

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора РХТУ им. Д. И. Менделеева
д.т.н., профессор И.В. Воротынцев



« 31 » 10 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Разработка технологического процесса электроосаждения равномерных медных покрытий в отверстиях печатных плат» по научной специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии на соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена в Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева на кафедре инновационных материалов и защиты от коррозии.

В процессе подготовки диссертации Алешина Венера Халитовна, 31 октября 1995 года рождения, была аспирантом Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии с 01.09.2019 г. по 31.08.2023 г. С 2019 г. по настоящее время является ассистентом кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов, диплом об окончании аспирантуры выданы в РХТУ имени Д.И. Менделеева в 2023 году.

Научный руководитель к.х.н., доцент, профессор кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии РХТУ им. Д.И. Менделеева Григорян Неля Сетраковна.

По результатам рассмотрения диссертации Алешиной Венеры Халитовны на тему: «Разработка технологического процесса электроосаждения равномерных медных покрытий в отверстиях печатных плат» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что, существующие отечественные технологии меднения печатных плат (ГОСТ 23.770-79) не удовлетворяют современным требованиям в части равномерности по

Handwritten initials and signatures at the bottom left of the page.

толщине покрытия в отверстиях, а также стабильности электролита. Российские производители вынуждены использовать импортные технологии. Известными недостатками импортных композиций являются их высокая стоимость, обусловленная длинным логистическим плечом, необходимость складских запасов и санкционные риски.

В связи с изложенным разработка отечественной технологии гальванического меднения отверстий печатных плат, отвечающей современным требованиям, является важной научно-технической задачей, решению которой посвящена настоящая диссертационная работа.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Выявлено, что все типы добавок в сернокислые электролиты, используемые для меднения отверстий печатных плат, классифицируемые в литературе и на практике как «ингибиторы», «выравниватели» и «ускорители», при раздельном введении ингибируют процесс восстановления меди из сульфатного электролита. Торможение процесса восстановления меди из электролита, содержащего «ингибитор», усиливается при добавлении в электролит «выравнивателя» и деполяризуется (ослабляется) при добавлении «ускорителя». При добавлении «ускорителя» в электролит с «ингибитором» и «выравнивателем» деполяризующее действие «ускорителя» не проявляется.

2. С помощью эллипсометрических измерений определено, что толщина поверхностной пленки на медном катоде в присутствии добавок «ингибитор» или «ускоритель» не зависит от поляризации катода (8–12 нм и 37–48 нм соответственно), а толщина поверхностной пленки в присутствии в электролите добавки «выравниватель» минимальна в отсутствие катодной поляризации (7–9 нм) и возрастает (до 18–35 нм) при поляризации электрода (на 200 мВ). При сочетании в электролите добавок «ингибитор» + «выравниватель» толщина поверхностной пленки на поляризованном катоде принимает промежуточное значение (13–17 нм) и практически не изменяется после добавления в раствор добавки «ускоритель» (12–17 нм), а при добавлении «ускорителя» в раствор, содержащий только «ингибитор», толщина поверхностной пленки возрастает и приближается к толщине поверхностной

пленки для раствора с «ускорителем» (35–43 нм).

Практическая ценность работы состоит в том, что:

1. Экспериментально установлены добавки в электролит меднения отверстий печатных плат, обеспечивающие равномерность по толщине медных покрытий в отверстиях и на поверхности печатных плат: «ингибитор» – полиэтиленгликоль 4000; «выравниватель» – 2-диэтиламино-3,6-диметил-9-фенилфеназоний-7-азо-4'-диметиланилин хлористый или полиэтиленимин (M_w 25000 г/моль, разветвленный); «ускоритель» – 3-меркапто-1-пропансульфонат натрия.

2. Разработана импортзамещающая технология гальванического меднения сквозных отверстий печатных плат, не уступающая зарубежному аналогу в равномерности по толщине покрытий в отверстиях и на поверхности печатных плат, по блеску и пластичности покрытий, а также стабильности электролита.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 19 печатных работах, из них 2 статьи в журналах, включенных в базы данных Web of Science и Scopus, 1 статья в журнале, входящем в текущий перечень ВАК. Результаты работы защищены заявкой на патент «Композиция для электрохимического меднения сквозных отверстий печатных плат» № 2023117503 РФ от 03.07.2023 г.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Aleshina V.Kh., Grigoryan N.S., Asnis N.A., Vagramyan T.A. et al. Additives to the electrolyte for copper plating of through-holes in multilayer printed-circuit boards // The International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, 2021. Vol. 10. no 4. P. 1661–1676. doi: 10.17675/2305-6894-2021-10-4-18.

2. Aleshina V.Kh., Grigoryan N.S., Asnis N.A., Abrashov A.A. et al. Effect of organic additives on copper electrodeposition in the manufacture of printed boards // The International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, 2023. Vol. 12. no 1. P. 126–144. doi: 10.17675/2305-6894-2023-12-1-7.

Публикации в рецензируемых изданиях:

1. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Абрашов А.А., Аснис Н.А. и др. О механизме действия добавок в сернокислом электролите меднения отверстий печатных плат // Химическая промышленность сегодня, 2023. № 6.

Результаты диссертации представлены на 16 международных и всероссийских конференциях.

Публичные доклады на международных научных конференциях:

1. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А., Серов А.Н. и др. Разработка процесса металлизации сквозных отверстий печатных плат // тез. докладов XXI Менделеевского съезда по общей и прикладной химии (9–13 сентября 2019 г.). – Санкт-Петербург, 2019. Т. 3. С. 215.

2. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Серов А.Н., Абрашов А.А. и др. Исследование влияния добавок на распределение медного покрытия в отверстиях печатных плат // тез. докладов Международной конференции «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии», посвященная памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ В.И. Вигдоровича (21–25 октября 2019 г.). – Тамбов: ТГТУ, 2019. С. 317–320.

3. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Серов А.Н., Абрашов А.А. и др. Исследование влияния добавок на рассеивающую способность электролита меднения // тез. докладов Международной конференции «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии», посвященная памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ В.И. Вигдоровича (21–25 октября 2019 г.). – Тамбов: ТГТУ, 2019. С. 384–386.

4. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А., Зорин Р.А. и др. Электролит меднения сквозных отверстий многослойных печатных плат // тез. докладов XI Международной научной конференции «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии» (7–11 сентября 2020 г.). – Плес: Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 2020. С. 75.

5. Зорин Р.А., Алешина В.Х., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Исследование влияния блескообразующих добавок на распределение медного гальванического покрытия в сквозных отверстиях печатных плат // Успехи в химии и химической

технологии (тез. докладов XV Международного конгресса молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2020», 26–29 октября 2020 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. Том XXXIV. № 6. С. 35–37.

6. Зорин Р.А., Алешина В.Х., Григорян Н.С. Блескообразующие добавки в электролит меднения многослойных печатных плат // тез. докладов II Международной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения и защиты металлов и сплавов», памяти чл.-корр. Ю.М. Полукарова (15–16 октября 2020 г.). – М.: ИФХЭ РАН, 2020. С. 53.

7. Хисамутдинова А.А., Алешина В.Х., Григорян Н.С. Ингибирующие и выравнивающие добавки в электролит меднения многослойных печатных плат // тез. докладов II Международной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения и защиты металлов и сплавов», памяти чл.-корр. Ю.М. Полукарова (15–16 октября 2020 г.). – М.: ИФХЭ РАН, 2020. С. 66.

8. Aleshina V.Kh., Grigoryan N.S., Zorin R.A., Rotar I.A. Modern copper electrolyte holes for multi-layer printed circuit boards // VII International Scientific Congress Innovations 2021. Vol. 1 (5). Varna, Bulgaria, 2021. P. 86–87.

9. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Смолякова В.И. Электрохимическое меднение в производстве печатных плат // тез. докл. XIII Плесской Международной научной конференции «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии» (05–09 сентября 2022 г.). – Плес: Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 2022. С. 10.

10. Щербакова А.В., Алешина В.Х., Григорян Н.С. Исследование влияния добавок в электролит меднения печатных плат на блеск покрытия // Успехи в химии и химической технологии (тез. докладов XXXVI Международного конгресса молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2022», 17 октября 2022 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. Том XXXIV. № 6. С. 46–48.

11. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Смолякова В.И. Выравнивающие добавки в электролит меднения печатных плат // Успехи в химии и химической технологии (тез.

докладов II Международной научно-практической конференции «Обработка поверхности и защита от коррозии», 20 апреля 2023 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2023. Том XXXVII. № 2. С. 107–109.

12. Чуднова Т.А., Григорян Н.С., Абрашов А.А., Василенко О.А., Алешина В.Х. Аналитический контроль в гальваническом производстве и производстве печатных плат // Успехи в химии и химической технологии (тез. докладов II Международной научно-практической конференции «Обработка поверхности и защита от коррозии», 20 апреля 2023 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2023. Том XXXVII. № 2. С. 138–140.

13. Щербакова А.В., Алешина В.Х., Григорян Н.С. Исследование сернокислого электролита меднения отверстий печатных плат. Успехи в химии и химической технологии (тез. докладов XXXVII Международного конгресса молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2023», 18 октября 2023 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2023. Том XXXVII. № 11. С. 30–32.

Публичные доклады на всероссийских научных мероприятиях:

1. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Абрашов А.А., Ваграмян Т.А. и др. Импортозамещающая технология металлизации отверстий печатных плат // Успехи в химии и химической технологии (тез. докладов Всероссийской конференции «Защита от коррозии», посвященная 120-летней годовщине РХТУ им. Д.И. Менделеева, 25 октября 2018 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. Том XXXII. № 13. С. 14–16.

2. Зорин Р.А., Алешина В.Х., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Изучение процесса гальванического меднения сквозных отверстий печатных плат // Успехи в химии и химической технологии (тез. докладов Первой конференции обучающихся факультета цифровых технологий и химического инжиниринга, 01–06 июня 2020 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. Том XXXIV. № 3. С. 38–40.

3. Алешина В.Х., Григорян Н.С., Ротарь И.А. Исследование процесса гальванического меднения отверстий печатных плат // Успехи в химии и химической технологии (тез. докладов Всероссийской конференции «Обработка поверхности и защита от коррозии», посвящённой году науки и технологий в РФ и

100-летию высшего образования в РХТУ им. Д.И. Менделеева, 23 сентября 2021 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021. Т. 35. С. 14–15.

Патенты:

1. Композиция для электрохимического меднения сквозных отверстий печатных плат: заявка на патент № 2023117503 РФ / Алешина В.Х., Григорян Н.С., Аснис Н.А., Абрашов А.А., Ваграмян Т.А. – заявл. 03.07.2023.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии в части электрохимического и химического осаждения различных материалов в области исследований п. № 3 Электрохимические, химические и физические методы нанесения металлических, неметаллических и комбинированных покрытий, гальванопластика.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Алешиной Венеры Халитовны является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Алешиной Венере Халитовне; они оригинальны, достоверны и отличаются новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Разработка технологического процесса электроосаждения равномерных медных покрытий в отверстиях печатных плат» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии, состоявшемся «12» октября 2023 года, протокол № 3. В обсуждении приняли участие: зав. кафедрой Ваграмян Т.А., профессор Григорян Н.С., доцент Мазурова Д.В., доцент Абрашов А.А., профессор Капустин Ю.И., доцент Апанович Н.А., профессор Андреев Н.Н., доцент Чуднова Т.А., доцент Василенко О.А., профессор кафедры общей и неорганической химии Кузнецов В.В., доцент кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Поляков Н.А., ведущий научный сотрудник УНЦ химической и электрохимической обработки материалов Аснис Н.А., генеральный директор ООО ПК «НПП СЭМ.М» Архипов Е.А.

Принимало участие в голосовании 13 человек. Результаты голосования: «За» - 13 человек, «Против» - 0 человек, воздержались - 0 человек, протокол № 3 от «12» октября 2023 г.

Председатель заседания

Т.А. Ваграмян, зав. кафедрой

Секретарь заседания

Д.В. Мазурова, доцент

ПРОТОКОЛ

заседания кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии
Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева
от «12» октября 2023 г. № 3

Присутствовали: заведующий кафедрой Ваграмян Т.А., профессор Григорян Н.С., доцент Мазурова Д.В., доцент Абрашов А.А., профессор Капустин Ю.И., доцент Апанович Н.А., профессор Андреев Н.Н., доцент Чуднова Т.А., доцент Василенко О.А., профессор кафедры общей и неорганической химии Кузнецов В.В., доцент кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Поляков Н.А., ведущий научный сотрудник УНЦ химической и электрохимической обработки материалов Аснис Н.А., генеральный директор ООО ПК «НПП СЭМ.М» Архипов Е.А.

Всего присутствовало: 13 человек.

ПОВЕСТКА ДНЯ

Предварительное рассмотрение диссертационной работы Алешиной Венеры Халитовны, аспиранта кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева на тему: «Разработка технологического процесса электроосаждения равномерных медных покрытий в отверстиях печатных плат».

Работа выполнена на кафедре инновационных материалов и защиты от коррозии Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

Тема диссертационной работы Алешиной Венеры Халитовны и научный руководитель к.х.н., профессор, Григорян Неля Сетраковна, утверждены на заседании Ученого совета Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева от 28 февраля 2023 г. (протокол № 7).

СЛУШАЛИ:

Сообщение Алешиной Венеры Халитовны, изложившей основное содержание своей диссертационной работы.

Алешиной Венере Халитовне были заданы следующие вопросы:

(Кузнецов В.В.) Можете ли Вы с учетом полученных результатов предложить принципы выбора добавок для сернокислых электролитов меднения отверстий печатных плат?

(Ваграмян Т.А.) Какое распределение макро- или микро- реализуется при осаждении медного покрытия в отверстиях печатных плат?

(Аснис Н.А.) Каким методом определяли пластичность медных покрытий?

(Аснис Н.А.) Повлияет ли изменение блеска покрытий на технические характеристики изделия?

(Архипов Е.А.) Расходятся ли ваши добавки в процессе электроосаждения или только с уносом электролита?

(Поляков Н.А.) Изложенный механизм действия добавки типа «выравниватель» отличается от общепринятого классического механизма выравнивающих добавок, почему в работе так назван этот тип добавок?

(Абрашов А.А.) Как вы объясняете наличие пиков на хронопотенцио- и хроноамперограммах?

(Капустин Ю.И.) Могут ли предложенные в работе добавки применяться для декоративного меднения и в гальванопластике?

(Апанович Н.А.) Определен ли ресурс раствора, сопоставим ли с зарубежным аналогом?

(Смирнов К.Н.) Доступны ли ваши добавки на отечественном рынке?

Соискатель ответил на все вопросы в полном объеме.

В обсуждении приняли участие: заведующий кафедрой Ваграмян Т.А., профессор Григорян Н.С., доцент Мазурова Д.В., доцент Абрашов А.А., профессор Капустин Ю.И., доцент Апанович Н.А., профессор Андреев Н.Н., доцент Чуднова Т.А., доцент Василенко О.А., профессор кафедры общей и неорганической химии Кузнецов В.В., доцент кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Поляков Н.А., ведущий научный сотрудник УНЦ химической и электрохимической обработки материалов Аснис Н.А., генеральный директор ООО ПК «НПП СЭМ.М» Архипов Е.А.

ПОСТАНОВИЛИ:

Заслушав и обсудив диссертационную работу Алешиной Венеры Халитовны, принять заключение организации по диссертации Алешиной Венеры Халитовны, на тему «Разработка технологического процесса электроосаждения равномерных медных покрытий в отверстиях печатных плат».

Председатель заседания

Секретарь заседания



Т.А. Ваграмян

Д.В. Мазурова