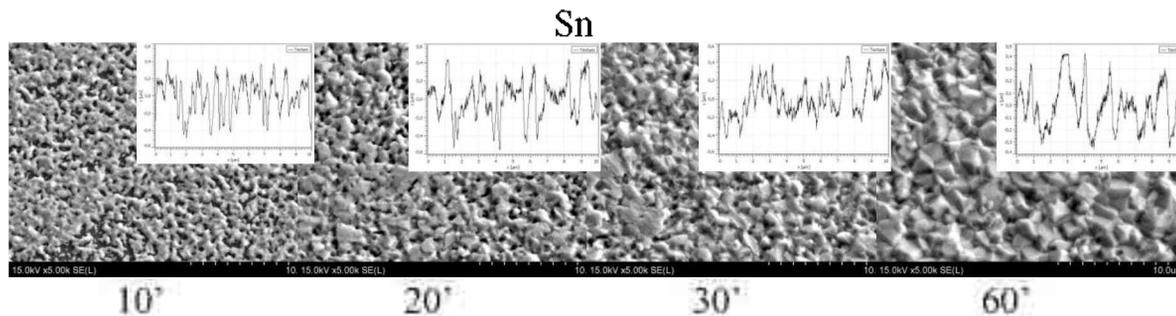


ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ СПЛАВОМ ОЛОВО-СЕРЕБРО

В продолжение работы [1] исследованы закономерности роста покрытий оловом и сплавом олово-серебро. На рисунке 1 представлены снимки морфологии изучаемых осадков и профили текстуры поверхности, полученных при осаждении в течение 10, 20, 30 и 60 с. Установлено, что в течение первых 10 с на поверхности подложки возникают отдельные неоднородные по размерам кристаллиты. В процессе дальнейшего электролиза наблюдается линейный рост ранее появившихся кристаллитов и их слияние в более крупные однородные по размеру образования. При увеличении длительности осаждения от 10 до 60 с размер кристаллитов увеличивается с постепенным сращиванием их между собой и формированием крупных кластеров до полного заполнения подложки, уменьшаются значения средней шероховатости R_a и происходит сглаживание поверхности. В таблице 1 приведены параметры шероховатости поверхности полученных покрытий.



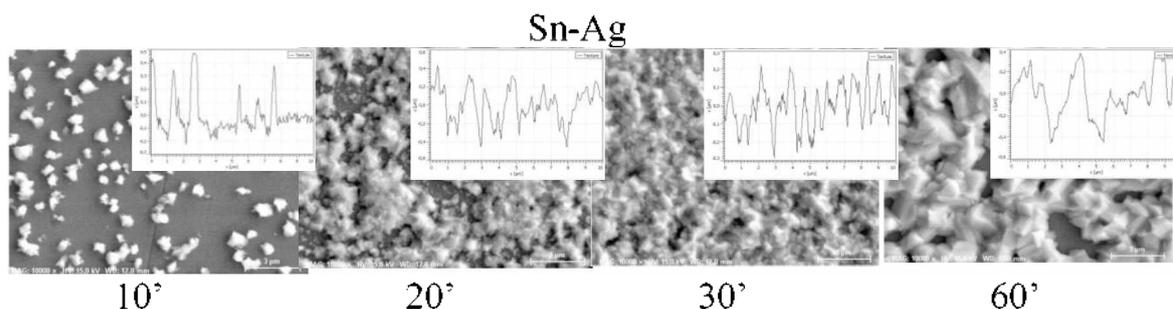


Рис. 1 - Структура покрытий, полученных при разном времени осаждения при плотности тока 1 А/дм²

На рис. 2 представлены хронопотенциограммы изучаемых процессов по которые рассчитаны параметры начальной стадии электрокристаллизации с помощью специально разработанного программного приложения. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Установлено, что чем выше значение перенапряжения, тем ниже энергия зародышеобразования. На малых плотностях тока (0,2 А/дм²) энергия зародышеобразования покрытия Sn-Ag ниже ($E_z = 198$ мВ) чем для Sn, так как значение перенапряжения при его формировании выше. При плотностях тока выше предельного значения характерно резкое уменьшение энергии зародышеобразования. С ростом перенапряжения в процессе электрокристаллизации металлов увеличивается скорость образования зародышей и уменьшается их размер, что способствует формированию мелкозернистых и плотных осадков оловом и сплавом олово-серебро. При плотностях тока выше предельного происходит резкое уменьшение энергии зародышеобразования.

Таблица 1 – Параметры шероховатости поверхности покрытий

Время осаждения, с	R _a , нм	R _z , нм	R _{max} , нм	S _m , нм	R _{sk}
Sn					
10	86,95	501,05	652,37	235,77	-0,49
20	73,53	464,67	658,09	249,51	0,36
30	63,46	372,62	415,69	187,21	0,31
60	40,14	278,12	332,64	128,21	-0,18
Sn-Ag					
10	64,23	342,35	451,04	383,85	0,22
20	76,71	488,28	578,21	400,98	-0,38
30	68,52	318,77	440,20	434,30	0,001
60	54,72	281,58	316,09	526,20	-0,11

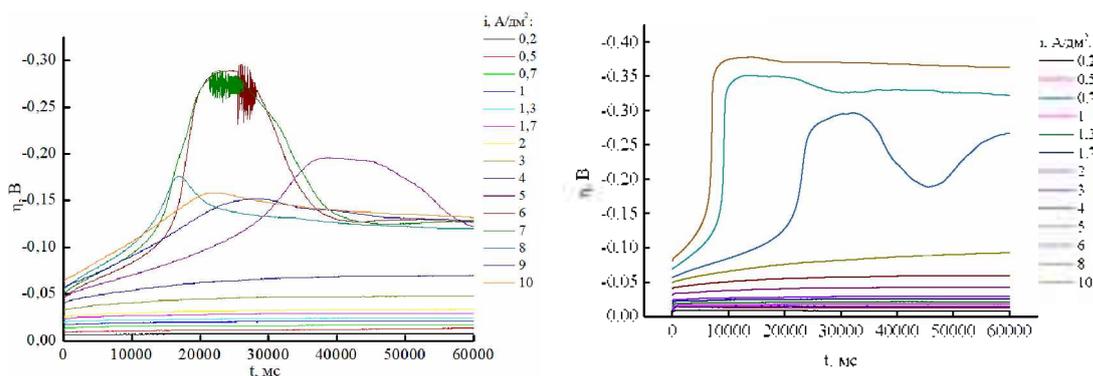


Рис. 2 - Хронопотенциограммы осаждения покрытий оловом (а) и сплавом олово-серебро (б)

Таблица 2 – Влияние состава электролита и плотности тока на параметры зародышеобразования покрытий на основе олова

Плотность тока, А/дм ²	Перенапряжение, В	Энергия зародышеобразования, В	Эффективная межфазная поверхностная энергия, н/м	Радиус зародыша, нм	Объем зародыша, нм ³
Sn					
0,2	0,00787	238,754	13,291	258,666	2,175×10 ⁸
0,5	0,01361	138,06	9,225	103,817	1,406×10 ⁷
0,7	0,01706	110,141	7,935	71,241	4,544×10 ⁶
1	0,02107	89,179	6,893	50,11	1,581×10 ⁶
1,7	0,02969	63,287	5,484	28,293	2,846×10 ⁵
2	0,0337	55,757	5,04	22,908	1,511×10 ⁵
3	0,4806	39,097	3,978	12,678	2,61×10 ⁴
6	0,29547	6,359	1,185	0,614	2,916
8	0,17607	10,672	1,674	1,456	38,804
Sn-Ag					
0,2	0,00961	195,525	11,076	190,032	8,624×10 ⁷
0,5	0,0142	132,324	8,538	99,133	1,224×10 ⁷
0,7	0,01535	122,41	8,106	87,067	8,294×10 ⁶
1	0,01822	103,128	7,231	65,431	3,52×10 ⁶
1,7	0,02626	71,554	5,667	35,58	5,66×10 ⁵
2	0,0297	63,266	5,22	28,981	3,059×10 ⁵
3	0,04291	43,789	4,0085	15,695	4,859×10 ⁴
6	0,29606	6,347	1,127	0,628	3,108
8	0,35117	5,351	1,006	0,472	1,323

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Белорусского республиканского фонда фундаментальных*

исследований (БРФФИ) в рамках договора № Т22МВ-027 «Исследование процессов зародышеобразования при электроосаждении сплавов олова».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гульпа, Д.Ю. Кинетические характеристики процессов формирования покрытий на основе олова / Гульпа Д.Ю., Кузьмар И.И., Кушнер Л.К., Бразаускас Г.А. // Инновационные материалы и технологии: сб. докладов ІМТ2023, г. Минск, 21–23 марта 2023 г. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 23-26.