

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию САВИЦКОЙ Сирануш Артуровны
«Разработка технологических процессов подготовки поверхности к
химическому меднению в производстве печатных плат», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям:
2.6.17 – Материаловедение и 2.6.9 – Технология электрохимических процессов и
защита от коррозии**

Прогресс в электронной технике обеспечивает развитие практически всех видов человеческой деятельности – промышленности, транспорта, включая воздушный и космический, сельского хозяйства, медицины и др. Печатные платы (ПП) являются основой современных электронных устройств, поэтому совершенствование технологии их производства обеспечивает развитие отрасли в целом. Надежность работы ПП определяется прежде всего качеством нанесения медного покрытия, которое зависит от подготовки поверхности, осуществляемой в несколько стадий. На каждой стадии заготовку ПП обрабатывают растворами достаточно сложного состава. В последние годы на российских предприятиях сложилась критическая ситуация, связанная с уходом с рынка западных компаний, поставлявших композиции, в т.ч. для обработки поверхности в производстве печатных плат. Отечественные разработки в этой области относятся к 70-м годам, а материалы не удовлетворяют современным требованиям по технологичности и достигаемым результатам. Таким образом, актуальность проведенной Савицкой С.А. работы не вызывает сомнений. В сформулированных в диссертации цели и задачах работы четко определены ожидаемые результаты, которые обеспечат импортозамещающую технологию подготовки поверхности отверстий ПП перед металлизацией.

Решение этой комплексной задачи потребовало тщательного анализа литературных источников, в т.ч. патентной литературы научно-технической документации, выполнения огромного объема экспериментов с использованием сложного оборудования и современных методов исследования, а также грамотного анализа полученных экспериментальных результатов. Это позволило Савицкой С.А. разработать технологический процесс подготовки поверхности отверстий ПП к химическому меднению и композиции для его реализации, что подтверждено приложенными техническими условиями на композиции и инструкциями на их

применение, разработанными диссертантом, а также актом проведенных промышленных испытаний.

В ходе выполнения диссертационной работы были получены важные научные результаты, имеющие фундаментальное значение для развития наук о материалах, технологии электрохимически производств и защиты от коррозии. Так, для стадии активации поверхности выявлены важные закономерности по влиянию гидродинамического диаметра (ГДД) мицелл активирующего компонента в растворе на скорость металлизации и стабильность используемого раствора. При этом впервые установлены факторы, влияющие на величину ГДД, обеспечивающие получение мицелл оптимального размера. Автором впервые экспериментально подтвержден факт перезарядки в процессе очистки-кондиционирования поверхности диэлектрика в отверстиях ПП и найдены соединения К1 и К2, введение которых в раствор очистки-кондиционирования обеспечивает максимальную перезарядку поверхности отверстий. Следует отметить, что подбор новых более эффективных по сравнению с применяемыми компонентов в используемые растворы – особая характерная черта рассматриваемой диссертации.

В диссертации приводится разработанный и утвержденный комплект научно-технической документации:

1. Технологические инструкции (ТИ) на применение композиций УМ-Х1, УМ-Х2, УМ-П1М, УМ-ПЛ1, УМ-ПЛ2, УМ-ПЛВ (Приложение А).
2. Технические условия (ТУ) на композиции УМ-Х1, УМ-Х2, УМ-П1м, УМ-ПЛ1, УМ-ПЛ2, УМ-ПЛВ (Приложение Б).

В ТИ и ТУ отражены рекомендации по составлению рабочих растворов, ведению процесса, аналитическому контролю компонентов растворов в процессе эксплуатации, по очистке сточных вод и правила техники безопасности при работе с композициями.

Разработанные композиции УМ успешно протестирована в цехе печатных плат на АО «НИЦЭВТ», получен акт испытаний (Приложение В).

Следует особо отметить хороший язык изложения диссертации, а также аккуратность оформления текста, рисунков, таблиц. Работа практически не содержит ошибок и опечаток и по содержанию не дает поводов для принципиальной критики.

Тем не менее, по оппонируемой работе есть вопросы и замечания.

1. Можно ли отследить какую-либо связь между свойствами используемых

- комплексов палладия (устойчивость, растворимость, реакционная способность лигандов и т.п.) и качеством активации (стр. 79)?
2. В таблице 3.4 (стр. 72) количество вводимых добавок С1 и С2 указано в столбце концентрация (г/л), как они были введены?
 3. В этой же таблице, а также в тексте и других таблицах приводится соотношение олово:палладий. Хотя атомные массы этих элементов довольно близки, тем не менее, необходимо указать, какое это соотношение массовое или мольное. Только в заключении в диссертации выясняется, что это мольное соотношение.
 4. Для восстановления палладия из комплекса использован боргидрид натрия, чем определяется выбор этого восстановителя? Можно рассмотреть другие, например, гидразингидрат.
 5. Помимо коллоидного раствора активатора подробно исследован и комплексный активатор, для которого подобраны два различных лиганда. Однако в заключении эта часть исследований даже не упоминается.
 6. Знак равенства в схемах химических реакций ставится в том случае, когда расставлены коэффициенты, поэтому в схемах на стр. 34 и 35 необходимо поставить стрелку ($\rightarrow$).
 7. В научной литературе часто критикуется использование словосочетания «реакция взаимодействия», которое автор употребляет на стр.27, 28. Это же касается сочетания «органический монотерпеновый альдегид», разве альдегид бывает неорганическим?
 8. В диссертации не приведена методика определения стабильности концентратов коллоидного палладиевого активатора, в то время как указывается на снижение его стабильности при отношении концентраций $\text{Sn}^{2+}:\text{Pd}^{2+}$ ниже 50:1 и снижении концентрации HCl ниже 20%.

Приведенные вопросы и замечания ни в коем случае не снижают очень хорошего впечатления от работы и тем более ценность полученных результатов.

Основное содержание работы соответствуют специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии и отражено в 12 научных работах, из них 3 статьи – в журналах, входящих в системы Web of Science и Scopus, 1 статья – в журнале, входящем в перечень ВАК. По результатам исследования подана заявка на патент. Автореферат полностью отражает материалы диссертации, а его содержание и выводы

соответствуют основным положениям работы.

Результаты работы могут быть использованы на предприятиях и в организациях, таких как: АО «НИЦЭВТ»; АО «ИСС» им. академика М.Ф. Решетнёва»; ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова», АО «РКС»; ООО «Резонит» и др.

Подводя итог, можно уверенно сказать, что Савицкой С.А. представлена научно-квалификационная работа, в которой на основании выполненных автором исследований представлены научно обоснованные технологические разработки, имеющие важное значение для импортозамещения и развития обороноспособности страны. Материал диссертации отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД.

Официальный оппонент:

проректор, профессор кафедры технологии электрохимических производств, доктор химических наук (02.00.03 – органическая химия), профессор,

 / Истомина Наталия Владимировна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ангарский государственный технический университет»,
665835, г. Ангарск, Квартал 85а, д.5,
prorector@angtu.ru, +7  85.

