

**УДК 62-97**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ ИТО НА ГИБКИХ ПОДЛОЖКАХ**

Кирилл Саидович Мухтаров<sup>(1)</sup>, Татьяна Григорьевна<sup>(2)</sup> Константинова), Денис Дмитриевич Васильев<sup>(3)</sup>

*Студент 3 курса<sup>(1)</sup>, студент 4 курса<sup>(2)</sup>, аспирант 4 года<sup>(3)</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»*

Сфера гибкой электроники представляет собой совокупность технологий, которые позволяют разрабатывать прототипы и методы создания объектов. Использование гибких подложек при производстве электронных приборов позволяет уменьшить габариты, массу и стоимость конечной продукции, упростить технологический процесс её изготовления[1]. Гибкие прозрачные проводящие покрытия являются одним из основных компонентов новых электронных устройств, таких как жидкокристаллические дисплеи, солнечные элементы, светодиоды и др. Самым широко применяемым материалом для прозрачных проводящих покрытий является оксид индия, легированный оловом (indium tin oxide, ITO). Благодаря высокой прозрачности в видимой области спектра, низкому удельному сопротивлению, временной стабильности этих параметров данный материал в настоящее время является незаменимым на рынке оптоэлектронных приборов.

Целью работы является исследование скорости нанесения и равномерности толщины покрытия ITO, нанесённого на гибкую подложку термопластика (лавсана).

Для реализации процесса нанесения плёнок предварительно была изготовлена подложкодержатель для фиксации гибких лавсановых подложек. Основной задачей оснастки является обеспечение равномерности покрытия при осаждении на несколько подложек благодаря возможности кругового вращения вокруг вала установки.

Предварительная подготовка поверхности подложек проводится в 4 этапа с использованием жидкостной очистки в ультразвуковой ванне (УЗВ) в бескислотных растворах [2]. Нанесение покрытия проводится на установке ВУП11-М методом магнетронного распыления на постоянном токе в остаточной среде аргона. Размеры подложек 110×110 мм с учётом технологических полей.

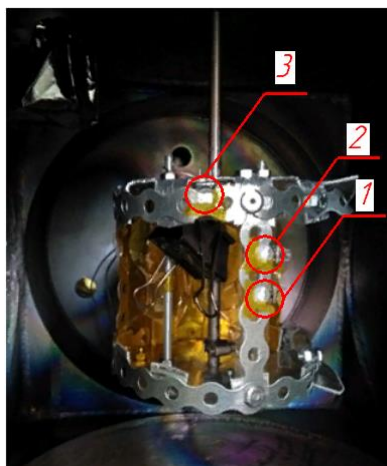


Рисунок 1 – Подложкодержатель с кварцевыми резонаторами

Для анализа скорости нанесения проведена серия экспериментов по нанесению трёх образцов разной толщины (5, 10 и 20 нм) при постоянной мощности разряда 200 Вт, напряжению 303 В, рабочем давлении  $3,4 \times 10^{-3}$  мбар и скорости вращения подложкодержателя 3,75 об/мин.

Для оценки толщины и равномерности покрытия используется метод пьезоэлектрического микровзвешивания [3]. Кварцевые резонаторы устанавливались на оснастку в 3-х местах (рис.1).

Подложкодержатель расположен на расстоянии 150 мм от центра мишени. Резонаторы 1, 2, 3 были установлены от центра подложки на расстоянии 0 мм, 20 мм и 50 мм соответственно.

Результаты измерения резонаторов представлены в таблице 2.

Таблица 2 Расчёт параметров плёнки

№ п/п	Время, мин	№ резонатора	Масса, кг/м <sup>2</sup>	Удельная массовая скорость, кг/(м <sup>2</sup> ×с)	Толщина, нм	Скорость нанесения, нм/мин
1	20	1	$1,31 \times 10^{-3}$	$1,09 \times 10^{-6}$	183,89	9,2
2	10	2	$7,06 \times 10^{-4}$	$1,17 \times 10^{-6}$	99,13	9,9
3	5	3	$3,36 \times 10^{-4}$	$1,11 \times 10^{-6}$	47,14	9,4

По результатам измерений было проведено моделирование скорости осаждения материала (рис.2). Центр подложки смещён относительно центра мишени на 26,5 мм при креплении оснастки в установку. Максимальная скорость нанесения составила 9,9 нм/мин. Расчёт неравномерности толщины показывает, что наибольшая неравномерность не превышает 8%.

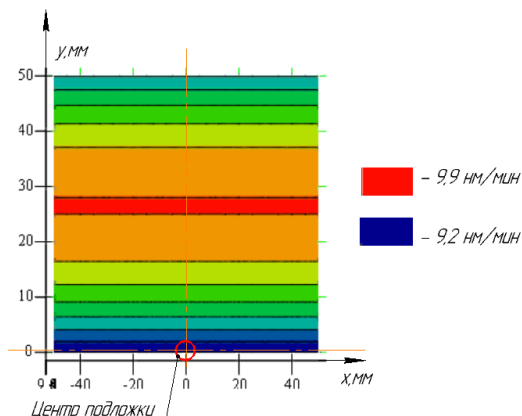


Рисунок 2 – Распределение скоростей

Таким образом, разработанная оснастка обеспечивает равномерность покрытия более 92%. В дальнейшем планируется измерение оптических свойств и сопротивления полученных покрытий, модернизация конструкции подложкодержателя для точного центрирования.

**Литература:**

1. *Медведев А., Мылов Г., Набатов Ю., Люлина В.* Гибкие платы. Преимущества и применение // Компоненты и технологии. 2007. № 9. – С. 202-208.
2. *Макарова Ю.С., Косарева К.С., Васильев Д.Д.* Отработка режимов жидкостной очистки подложек для обеспечения адгезионной прочности ИТО покрытия // Всероссийская научно-техническая конференция студентов «Студенческая научная весна», 2016.
3. *Малов В.В.* Пьезорезонансные датчики. М.: Энергоатомиздат, 1989. 272 с