

УДК 544.032.65

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ  
НА СТРУКТУРУ ТРЕКОВ, ФОРМИРУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ  
ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОГО ОСАЖДЕНИЯ МЕДИ ИЗ ГЛУБОКИХ  
ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ**

**Романова Е.Д. (ГБОУ СОШ №139), Малюченко М.Д. (ГБОУ СОШ №139)  
Научный руководитель – Авилова Е.А. (Университет ИТМО)**

В настоящей работе представлено исследование зависимости структуры треков, а именно их формы, размеров и расположения частиц меди, определяющего механические, физические и химические свойства металла, от плотности мощности излучения при лазерно-индуцированном осаждении данного металла из глубоких эвтектических растворителей.

**Введение.** Создание проводящих структур на различных диэлектрических материалах представляет большой интерес в различных областях науки. Такие технологии широко применяются в электронике и микроэлектронике для создания проводников и электрических соединений на различных вычислительных устройствах и химических сенсорах. Метод лазерного осаждения металлов из глубоких эвтектических растворителей (DES) перспективен для локального формирования токопроводящих структур на поверхностях различных форм, однако в рамках него не до конца исследованы процессы, влияющие на структуру треков.

В связи с тем, что данный способ высоко актуален и востребован, необходимо в полной мере описать зависимость физико-химических свойств от плотности мощности излучения. Поэтому стоит вопрос о более подробном описании процесса формирования таких структур для дальнейшего контролируемого использования возможностей метода осаждения из DES.

**Основная часть.** В рамках данной работы металлические треки формировались непосредственно на поверхности стекла с помощью метода лазерно-индуцированного осаждения меди из DES. В качестве источника излучения использовалась технологическая установка “Минимаркер 2”, представляющий собой компактный прецизионный маркер на базе волоконного лазера с повышенными скоростными и качественными характеристиками. Существует предположение, что варьирование параметра расфокусировки влияет на проводящие свойства дорожек за счет контроля окислительных процессов и пористости формируемых осадков.

Так как в ранее проведенных исследованиях были определены оптимальные значения частоты, длительности импульсов, скорости и мощности излучения для осаждения токопроводящих структур, варьировался параметр положения точки фокуса относительно оси z, что влияло на распределение плотности мощности, температурные градиенты и происходящие в зоне обработки физико-химические процессы.

**Выводы.** Проведен анализ влияния плотности мощности излучения на структуру треков, формируемых в процессе лазерно-индуцированного осаждения меди из глубоких эвтектических растворителей и выведена зависимость свойств медных дорожек от показателя расфокусировки. Было показано, что уменьшение плотности мощности способствует образованию более однородного осадка, что позволяет добиться более плотного прилегания и уменьшению сопротивления.

**Список использованных источников:**

1. Е.А. Авилова, Хайруллина Е.М., А.Ю. Шишов, Елтышева Е.А., В.М., Синев Д.А., И.И. Тумкин Direct Laser Writing of Copper Micropatterns from Deep Eutectic Solvents Using Pulsed near-IR Radiation // *Nanomaterials (Basel)*. - 2022. - 12(7):1127. doi: 10.3390/nano12071127.
2. ZHIXIANG CAI, XIAOYAN ZENG, JIANGUO LIU. Laser Direct Writing of Conductive Silver Film on Polyimide Surface from Decomposition of Organometallic Ink // *Journal of ELECTRONIC MATERIALS*. - 2011. - Vol. 40, No. 3, DOI: 10.1007/s11664-010-1418-7 2010 TMS
3. J.H.-G. Ng , D.E.G. Watson , J. Sigwarth , A. McCarthy , H. Suyal , D.P. Hand , T.Y. Hin and M.P.Y. Desmulliez. An additive method for photopatterning of metals on flexible substrates
4. А. Шишов, Д. Гордейчук, Л. Логунов и И. Тумкин. High rate laser deposition of conductive copper microstructures from deep eutectic solvents // *ChemComm COMMUNICATION*, - 2019. - DOI: 10.1039/c9cc05184h