленочные термометры [4], необратимый отжиг сопротивлений Cr-SiO [5], коагуляция конденсатов с низкой температурой плавления [6] и др. Этими способами измерялась температура разогрева подложки в разряде, которая

зависела от режима нанесения пленок. Однако это довольно трудоемкий процесс, а сами датчики недолговечны. Термопара же, прикрепленная непосредственно к подложке, дает, как правило, сильно заниженные значения температуры [6]. При измерении температуры хромель-алюминиевая термопара крепится не к подложке, а к тонкой фольге. Этот датчик имеет большой срок службы, а его показания, вследствие малой инерционности, достаточно близки к поверхностной температуре, устанавливающейся на подложке в момент конденсации пленки.

В данной работе определена зависимость равновесной поверхностной температуры подложки от параметров разряда и некоторых особенностей напылительных устройств.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Обычно коагуляцию обнаруживают только после извлечения образцов из вакуумной камеры [6-8], а мы в данном эксперименте регистрировали сам момент коагуляции. Эксперименты проводились на установке магнетронного распыления, собранного на основе ВУП-2К на диодных разрядных устройствах с различной площадью катодов: 36см^2 и 64см^2 и расстояниями катод-подложка $d=1\div 10$ см. При этом применялись как охлаждаемые, так и неохлаждаемые катоды и анодные экраны.

Контроль полученных результатов проводился по коагуляции пленок Al, Sn и Pb с температурами плавления 660°C , 327°C и 232°C соответственно. В качестве распыляемых материалов использовался Ta и нержавеющая сталь марки X181-19T, закрепляемые на катодах с помощью скоб. Параметры разряда изменялись в пределах: плотность тока $j=0.1-2$

ма/см², напряжение горения $U=0,63\text{кВ}$, давление аргона в камере было $P=(5\div 20)\cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст. Коагуляция пленок регистрировалась датчиком, представленным на Рис.1. На ситалловую подложку-1 наносился подслой-2 одного из легкоплавких металлов толщиной $\sim 0,2\text{мкм}$ через маску, обеспечивающую в подслое незапыленную зону шириной 1 см.

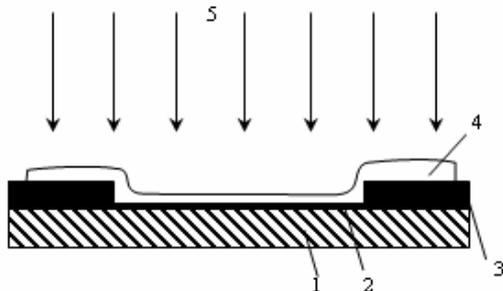


Рис.1 Схема пленочного датчика вводимого в зону разряда.
1-подложка; 2-подслой; 3-контакты; 4-пленка; 5-поток распыленных атомов.

Пленочный датчик укреплялся к прижимным контактам-3, к которым подводилось стабилизированное напряжение $<5\text{В}$ так, что при конденсации атомов распыляемого материала-5 в измерительной цепи протекал ток, величина которого определялась, в основном, сопротивлением слоя-4. В момент коагуляции сопротивление подслоя-2 резко увеличивалось, что приводило к скачкообразному изменению тока. После извлечения из вакуумной камеры пленочный датчик рассматривали под микроскопом. Зависимость равновесной температуры от параметров разряда контролировалась термопарным датчиком, установленным на определенном расстоянии над катодом. Регистрация температуры производилась через 20 минут после повышения напряжения на разряде.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В результате проведенных исследований установлено, что равновесная температура (рис.2) определяется только удельной мощностью разряда и при постоянной удельной мощности (jU) практически не зависит от давления аргона в камере, материала катода, конструкции разрядного устройства, размера и формы электродов, расстояния катод-подложка и наличия охлаждения анодного экрана и катода.

Измерения с помощью пленочного датчика показали, что температура, при которой происходит коагуляция Al, Sn и Pb, на $35\text{-}50^\circ\text{C}$ ниже показаний термопарного датчика, что значительно меньше погрешности измерений термопары, прикрепленной непосредственно к подложке.

Зависимость температуры подложки от параметров разряда для случая, когда мощность «тренировки» превышает мощность напыления имеет несколько иной вид (рис.2, кривая 2), что связано с режимом «тренировки» [7]. На рис.2 показано изменение температуры с уменьшением мощности разряда. И если напыление пленок ведется при меньшей мощности чем «тренировка», то тепловое

равновесие в системе устанавливается сравнительно медленно. Поэтому режим нанесения пленок должен выбираться с учетом тепловой инерционности разрядного устройства. При невыполнении этого условия поверхностная температура подложки в процессе последовательного напыления будет изменяться, что отразится на воспроизводимости свойств пленок.

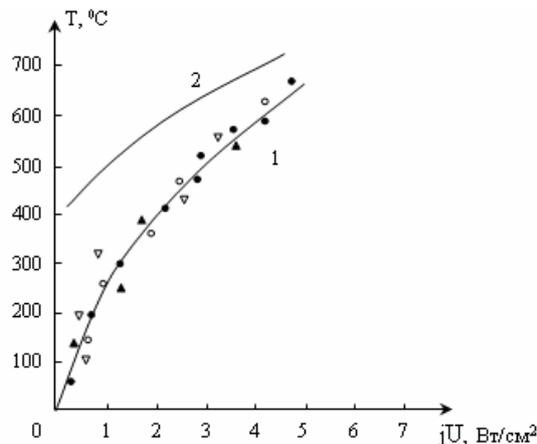


Рис.2 Зависимость температуры подложки от удельной мощности разряда.
1 - ● - $S_k = 36\text{см}^2$; $d_{\text{кп}} = 2\text{см}$; $P_{\text{Ar}} = 0,3\text{мм}$ рт.ст.
○ - $S_k = 64\text{см}^2$; $d_{\text{кп}} = 6\text{см}$; $P_{\text{Ar}} = 0,08\text{мм}$ рт.ст.
2 - $jU_{\text{тр}} > jU_{\text{нап}}$; ▲ - коагуляция пленок Al, Sn и Pb; △ - данные работы [8].

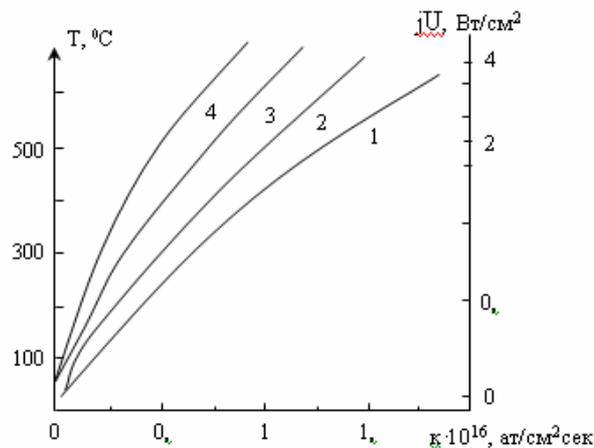


Рис.3 Расчетная диаграмма (κ - T - jU) для Pb при различных значениях расстояния катод-подложка $d_{\text{кп}}$:
1 - 20мм; 2 - 30мм; 3 - 40мм; 4 - 60мм

По данным рис.2 можно построить зависимость равновесной температуры подложки T от скорости напыления (κ), с учетом удельной мощности разряда (jU) и расстояния катод-подложка.

На рис.3 приведена подобная зависимость для Pb. По диаграммам (κ - T - jU) можно определить также удельную мощность разряда и расстояние катод-подложка, задавая необходимую скорость напыления и требуемую температуру подложки. Это все упрощает выбор оптимального режима нанесения пленок.

-
- [1]. Б.С. Данилин, В.К. Сырчин. *Магнетронные распылительные системы*, Москва, (1982), 72
- [2]. А.А.Агасиев. Формирование и электрофизические свойства пленок сложных металлооксидов, докт. дис., Баку, (1995).
- [3]. К.Л. Чопра. Электрические явления в тонких пленках, Москва, «Мир», (1972), 435
- [4]. K. Urbanek. Magnetron Sputtering of SiO₂ an alternative to chemical vapor deposition. *Solid State Technol*, vol 20, №4, (1977), 87-90.
- [5]. Л.И. Майсел. *Физика тонких пленок*, т3, Москва, «Мир», (1968), 224.
- [6]. Р.Л. Кормия. *Зарубежная электронная техника*, №8, (1970), 28
- [7]. В.П. Белевский, Ю.Г. Каноненко, В.П. Николаев. *Электронная техника*, сер.10, *Технология и организация производства*, в.4, (1977), 87.
- [8]. J.R. Gavaler. *J. Vac. Sci. and Technol*, №9, (1969), 177.