

## Отзыв

на автореферат диссертации Бардиной Ольги Игоревны  
«Модификация медной поверхности с целью увеличения адгезии внутренних слоёв и функциональных покрытий печатных плат», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям

2.6.17 Материаловедение и 2.6.9 Технология электрохимических процессов  
и защита от коррозии

За последнее десятилетие существенно возросла доля СВЧ-печатных плат, предназначенных для работы в диапазонах высоких и сверхвысоких частот. Традиционная технология формирования шероховатого адгезионного слоя на токопроводящем рисунке (ТПР) внутренних слоев оказывается малоприменимой для СВЧ-плат из-за проявления «скин-эффекта». С увеличением рабочей частоты толщина скин-слоя уменьшается, в результате чего ток распределяется преимущественно по микрошероховатому рельефу поверхности. Это приводит к удлинению траектории тока, увеличению времени прохождения сигнала и частичной потере его мощности. Таким образом, для снижения сопротивления и уменьшения потерь требуется уменьшение шероховатости медной поверхности внутренних слоёв при сохранении достаточной прочности её сцепления с препрегом.

В настоящее время для модификации медной поверхности с целью повышения адгезии внутренних слоёв МПП, а также улучшения сцепления фотополимерных покрытий (фоторезиста и паяльной маски), отечественные предприятия вынуждены применять зарубежные технологические решения. Отсутствие российских технологий, удовлетворяющих современным требованиям к функциональным характеристикам формируемого слоя (адгезии, коррозионной стойкости, а для СВЧ-плат – минимальной шероховатости), а также к технологичности рабочих растворов (ресурс, стабильность и др.), существенно ограничивает технологическую независимость отрасли.

Учитывая изложенное, разработка отечественных технологических процессов модификации медной поверхности, направленных на повышение адгезии к неметаллическим слоям и покрытиям при контролируемой шероховатости, является актуальной научно-технической задачей, решению которой посвящена настоящая диссертационная работа.

Соискатель степени кандидата технических наук подкрепил достоверность научных результатов, гипотез и выводов использованием современных методов и апробированных методик для получения и обработки массива экспериментальных данных.

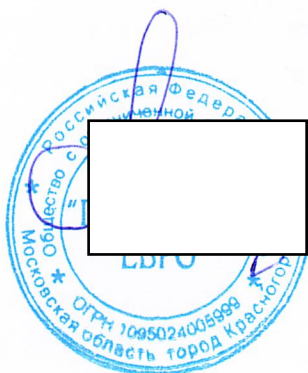
Основные результаты работы были опубликованы в трех статьях, индексируемых системами научного цитирования Scopus, Web of Science и РИНЦ, а также широко представлены на конференциях различного уровня. Материал автореферата изложен доступным языком. Цели и выводы по работе сформулированы четко, соответствуют содержанию и полученным результатам.

В качестве замечания следует отметить, что не описан процесс выбора

концентрации персульфата калия в растворе органосилана в процессе модифицирования поверхности внутренних слоев СВЧ МПП.

В целом автором проведена большая исследовательская работа по разработке композиций для модификации медной поверхности с целью увеличения адгезии внутренних слоёв и функциональных покрытий печатных плат. На основании изложенного считаю, что работа Бардиной Ольги Игоревны на тему «Модификация медной поверхности с целью увеличения адгезии внутренних слоёв и функциональных покрытий печатных плат» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., а ее автор, Бардина Ольга Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9 Технология электро-химических процессов и защита от коррозии.

Начальник отдела инноваций  
и новых технологий



Клюев Максим Евгеньевич

1 декабря 2025 г.

143405, Московская область,  
г. Красногорск, ул. Ильинское шоссе, 1А, m [redacted] k.ru