

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСТРОВКОВЫХ ПЛЕНОК SrTiO<sub>3</sub>

**А.А.АГАСИЕВ, М.М.ПАНАХОВ, Ч.Г.АХУНДОВ, М.З.МАМЕДОВ,  
В.Дж.МАМЕДОВА**

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

Магнетронным распылением при постоянном токе получены островковые пленки SrTiO<sub>3</sub>. Рассмотрен механизм влияния температуры на формирование островковых пленок. Показано, что с возрастанием температуры расстояние между островками увеличивается, и происходит миграция.

### ВВЕДЕНИЕ

Морфологические изменения островковых пленок имеют сложный характер, поскольку они обусловлены различными самостоятельными, но взаимосвязанными физическими процессами. Интенсивность этих процессов и результат преобразования структуры определяется энергией взаимодействия атомов пленки между собой и с подложкой, а также физико-технологическими параметрами конденсации и последующей обработкой, в особенности, температурным режимом осаждения и отжига.

Эволюция характеристик (плотности, размера, формы островков и промежутков между ними) осуществляется двумя путями: за счет индивидуального формоизменения каждого островка и за счет взаимодействия между ними.

Для описания морфологических изменений островковых пленок применяются понятия коалесценции, коагуляции, агрегирования, гетеродиффузии, миграции.

Перемещение островков по подложке, как единого целого, называется миграцией, а движение отдельных атомов в адсорбированном состоянии - гетеродиффузией или переносом вещества через двумерный пар.

Вследствие роста или миграции частиц пленки осуществляется физическое контактирование островков между собой. Если взаимодействие между островками сильнее, чем между островками и подложкой, а температура достаточно высока, то имеет место коалесценция. При этом под действием сил поверхностного натяжения происходит слияние островков, образуется единый островок более равновесной конфигурации.

При низкой температуре, когда формоизменение самих островков подавлено, в результате контактирования происходит слипание-коагуляция. В отличие от коалесценции изменение исходной формы незначительно и ограничивается областью соприкосновения. Коагуляция в результате миграции островков (миграционная коагуляция) приводит к изменению морфологии и свойств пленок. Коалесценция может осуществляться как вследствие роста, так и после завершения конденсации в результате миграции островков (миграционная или динамическая коалесценция).

Если температура достаточно высокая, так что при контактировании островков коалесценция происходит настолько быстро, что напоминает слияние жидких капель, то процесс называется жидкоподобной коалесценцией.

Одним из наиболее важных факторов, определяющих морфологию пленки, является ее температура при конденсации ( $T_n$ ). Как известно, конденсация осуществляется по двум механизмам: пар-кристалл ( $P \rightarrow K$ ) и (через жидкую фазу)

пар-жидкость-кристалл ( $\Pi \rightarrow \text{Ж} \rightarrow \text{К}$ ), причем реализация каждого из механизмов зависит от температуры ( $T_{\Pi}$ ) [1].

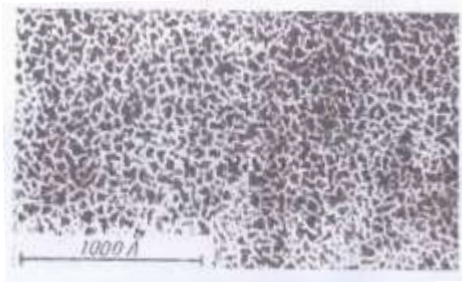
Переход от одного механизма к другому осуществляется при температуре  $\theta_1$ , которая при конденсации на нейтральную подложку равна  $\sim 2/3T$ , где  $T$  - температура плавления материала. При конденсации по механизму ( $\Pi \rightarrow \text{Ж} \rightarrow \text{К}$ ), в области  $T_{\Pi} \geq \theta_1$  островки имеют сферическую форму.

Значению  $1/3T$  соответствует критическая температура  $\theta_2$ , которая отвечает порогу рекристаллизации, и в области  $\theta_2 < T_{\Pi} < \theta_1$  конденсация осуществляется по механизму ( $\Pi \rightarrow \text{К}$ ), и формоизменение островков происходит достаточно интенсивно за счет рекристаллизации.

В области ниже температуры  $\theta_2$  резко меняется как число, так и форма островков. Ниже  $\theta_2$  плотность островков существенно увеличивается, и зазоры между островками приобретают характерную форму каналов примерно равной ширины («лабиринтная» структура).

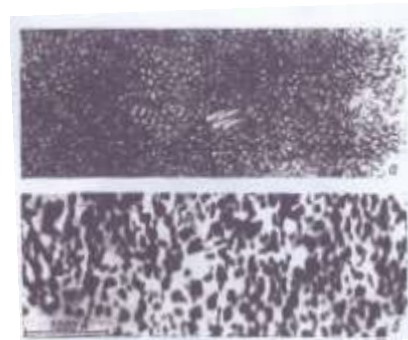
### ПОЛУЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На Рис.1 представлена структура пленки  $\text{SrTiO}_3$  толщиной  $\sim 20\text{нм}$ , полученная конденсацией в вакууме  $5 \cdot 10^{-6}\text{мм рт.ст.}$  на подложку из аморфного кварца при температуре  $\sim 690^\circ\text{К}$  [2]. Форма растущего островка зависит от интенсивности питания его одиночными атомами или их скоплениями по его периметру. При сближении границ островков промежутки между ними сужаются, и по мере роста форма контура отклоняется от круговой, и свободные промежутки приобретают конфигурацию каналов равной ширины [3].



**Рис.1.**

Структура островковой пленки  $\text{SrTiO}_3$  толщиной  $\sim 20\text{нм}$ ,  $T_{\Pi}=690\text{К}$  ( $\times 100000$ ).



**Рис.2.**

Структура пленок  $\text{SrTiO}_3$  на аморфном кварце  
 а) без отжига,  
 б) отжиг при температуре  $770\text{К}$  в течении  $10\text{мин.}$   
 (Толщина  $30\text{нм}$ ,  $T_{\Pi}=690\text{К}$  ( $\times 80000$ ))

Необходимым условием образования «лабиринтной» структуры является отсутствие подвижности атомов в островке. Тогда форма островка будет определяться условиями поверхностного натяжения каждого островка.

По мере роста происходит коагуляция соседних островков, которая приводит к образованию сцеплений или сетчатой структуры (Рис.2а).

По мере возрастания толщины, помимо уменьшения числа островков, в определенном интервале толщин происходит инверсия среднего расстояния между островками, т.е. параметр увеличивается. Аналогичная закономерность имеет место для большого числа пленочных систем, монотонное уменьшение среднего расстояния между островками в процессе роста пленки должно происходить в случае, если островки неподвижны, и среднее отношение высоты островка к площади его основания не увеличивается. Инверсия среднего расстояния между ос-

тровками свидетельствует о том, что эти условия не соблюдается, т.е. происходит миграция островков с последующей коагуляцией или коалесценцией [4].

При отжиге пленок происходит существенное преобразование их морфологии. На

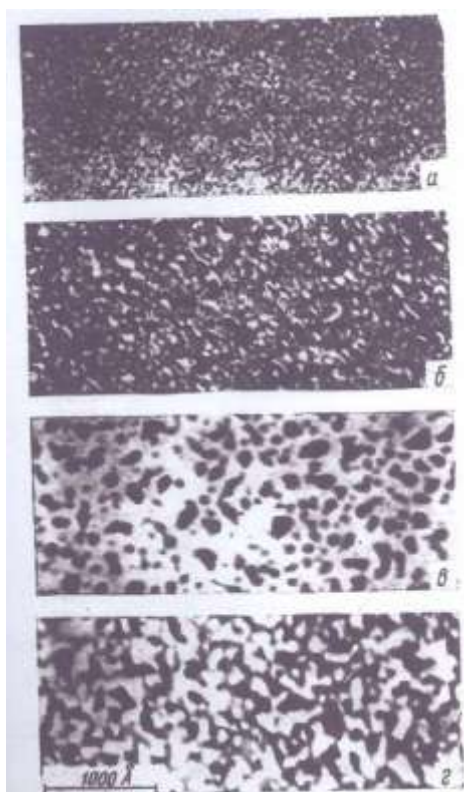


Рис.2 и Рис.3 показана эволюция пленок SrTiO<sub>3</sub> на подложке из кварцевого стекла при отжиге. По мере отжига осуществляется укрупнение морфологических элементов пленки. В дискретной пленке уменьшается число изолированных островков, а также степень заполнения поверхности за счет авто- и миграционной коалесценции, следовательно островки растут в высоту. При этом увеличивается расстояние между ними.

Пленки, обладающие непрерывной структурой в исходном состоянии (Рис.2. и Рис.3), при интенсивном отжиге претерпевают качественные изменения, заключающиеся в нарушении непрерывности за счет разрыва мостиков. Рассасывание мостиков происходит менее интенсивно при увеличении толщины. Так, пленка несколько большей толщины (Рис.3г), полученная в том же режиме, что и на (Рис.3а-в), остается непрерывной, хотя степень заполнения поверхности несколько уменьшается [5].

**Рис.3.**

Зависимость структуры пленок SrTiO<sub>3</sub> от температуры отжига: а) 470К; б) 690К; в) и г) 700К; (время отжига 10мин, толщина для а, б, в, - 30нм, г-40нм).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано улучшение структуры с возрастанием температуры подложки. Увеличивается расстояние между островками и происходит миграция.

1. А.С.Даревский, А.Т.Ждан, В.Н.Неменуший, Сб. *Диспергированные металлические пленки*, Изд-во. АН УССР, Киев, (1976) 155.
2. А.А.Агасиев, *диссертация на соискание степени доктора физ.-мат. наук: Формирование и электрофизические свойства пленок сложных металлооксидов*, Баку, (1995).
3. Д.В.Доув, Сб. *Физика тонких пленок*, М.Мир, (1997) 7.
4. Г.И.Дистлер, *Декорированные поверхности твердых тел*, М.Наука, (1976).
5. Ю.А. Астров, Х.Г.Пурвинс, *Письма в ЖТФ*, **28** (2002) 62.

## ADA VARI SrTiO<sub>3</sub> NAZIK TƏBƏQƏLƏRİN MORFOLOGİYALARININ DƏYİŞMƏSİ

A.A.AĞASIYEV, M.M.PƏNAHOV, Ç.Q.AXUNDOV, M.Z.MƏMMƏDOV, V.C.MƏMMƏDOVA

Adavari SrTiO<sub>3</sub> nazik təbəqələri, sabit cərəyanlı magnetron tozlandırma üsulu ilə alınmışdır. Adacıqların əmələ gəlmə mexanizmlərinin temperaturdan asılılıqları öyrənilmişdir. Adavari nazik təbəqələrin morfolojiyasının dəyişməsi altlıqların temperaturundan asılıdır. Temperatur artdıqca, adacıqlar arasındakı məsafə artır və miqrasiya baş verir.

## THE MORPHOLOGY OF ISLETS FILMS SrTiO<sub>3</sub> TRANSFORMATION

A.A.AQASIEV, M.M.PANAHOV, Ch.G.AHUNDOV, M.Z.MAMEDOV V.J.MAMEDOVA

The islets of SrTiO<sub>3</sub> have been obtained by the method of magnetron sputtering under dc. Mechanism of temperature influence on building up of films islets have been considered. It has been demonstrated that the distances between islets increase with the temperature increasing and in consequence of its migration takes place.

Редактор: Дж.Абдинов