

УДК 544.032.65

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛАЗЕРНЫХ МЕТОДОВ  
ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ НА ГИБКОЙ  
ПОДЛОЖКЕ**

**Битюков Т.К. (ИТМО), Степанюк Д.С. (ИТМО)**

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Синева Д.А.  
(ИТМО)**

**Введение.**

В настоящее время в области гибкой гибридной электроники наблюдается активное развитие и широкое применение в различных сферах мониторинга, таких как, медицина, промышленность, сельское хозяйство, экология, состояние конструкций [1]. Одним из основных компонентов датчиков гибкой гибридной электроники являются конденсаторы, а для уменьшения их веса применяются тонко- и толстопленочные конденсаторы в альтернативу традиционным. Однако, существующие методы создания схем гибкой гибридной электроники: струйная печать, трафаретная печать, ротогравюрная печать [2], применяются только для многопартийного производства с малым спектром применяемых материалов, а их развитие выходит на плато. Поэтому существует проблема по изготовлению единичных образцов сложной структуры в области гибкой гибридной электроники. Применение комбинирования лазерных методов позволяет создавать схемы гибкой гибридной электроники сложной структуры, удовлетворяющие различным задачам применения, но требует активного исследования и поиска подходящих технологических режимов.

**Основная часть.**

Настоящий доклад посвящен изучению особенностей лазерно-индуцированного переноса материала и лазерного восстановления меди из глубоких эвтектических растворителей для изготовления пленочных конденсаторов. При реализации обратного лазерно-индуцированного переноса поглощение металлической подложкой лазерного излучения способствует возникновению плазменного факела, воздействие которого приводит к локальному переносу частиц металла на тыльную сторону стеклянной подложки в месте воздействия лазерного излучения. При прямом лазерно-индуцированном переносе стеклянная подложка с пленкой оксида металла выступает в качестве донорной подложки и при поглощении лазерного излучения возникает плазменный факел, погашение которого приводит к переносу оксида металла на поверхность полиимида. При поглощении лазерного излучения глубоким эвтектическим растворителем происходит химическая реакция при нагреве, в ходе которой высвобождается медь, осаждаемая на поверхность диэлектрической подложки. В качестве источника лазерного излучения использовался 20 Вт импульсный волоконный лазер с длиной волны 1064 нм, а в качестве поглощающей мишени для лазерно-индуцированного переноса использовались пластины титана. В настоящем исследовании варьировались следующие параметры: плотность мощности лазерного излучения, пространственное разрешение, число сканирований, величина зазора между донорной и акцепторной подложками. Варьирование этих параметров приводит к изменению следующих факторов: производительность, количество импульсов и температурные параметры факела, однородность структуры по толщине.

Измерение толщины и поверхностной структуры изготовленных конденсаторов проводилось при помощи контактного профилометра Hommel Tester T8000 с разрешающей способностью  $\pm 0.01$  мкм. Измерение емкости изготовленных конденсаторов производилось методами циклической вольтамперометрии и гальваностатическим заряд-разрядом. По результатам исследований установлено

соответствие экспериментальных значений емкости теоретически рассчитанным.

### **Выводы.**

Проведенные исследования позволили изучить особенности лазерных методов влияющих на морфологические и электрические характеристики толсто пленочных конденсаторов на гибкой диэлектрической подложке, а также получить карту режимов по изготовлению толсто пленочных конденсаторов различной емкости.

Коллектив авторов благодарит факультет Систем управления и робототехники Университета ИТМО за помощь при работе с контактным профилометром Hommel Tester T8000.

Финансирование исследования выполнено за счет НИРСИИ Университета ИТМО (проект №640114 Метод синтеза параметров обработки материалов на основе строгих (математических) и нестрогих (машинных) предсказаний).

### **Список использованных источников:**

- 1) Khan Y. et. al. A new frontier of printed electronics: flexible hybrid electronics // Adv. Mater. 2019, 1905279.
- 2) Lim H. et. al. Advanced soft materials, sensor integrations, and applications of wearable flexible hybrid electronics in healthcare, energy, and environment // Adv. Mater. 2019, 1901924.

Научный руководитель

Автор