

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДОВ СВИНЦА И ЦИРКОНИЯ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Гуревич О. В., Коробко А.О.

В настоящее время одними из самых перспективных тонкопленочных покрытий являются прозрачные проводящие покрытия на основе оксидов металлов (цинка, олова, индия) [1]. Прозрачные проводящие оксиды (transparent conductive oxide, TCO) принадлежат к классу полупроводников с широкой запрещенной зоной и находят все более широкое применение в производстве плоских дисплеев, прозрачных электродов и нагревательных элементов, теплосберегающих технологиях и т.п. Оксид свинца рассматривается как наилучшая альтернатива дорогостоящим покрытиям, таким как оксид индий-олово. Цирконий также является перспективным материалом для получения проводящих оксидов [2].

Получение экспериментальных образцов (оксидов цинка и циркония), полученных методом реактивного ионно-лучевого распыления, проводили на модернизированной установке УРМ 3.279.017. В качестве ионного источника использовался двухлучевой плазменный ускоритель с анодным слоем, упрощенная схема которого представлена на рис. 1.

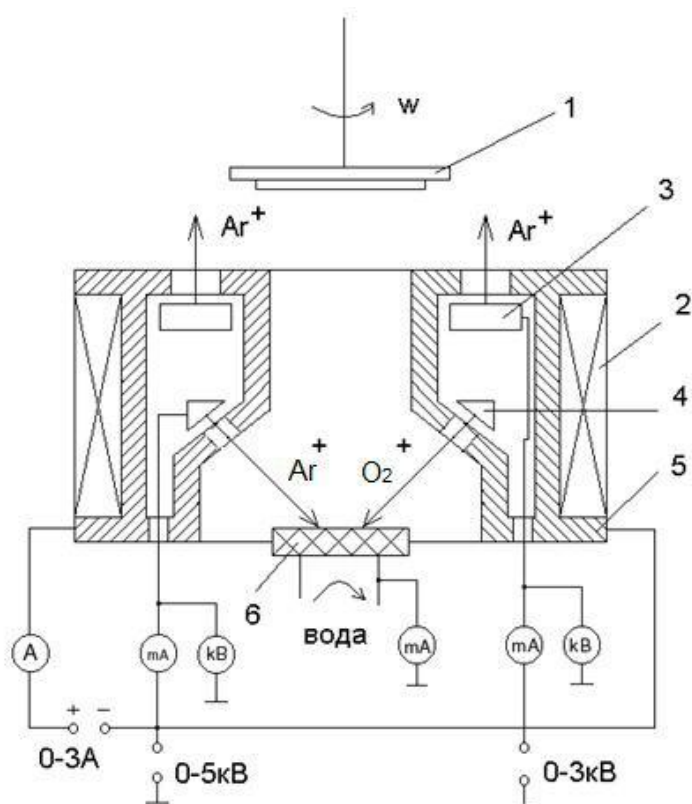


Рис. 1 - Упрощённая схема двухлучевого плазменного ускорителя с анодным слоем:

1 – подложкодержатель, 2 – соленоид, 3 – анод верхней ступени,
4 – анод нижней ступени, 5 – магнитопровод, 6 – мишень, охлаждаемая водой

Он позволяет формировать два независимых пучка ионов: из верхней ступени в виде полого цилиндра и конусообразный из нижней ступени. Первый пучок предназначен для ионных очистки и бомбардировки, второй – для распыления мишени.

В качестве рабочих газов использовались аргон высшей очистки и кислород. В качестве мишеней использовались циркониевая мишень высокой чистоты диаметром 60 мм и толщиной 6 мм и листовая свинец ГОСТ 9559-75 с размерами 40x40x5 мм.

При проведении процесса напыления ускоряющее напряжение составляло 3,2 кВ, ток разряда 80 мА, остаточный вакуум составлял 4 Па ($3 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.), рабочий вакуум - ($6,5 - 7$) $\cdot 10^{-2}$ Па ($(5-6) \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.).

Минимальное время проведения процесса составляло 6 мин для оксидов свинца и 10 мин для для оксидов циркония (коэффициент распыления циркония меньше аналогичного коэффициента для свинца).

Нагрев образцов при проведении осуществлялся нихромовым нагревателем. Температура контролировалась термопарой хромель-копель и прибором комбинированным цифровым Ц4300. Процессы проводились при температурах 40 и 320 – 340 °С.

Расстояние «источник – подложка составляло» 80 мм. В качестве подложек использовались стекло кварцевое и чистые кремниевые пластины.

В таблице приведены основные данные, характеризующие процессы нанесения оксидов.

№ образца	Материал мишени	Остаточный вакуум, Па	Рабочий вакуум, Па	Состав рабочего газа	Ускоряющее напряжение, кВ	Ток разряда, мА	Время напыления, мин	Температура процесса, °С
1	Свинец	4	$6,5 \cdot 10^{-2}$	100% O ₂	3,2	80	6	40
2	Свинец	4	$6,7 \cdot 10^{-2}$	100% O ₂	3,2	80	6	320
3	Свинец	4	$6,5 \cdot 10^{-2}$	100% O ₂	3,2	80	12	40
4	Свинец	4	$6,5 \cdot 10^{-2}$	30% Ar + 70% O ₂	3,2	80	12	40
5	Свинец	4	$6,7 \cdot 10^{-2}$	50% Ar + 50% O ₂	3,2	80	6	40
6	Цирконий	4	$7 \cdot 10^{-2}$	100% O ₂	3,2	80	10	40
7	Цирконий	4	$7 \cdot 10^{-2}$	100% O ₂	3,2	80	10	340
8	Цирконий	4	$6,8 \cdot 10^{-2}$	20% Ar + 80% O ₂	3,2	80	10	40

* -при данном режиме оксидные плёнки циркония отслаивались от стекла кварцевого.

Покрyтия на основе оксида свинца, полученные при низких температурах, имели насыщенную синюю окраску (свидетельство образования оксида), однако представляли собой диэлектрический материал. Оксид свинца, полученный при T = 320 °C был прозрачным и имел величину поверхностного сопротивления 18,8 Ом/квaдрaт, что свидетельствует о высоких проводящих свойствах.

Покрyтия оксида циркония, полученные при низких температурах, являлись диэлектрическими при использовании любого состава рабочего газа, к тому же при использовании смеси 20% Ar + 80% O₂ покрyтия имели слабую адгезию со всеми типами подложек. Покрyтия, полученные при T = 340 °C имели прозрачную окраску и являлись хорошими проводниками (поверхностное сопротивление – 32 Ом/квaдрaт).

В результате выполнения данной работы был получен ряд покрyтий на основе оксидов свинца и цинка. Было установлено, что при низких температурах данным методом невозможно получать проводящие оксиды, однако температур свыше 300 °C позволяет сформировать прозрачные проводящие оксиды с малым значением поверхностного сопротивления.

Список использованных источников:

1. S. Hou, X.Cai, Y. Fu. Transparent conductive oxide – less, flexible, and highly efficient dye-sensitized solar cells with commercialized carbon fiber as the counter electrode // J. of Materials Chemistry, i. 36, 2011, p. 13776 – 13779.
2. D.-Y. Kim, C.- H. Lee, S. J. Park. Preparation of zirconia thin films by metalorganic chemical vapor deposition using ultrasonic nebulization // J. of Materials Research, i. 1, 1996, p. 2583 – 2587.