

УДК: 537.221

*Луныкина Татьяна Александровна,
студент магистратуры
МГТУ им. Н. Э. Баумана
Россия, Москва*

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ТОНКИХ ПЛЕНОК ИТО ОТ УСЛОВИЙ НАНЕСЕНИЯ

В статье рассказывается о тонких пленках ИТО, их свойствах, применении и способах получения. На основании различных существующих исследований проведен анализ зависимости основных параметров осаждения пленок ИТО от режимов и технологии формирования пленок.

Ключевые слова: тонкая пленка, пленка ИТО, напыление, вакуум, толщина пленки, скорость напыления, режим напыления.

*Luniakina Tatiana Aleksandrovna
Master student
BMSTU
Russia, Moscow*

ITO THIN FILMS PARAMETERS DEPENDENCE ON DEPOSITION CONDITIONS

The article describes ITO thin films, their properties, application and production methods. Based on various studies, there was analyzed the dependence of ITO films deposition main parameters on modes and film formation technology.

Keywords: thin film, ITO, deposition, vacuum, film thickness, sputtering speed, deposition mode.

Тонкие пленки – это тонкие слои материала, толщина которых находится в диапазоне от долей нанометра (нм) до нескольких микрон (мкм)

Тонкие пленки оксида индия (In_2O_3), легированного оловом (Sn), так называемые пленки ИТО, широко применяются в производстве современной техники. Материал ИТО сочетает в себе высокую прозрачность и

проводимость, что позволяет использовать его в производстве прозрачных электродов жидкокристаллических экранов, органических светодиодов (технология OLED), сенсорных экранов (Touchscreen), топливных элементов. Также материал находит свое применение в тонкослойных фотопреобразователях для создания прозрачных электродов в полупроводниковых фотоприемниках.

Пленки ITO также могут применяться в качестве теплозащитного материала, благодаря их способности отражать инфракрасные лучи подобно металлическому зеркалу. ITO может быть использован в качестве проводящего покрытия на других материалах для защиты от электростатических зарядов.

Известно множество способов получения прозрачных пленок на основе оксида индия. Получение тонких пленок происходит в вакууме. Вакуумное напыление в общем – это группа методов напыления покрытий (тонких плёнок) в вакууме, при которых покрытие получается путём прямой конденсации пара наносимого материала на подложку. Подложка – поверхность, подвергаемая различным видам обработки, в результате чего образуются слои с новыми свойствами (слои, различные по материалу с подложкой или идентичные).

Различают следующие стадии вакуумного напыления:

- 1) создание газа (пара) из частиц, составляющих напыление;
- 2) транспорт пара к подложке;
- 3) конденсация пара на подложке и формирование покрытия.

В работе было рассмотрено 10 исследований, в ходе которых получали тонкие пленки ITO с помощью различных методов напыления на подложки из различных материалов. Из источников были выделены наиболее важные параметры технологического процесса получения тонких пленок ITO:

– метод (способ получения тонкой пленки материала, код по классификации (в соответствии с [1]));

- скорость напыления (нм/с, скорость осаждения равномерного слоя толщиной 1 нм в секунду);
- толщина полученной пленки (нм);
- давление (Па, значение вакуума, в котором проходил процесс формирования пленки);
- температура (К, температура нагрева подложки);
- материал подложки;
- назначение, полученное тонкой пленки.

Дополнительную интересующую информацию об установках, на которых проводились процессы, материале мишени, размере подложки можно найти в списке использованных источников.

Данные о параметрах процессов получения пленок ИТО были размещены в Таблице 1.

Таблица 1.

№ источника	Метод	V_0 , нм/с	h, нм	p, Па	T, К	Подложка	Назначение пленки
2	D03	0.24	200	0.02	293	Стекло	Прозрачные контакты в светодиодах на основе GaN
3	D10	0.12	70	$8 \cdot 10^{-3}$	293	Стекло	Оптоэлектроника, фотовольтаика, дисплеи, сенсорные панели, электронные чернила, экранирующие, антистатические и антиобледенительные покрытия
4	D104	0.03	200	0.25	373	Стекло	Дисплеи, электролюминесцентные лампы, электроды фотопроводящих элементов, топливные

							элементы
4	D104	0.07	500	0.25	373	Стекло	Дисплеи, электролюминесцентные лампы, электроды фотопроводящих элементов, топливные элементы
5	D10	0.17	100	0.03	473	Стекло	Прозрачные электроды и одновременно просветляющие, пассивирующие слои оптоэлектронных приборов, прозрачные элементы для обогрева объективов приборов
6	D103	0.41	247.1	0.25	548	Стекло	Оптически прозрачные электроды для фотодиодов и солнечных батарей, покрытия на автомобильных или авиационных стеклах в нагревательных элементах для предотвращения обледенения и запотевания, теплозащита
7	D103R	0.35	75	0.28	573	Плавленый кварц	Оптически-прозрачные электроды для фотодиодов, солнечных батарей, устройств отображения информации; нагревательные элементы на стекле и на полимерных пленках

7	D103R	0.35	160	0.34	573	Плавленый Кварц	Оптически-прозрачные электроды для фотодиодов, солнечных батарей, устройств отображения информации; нагревательные элементы на стекле и на полимерных пленках
8	D10	0.34	150	0.20	673	Стекло	Материал фотокатода, солнечные элементы
9	D03	0.32	200	$8 \cdot 10^{-3}$	773	Стекло	Дисплеи, сенсорные панели, солнечные элементы

(*номера источников в соответствии со списком использованной литературы)

Данные, полученные из различных исследований (Таблица 1), позволяют сделать следующие выводы:

- 1) как было сказано выше, получение тонких пленок выполняется вакуумными методами. Наиболее часто используемые методы:
 - термическое испарение (электронно-лучевой метод);
 - ионное распыление (ионно-плазменный метод);
- 2) основной напыляемый материал подложки – стекло;
- 3) средняя толщина полученных слоев пленок ITO – 150–200 нм;
- 4) основной параметр процесса осаждения – скорость осаждения, напрямую зависит от температуры подложки, давления в вакуумной камере, а также свойств самого напыляемого материала и свойств подложки. Ниже представлен график зависимости скорости осаждения от температуры подложки (Рис. 1).

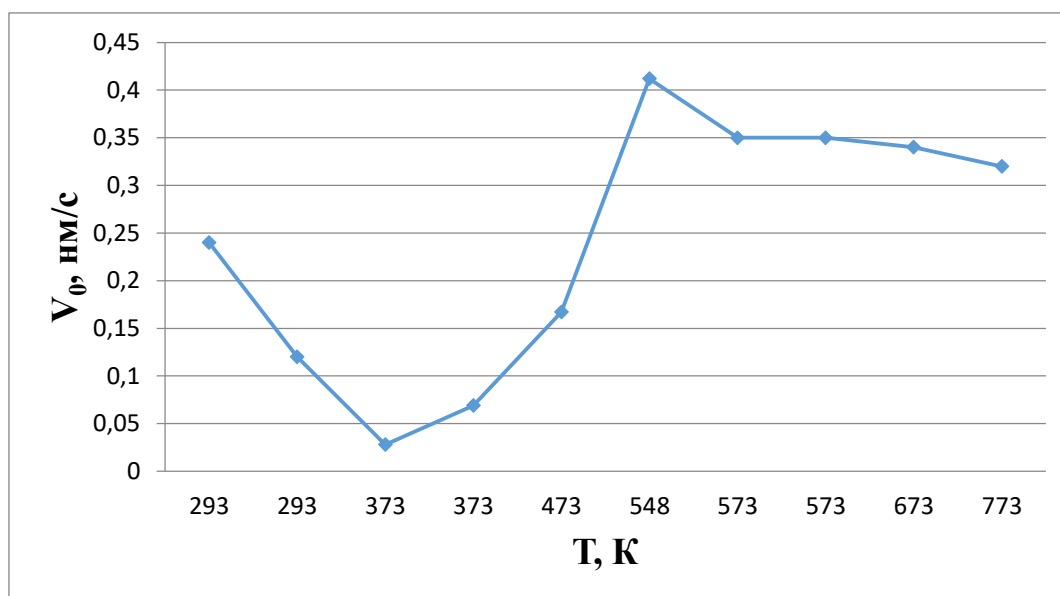


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения пленки ИТО V_0 от температуры подложки T .

Разница в скоростях объясняется тем, что были взяты исследования, проводившиеся на разных установках с разными техническими параметрами. Область низкой скорости обусловлена относительно высоким давлением в вакуумной камере. По графику видно, что скорость осаждения прямо пропорционально зависит от температуры подложки: чем выше температура, тем выше скорость осаждения. Также необходимо учитывать, что для повышения скорости одновременно нужно и улучшать уровень вакуума (уменьшать давление в вакуумной камере).

Результаты обзора исследований могут стать полезными при разработке и наладке процесса напыления пленок ИТО на производственном уровне.

Список литературы

1. Панфилов Ю.В. Нанесение тонких пленок в вакууме / Ю.В. Панфилов // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 3.
2. Ванюхин К.Д. Технологические особенности формирования прозрачных проводящих контактов из пленки ITO для светодиодов на основе нитрида галлия / К.Д. Ванюхин, Р.В. Захарченко, Н.И. Каргин, Л.А. Сейдман // Материалы электронной техники. 2013. № 2. с. 60–64.
3. Марков Л.К. Способ получения пленок ITO с контролируемым значением показателя преломления / Л.К. Марков, И.П. Смирнова, А.С. Павлюченко, М.В. Кукушкин, Д.А. Закгейм, С.И. Павлов // Физика и техника полупроводников. 2016. т. 50, в. 7.
4. Крылов П.Н. Оптические свойства пленок ITO, полученных высокочастотным магнетронным напылением с сопутствующей ионной обработкой / П.Н. Крылов, Р.М. Закирова, И.В. Федотова // Физика и техника полупроводников. 2013. т. 47. в. 10.
5. Троян П.Е. Прозрачные электропроводящие покрытия с контролируемыми значениями коэффициента пропускания и поверхностного сопротивления / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров, Ю.С. Жидик // Радиотехника и связь. 2014. № 1. с. 99–102.
6. Москалев Д.О. Применение пленок ITO и выбор метода их формирования / Д.О. Москалев, Д.Д. Васильев // Студенческая научная весна 2016: Машиностроительные технологии. 2016.
7. Амосова Л.П. Магнетронное напыление прозрачных электродов ITO из металлической мишени на холодную подложку / Л.П. Амосова, М.В. Исаев // Журнал технической физики. 2014. т. 84. в. 10. с. 127–132.
8. Hadi Askari. Electrical and optical properties of ITO thin films prepared by DC magnetron sputtering for low-emitting coatings / Hadi Askari1, Hamidreza Fallah, Mehdi Askari, Mehdi Charkhchi Mohammadiyeh.

9. Смирнова И.П. Оптимизация технологии нанесения тонких пленок ИТО, применяемых в качестве прозрачных проводящих контактов светодиодов синего и ближнего ультрафиолетового диапазонов / И.П. Смирнова, Л.К. Марков, А.С. Павлюченко, М.В. Кукушкин, С.И. Павлов // Физика и техника полупроводников. 2014. т. 48. в. 1. с. 61–66.