

**О Т З Ы В**  
на автореферат диссертации Богуш Н. В.  
**Формирование электрохимических покрытий серебро-вольфрам для устройств  
электронной техники,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства  
полупроводников, материалов и приборов электронной техники

Диссертационная работа Богуш Н. В. посвящена исследованию закономерностей электрохимического осаждения композиционных покрытий Ag-W из содержащего соли  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  сульфатно-аммониевого водного электролита в стационарных, нестационарных режимах электролиза и при стимулирующем воздействии ультразвуковых (УЗ) колебаний. Установлены закономерности формирования покрытий Ag-W на постоянном токе при УЗ активации, впервые получены зависимости состава и физико-механических свойств покрытий Ag-W от режимов осаждения, а также от концентрации  $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в электролите.

Ввиду перспективности использования не содержащих цианидные комплексы водных солевых электролитов и дефицита знаний по механизмам и режимом осаждения из них композиционных покрытий, тема представленной работы является актуальной.

Научная значимость диссертации заключается в математическом моделировании процессов массопереноса в электролите серебрения, позволившем определить зависимости концентрации ионов на электродах и в диффузионных слоях в условиях стационарного и нестационарного электролиза, что позволило оптимизировать состав электролита, в г/л:  $\text{AgNO}_3$  – 35,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 170,  $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 3,5,  $\text{NH}_4\text{OH}$  (25 %) – 20.

Практическая значимость состоит в установлении влияния режимов и условий электролиза (стационарный и нестационарный, введение УЗ колебаний, импульсный и реверсированный ток) на свойства покрытий: паяемость, износостойкость, коррозионную стойкость, физико-механические свойства, определяющие возможности их использования в устройствах электронной техники.

Замечание: в п.2 научной новизны на стр. 4 автореферата механизм адсорбции ионов  $\text{WO}_x^{2-}$  на катоде подтвержден «...полулогарифмической зависимостью концентрации вольфрама в электролите от его содержания в покрытии...». Причинно-следственная связь сохранена в п.1 Заключения автореферата (стр. 15), «... что может быть подтверждено полулогарифмической зависимостью между количеством вольфрама в покрытии и его концентрацией в электролите».

Считаю, что представленная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Богуш Н. В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Согласен на размещение отзыва на сайте учреждения образования БГУИР.

Главный научный сотрудник  
ГНУ «ФТИ НАН Беларусь», д.т.н.

*Зеленин*

Зеленин В. А.

Подпись В. А. Зеленина удостоверяю:

Зам. директора ГНУ «ФТИ НАН Беларусь»  
по научной работе, к.т.н.

4.12.2025 г



Смяглик И. П.