

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шаргаева Евгения Олеговича  
«Соединение термоэлектрических элементов припоями на основе цинка»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.5.8 – «Сварка, родственные процессы и технологии»

В настоящее время актуальной является задача увеличения рабочих температур термоэлектрических преобразователей, нашедших широкое применение в микропроцессорной электронике, радиоэлектронике, электроэнергетике и холодильной технике, а также повышения надежности их работы. Дальнейшее расширение областей применения термоэлектрических преобразователей связано с увеличением термоэлектрической эффективности полупроводниковых материалов.

Повышение рабочих температур связано с температурой пайки элементов. В настоящее время термоэлектрические элементы паяются припоями на основе олова. Результаты данного исследования позволяют осуществить пайку элементов термоэлектрического модуля цинковым припоем – Zn – 4 % Al и повысить температуру работы этого элементов.

### **Научная новизна:**

1. Впервые установлено, что адгезионное взаимодействие цинковых припоев с поверхностью алюминиевых сплавов при нанесении трением, происходит при температуре подложки, превышающей температуру ликвидуса припоя более чем на 20 – 30 °С.
2. Впервые обнаружено на алюминиевых сплавах кроме Д16 растекание цинкового припоя под оксидной плёнкой в виде тонкого слоя, за пределы нанесенного трением объема припоя, с образованием «ореола». При этом на подложке из сплава АД31 обнаружено повышение концентрации магния и кремния на фронте растекающейся жидкости.
3. Установлено, что формирование «ореола» растекания цинкового припоя на алюминиевых сплавах происходит только при предварительной абразивной обработке и наличии шероховатой поверхности Ra не менее 1 мкм. Это связано с образованием микрокапилляров, облегчающих транспортировку расплава припоя.
4. Сформулированы закономерности бесфлюсовой пайки алюминия цинковыми припоями, которые заключаются в предварительном нанесение шероховатости на поверхность паяемых поверхностей не менее 1 мкм, создании локальной деформации поверхности алюминия за счет приложения давления не менее 1,67 МПа или вибрации, а

также, применении защитной газовой среды после предварительного вакуумирования до 1,3 Па.

Автор даёт чёткое представление о диссертации и в полной мере отражает её содержание. Тем не менее, могут быть сделаны следующие **замечания**:

1. При исследовании поверхностного растекания цинкового припоя по алюминию желательнее показать поперечное сечение растекшегося припоя для того, чтобы доказать, что «ореол» растекается под оксидной плёнкой алюминия.

2. В четвертой главе недостаточно подробно раскрыта методика создания локальной деформации оксидной пленки в условиях печной бесфлюсовой пайки.

3. Недостаточно раскрыта суть применения давления в процессе пайки. Желательно рассмотреть это более подробнее.

4. В автореферате присутствуют несущественные опечатки.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Шаргаева Е.О.

#### **Заключение.**

Диссертационное исследование Шаргаева Евгения Олеговича «Соединение термоэлектрических элементов припоями на основе цинка» является завершённой научно-квалифицированной работой, которая по критериям актуальности, научной новизны, обоснованности и достоверности выводов соответствует требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». Диссертант, Шаргаев Евгений Олегович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии.

К.т.н., доцент НИЯУ МИФИ

Сучков А.Н.

Подпись к.т.н. Сучкова А.Н. удостоверяю

ЗАМ. ДИРЕКТОРА ПО  
ПЕРСОНАЛУ НИЯУ МИФИ  
Л. В. ВАСИЛЬЧЕНКО



«09» ноября 2021 г.

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Адрес: 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 31.

Телефон: +7 (495) 788-56-99. Email: [ansuchkov@mephi.ru](mailto:ansuchkov@mephi.ru)