

## УДК 539.231

### ПРИМЕНЕНИЕ ПЛЕНОК ИТО И ВЫБОР МЕТОДА ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Дмитрий Олегович Москалев<sup>(1)</sup>, Денис Дмитриевич Васильев<sup>(2)</sup>

*Студент 3 курса<sup>(1)</sup>, аспирант<sup>(2)</sup>,*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: К.М. Моисеев,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Главной особенностью тонких пленок оксида индия-олова (ИТО) является уникальное сочетание свойств: высокая электропроводность, прозрачность в видимом диапазоне длин волн и способность отражать ИК излучение [1]. Вследствие широкой области применения покрытий на основе оксида индия-олова вопрос формирования этих покрытий с высокими выходными характеристиками является актуальным.

Основные методы получения покрытий ИТО:

методы химического осаждения (CVD) [2]:

- спрей-пиролиз;
- электростатический стимулированный;
- ультразвуковой спрей-пиролиз;

методы физического осаждения (PVD) [3, 4]:

- импульсное лазерное осаждение;
- ионно-лучевое испарение;
- магнетронное распыление.

Метод магнетронного распыления для нанесения тонких пленок оксида индия-олова имеет следующие преимущества:

- большая скорость осаждения;
- возможность применения в лабораторных условиях из-за отсутствия токсичности;
- лучшая адгезия;
- возможность получения более равномерного покрытия.

Благодаря изученной литературе установлено, что при нанесении тонких пленок ИТО методом магнетронного распыления наибольшее влияние на ключевые свойства пленок (проводимость и прозрачность) оказывают следующие параметры: режим нанесения (постоянный ток (DC) или ВЧ распыление (RF)), температура подложки, наличие реактивного газа ( $O_2$ ) и время осаждения.

В ходе эксперимента осуществлен первый запуск магнетрона с оксидной мишенью In-Sn с целью проверки его работоспособности. Сначала магнетрон запускается с использованием ВЧ блока питания (на мощностях 120 Вт и 200 Вт). Затем проверяется работа магнетрона в импульсном режиме (при мощности 120 Вт и изменении коэффициента заполнения импульсов от 15 до 80 %) и на постоянном токе (при 120 и 200 Вт). Поскольку более стабильным показывает себя режим нанесения на постоянном токе и при нем скорость осаждения больше, чем при других режимах, он выбран в качестве основного для дальнейших исследований.

В следующем эксперименте нанесено покрытие из оксидной мишени на стеклянную подложку при параметрах, указанных в таблице 1.

Таблица 1. Параметры эксперимента по нанесению покрытия ИТО на стекло

Параметр	Значение
Давление остаточное, мбар	$5.5 \cdot 10^{-5}$
Давление рабочее, мбар	$2.5 \cdot 10^{-3}$
Поток рабочего газа(аргон), л/ч	1,56
Время нанесения, мин	10
Мощность, Вт	120
Напряжение, В	314
Сила тока, мА	381
Расстояние до мишени, мм	~120

В результате получено покрытие ИТО с высокой адгезией, толщиной  $h_{cp}=247,1$  нм и прозрачностью ~ 80 %.

Полученные результаты позволяют разработать план для дальнейших экспериментов, целью которых является улучшение основных характеристик покрытия ИТО. Для этого в качестве входных варьируемых параметров процесса возьмем температуру подложки и время осаждения. В дальнейшем получим зависимость характеристик покрытия – проводимости и прозрачности – от параметров процесса с последующим анализом результатов.

### Литература

1. *Троян П.Е., Сахаров Ю.В., Жидик Ю.С.* Прозрачные электропроводящие покрытия с контролируемыми значениями коэффициента пропускания и поверхностного сопротивления // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2014. N2 1(31). С. 99-101.
2. *Закирова Р.М.* Разработка метода модификации свойств ИТО пленок ионно-лучевой обработкой при реактивном ВЧ магнетронном напылении: дис. ... канд. физ.-мат. наук. 2013. 128 с.
3. *Амосова Л.П., Исаев М.В.* Магнетронное напыление прозрачных электродов ИТО из металлической мишени на холодную подложку // Журнал технической физики. 2014. том 84, вып. 10. С. 127-132.
4. *Атабаев И.Г., Хажиев М.У., Пак В.А. Закирова С.Б.* Влияние температуры роста на удельное сопротивление ИТО пленок, выращенных CVD методом // Труды международной конференции, посвященной 70-летию Физико-технического института НПО "Физика-Солнце". 2013. С. 90-91.