

Разработка технологии прямой лазерной металлизации полимерных материалов для устройств гибкой электроники

Афанасьева Е.А.¹, Пилипчук А.В.²

Научный руководитель – к. х. н., ведущий научный сотрудник Логунов Л.С.¹

¹Университет ИТМО

²СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

afliza30012004@gmail.com

Введение

Вместе со стремительным развитием устройств в области гибкой электроники растет необходимость развития металлизации гибких материалов, таких как полимеры. В настоящее время на этапе прототипирования нового устройства требуется создание печатных плат и электронных компонентов с уникальным дизайном и в единичных экземплярах. Для этого используются такие методы, как фотолитография и вакуумное напыление. Каждый из этих методов требует создания шаблона и многостадийного процесса, что приводит к потерям времени и ведет к дополнительным тратам. В связи с этим существует потребность в быстрых, дешёвых и бесшаблонных методах прототипирования электроники. Примеры развивающихся технологий: прямое лазерное структурирование (LDS) и селективная лазерная активация поверхности (SSAIL) [1, 2]. Данные методы вышли на рынке в последнее десятилетие, но, несмотря на это, имеют свои недостатки. Среди них: необходимость использования дорогостоящих солей драгоценных металлов, а также ограничения в применении технологии для большинства полимеров. Проект нацелен на развитие конкурирующей технологии – прямой лазерной металлизации из глубоких эвтектических растворов.

Прямая лазерная металлизация – это новая аддитивная лазерная технология, позволяющая металлизировать целый спектр материалов с помощью химической реакции инициированной лазерным излучением в пленках глубоких эвтектических растворов [3]. На сегодняшний день у данной технологии существует ряд задач по металлизации полимерных материалов, таких как достижение высокой адгезии и металлизация низкотемпературных полимерных подложек. Целью работы является оптимизация технологического процесса лазерной обработки и состава прекурсора для улучшения адгезионных свойств в системе металл-полимер.

Основная часть

В качестве полимера был выбран полиимид, как наиболее распространенный в области гибкой электроники материал. В качестве металла была выбрана медь благодаря своей высокой электропроводности, пластичности и низкой стоимости. В начале был оптимизирован технологический процесс лазерной обработки, т. е. подобраны мощность лазерного излучения и скорость сканирования. Баланс этих двух характеристик в первую очередь влияет на электрические свойства и топологию получаемых медных структур. Оптимизированный технологический режим позволяет получать металлические структуры, которые выдерживают пайку, но для увеличения адгезии далее был оптимизирован химический состав ГЭР.

На этапе оптимизации состава прекурсора было применено несколько подходов. В первом подходе в исходный раствор была добавлена сахароза из-за своей способности образовывать прочные водородные связи при растворении в воде. Во втором подходе был добавлен раствор поливинилпирролидона. Он также способен образовывать стабильные водородные связи и может быть использован в качестве дополнительного адгезионного слоя [4]. Добавка сахарозы не привела к значительному эффекту по

увеличении адгезии. Добавка поливинилпирролидона в концентрации 5% по массе позволила достичь увеличение адгезии с 0.1 МПа до 0.2 МПа.

Предварительная активация поверхности полимера также может улучшить адгезионные свойства [5]. Поэтому был оптимизирован протокол активации поверхности полиимида перед нанесением прекурсора 10% раствором NaOH. Такая обработка позволила достичь увеличение адгезионных характеристик до 0.4 МПа.

Выводы

В результате работ удалось увеличить адгезию в 4 раза и достичь значений в 0.4 МПа при химической активации поверхности. Полученный эффект требует дальнейшего улучшения, чтобы достичь требуемых показателей адгезии по ГОСТ при создании устройств для гибкой электроники. Дальнейшая работа будет направлена на модификацию поверхности полимерной подложки, либо путем внедрения дополнительных адгезионных слоев, либо управлением шероховатостью подложки для достижения требуемых результатов по адгезии меди к полимеру. При достижении требуемых эксплуатационных характеристик планируется продемонстрировать применимость технологии для устройств гибкой электроники на примере ёмкостного датчика давления.

Литература

1. Xiao, C. Scalable Strategy to Directly Prepare 2D and 3D Liquid Metal Circuits Based on Laser-Induced Selective Metallization [Electronic resource] / C. Xiao, J. Feng, H. Xu, R. Xu, T. Zhou // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2022. – Vol. 14, № 17. – P. 20000–20013. – DOI: 10.1021/acsami.2c01201. – URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.2c01201>
2. Khairullina, E. M. High rate fabrication of copper and copper–gold electrodes by laser-induced selective electroless plating for enzyme-free glucose sensing [Electronic resource] / E. M. Khairullina, M. S. Panov, V. S. Andriianov, K. Ratautas, I. I. Tumkin, G. Račiukaitis // RSC Advances. – 2021. – Vol. 11, № 32. – P. 19521–19530. – DOI: 10.1039/D1RA01565F. – URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2021/ra/d1ra01565f>
3. Shestakov, D. Picosecond laser writing of highly conductive copper micro-contacts from deep eutectic solvents [Electronic resource] / D. Shestakov, E. Khairullina, A. Shishov, S. Khubezhov, S. Makarov, I. Tumkin, L. Logunov // Optics & Laser Technology. – 2023. – Vol. 167. – Art. 109777. – DOI: 10.1016/j.optlastec.2023.109777. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030399223006709>
4. Taher, A. A. Experimental study of improvement shear strength and moisture effect PVP adhesive joints by addition PVA [Electronic resource] / A. A. Taher, A. M. Takhakh, S. M. Thahab // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 454, № 1. – Art. 012011. – DOI: 10.1088/1757-899X/454/1/012011. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/454/1/012011>
5. Gleissner, C. Surface Activation of High Performance Polymer Fibers: A Review [Electronic resource] / C. Gleissner, R. Landsiedel // Polymer Reviews. – 2022. – Vol. 62, № 4. – P. 757–788. – DOI: 10.1080/15583724.2022.2025601. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/15583724.2022.2025601>