

Создание никелевых покрытий управляемой толщины методом лазерного осаждения из глубоких эвтектических растворителей

Елтышева Е. А., Битюков Т. К., Степанюк Д. С., Заикина М. А. (ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Синев Д. А. (ИТМО)

Введение. Радионуклидные источники на сегодняшний день находят широкое применение в таких областях как медицина, промышленность и научные исследования. При производстве некоторых видов источников ионизирующего излучения стоит задача нанесения покрытия целевого компонента заданной толщины на мишень для дальнейшего облучения до получения нужного радионуклида [1]. Существует технологическая задача нанесения покрытия изотопа Ni^{58} на медную подложку для дальнейшего получения изотопа Co^{57} , который широко применяется при Мёссбауэровской спектроскопии для определения характера химической связи [2]. Основными требованиями к металлическим покрытиям в приложении источников ионизирующего излучения являются допуски по сплошности покрытия, расходу целевого компонента, а также по толщине покрытия. При создании никелевых покрытий на металлической подложке традиционно применяются методы гальванического осаждения [3-4], которые характеризуются высокими требованиями к точности параметров процесса, высоким расходом целевого компонента, а также низкими скоростями осаждения. Для создания локальных металлических покрытий разработаны альтернативные методики, наиболее перспективной из которых является лазерное осаждение из глубоких эвтектических растворителей [5], так как позволяет значительно повысить эффективные скорости осаждения и упростить технологический процесс за счет малого количества этапов и вариативности сочетаний металл - подложка. В настоящей работе показана возможность осаждения никелевого покрытия методом лазерного осаждения из глубоких эвтектических растворителей, исследована возможность управления толщиной осаждаемого покрытия, а также проведено исследование морфологии покрытий.

Основная часть. В настоящей работе в качестве источника лазерного излучения была использована технологическая установка МиниМаркер 2 на базе волоконного импульсного Yb -лазера ($\lambda = 1070$ нм, средняя мощность до 20 Вт). В качестве подложки использовалась медная пластина толщиной 2 мм. Характеристики полученных покрытий варьировались с помощью управления значениями регулируемых параметров, а также подбора схемы обработки, была показана принципиальная возможность управления толщиной никелевого покрытия, осажденного методом лазерного осаждения из глубоких эвтектических растворителей. Было показано, что при однократном сканировании покрытие формируется с большим количеством дефектов, что может быть связано с недостаточной концентрацией ионов никеля в составе растворителя, а также с недостаточной эффективностью осаждения. Для формирования сплошных никелевых покрытий заданной толщины было предложено увеличение концентрации целевого компонента в составе глубокого эвтектического растворителя, а также использование метода многократных экспонирований с добавлением растворителя, что позволило получить сплошные никелевые покрытия, а также варьировать толщину слоя.

Заключение. В настоящей работе показана возможность создания локальных никелевых покрытий заданной толщины на медной подложке методом лазерного осаждения из глубоких эвтектических растворителей. Полученные покрытия обладают толщиной не менее 5 мкм и адгезией к подложке не менее 2 баллов по ГОСТ 31149–2014. Полученные структуры были исследованы методом контактной профилометрии, оптической и электронной микроскопии (СЭМ), а также методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС). Предлагаемый метод осаждения позволяет существенно ускорить процесс металлизации, а также отказаться от многокомпонентных составов, характерных для гальванического

нанесения никеля, что говорит о перспективности предложенного подхода в области создания радионуклидных источников.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта НИР магистрантов и аспирантов Университета ИТМО. Коллектив авторов благодарит Научный парк СПбГУ, а именно Междисциплинарный ресурсный центр по направлению «Нанотехнологии», ресурсные центры «Рентгенодифракционные методы исследования» и «Оптические и лазерные методы исследования вещества» за помощь в проведении СЭМ и ЭДС. Коллектив авторов благодарит АО «Ритверц» за помощь в постановке ТЗ. Коллектив авторов благодарит И. И. Тумкина и Е. М. Хайруллину за ценные обсуждения.

Список использованных источников:

- 1) Marengo M. et al. State of the Art in Cyclotrons for Radionuclide Production in Biomedicine //Nuclear Science and Engineering. – 2023. – Т. 197. – №. 9. – С. 2259-2269.
- 2) Kamnev A. A. Application of emission (^{57}Co) Mössbauer spectroscopy in bioscience //Journal of molecular structure. – 2005. – Т. 744. – С. 161-167.
- 3) Omar I. M. A., Al-Fakih A. M. Effect of red clover (*Trifolium pratense* L.) aqueous extract as an additive on nickel electrodeposition: Experimental and theoretical study //Arabian Journal of Chemistry. – 2024. – Т. 17. – №. 4. – С. 105680.
- 4) M. Arif , M. Humayun , A. Naveed , M. Sadiq , S. Afridi , F.H. Khan , M. Asif Electrochemical Deposition Of Nickel From Local Nickel Sulphate Solution On Copper Substrate //Journal of Pakistan Institute of Chemical Engineers. – 2022. – Т. 50. – №1. – С. 65-72.
- 5) Levshakova A. S. et al. Highly rapid direct laser fabrication of Ni micropatterns for enzyme-free sensing applications using deep eutectic solvent //Materials Letters. – 2022. – Т. 308. – С. 131085.