

**НИР «РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ
РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СТЕПЕНИ
ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОЖАРЕ НА
ТОКОВЕДУЩИЕ ИЗДЕЛИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ»**

**П.24 ПЛАНА НАУЧНОЙ РАБОТЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ**

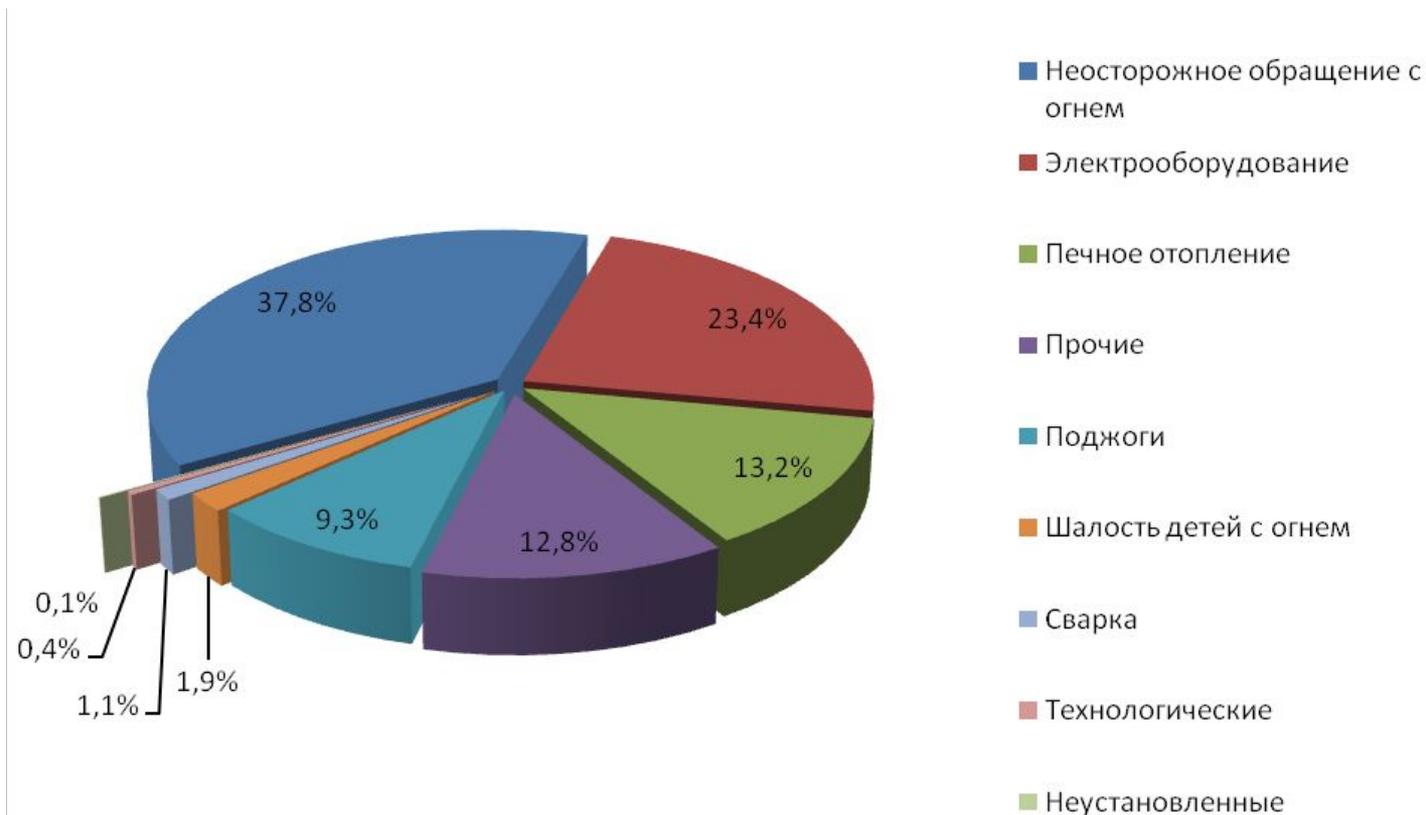
СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ» НА 2021 ГОД

Сроки: январь – декабрь 2021 г.

Заказчик: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Исполнитель: ИЦЭП НИИПИиИТвОБЖ

Актуальность работы обосновывается тем, что в России пожары, произошедшие по причине аварийных режимов в электросетях и электрооборудовании ежегодно составляют 20 – 30 % от общего числа пожаров, возникших на территории Российской Федерации.



Распределение пожаров по причинам их возникновения

Объем выполненной работы

- Выполнено экспериментальное моделирование нагрева токоведущих изделий (медных, алюминиевых и омедненных алюминиевых проводников) в окислительно-восстановительной среде, характерной для пожара
- Проведены лабораторные исследования методами металлографии, сканирующей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа
- Выявлены признаки температурного воздействия на медные, алюминиевые и омедненные алюминиевые проводниках. В настоящее время выполняется систематизация полученных данных.
- Подготовлен отчет по НИР
- Подготовлены методические рекомендации по определению степени термического воздействия при пожаре на токоведущие изделия при производстве пожарно-технической экспертизы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОЖАРЕ НА ТОКОВЕДУЩИЕ ИЗДЕЛИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЖАРНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

1. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ

ОБОРУДОВАНИЕ

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА
ТОКОВЕДУЩИЕ ИЗДЕЛИЯ

2.1 Медные проводники

2.1.1 Визуальное исследование

2.1.2 Рентгенофазовый анализ

2.1.3 Сканирующая электронная микроскопия

2.1.4 Металлографический анализ

2.2 Алюминиевые проводники

2.2.1 Визуальное исследование

2.2.2 Сканирующая электронная микроскопия

2.2.3 Металлографический анализ

2.3 Омедненные алюминиевые проводники

2.3.1 Визуальное исследование

2.3.2 Рентгенофазовый анализ

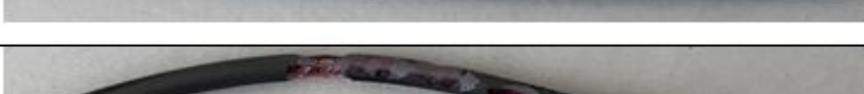
2.3.3. Сканирующая электронная микроскопия

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

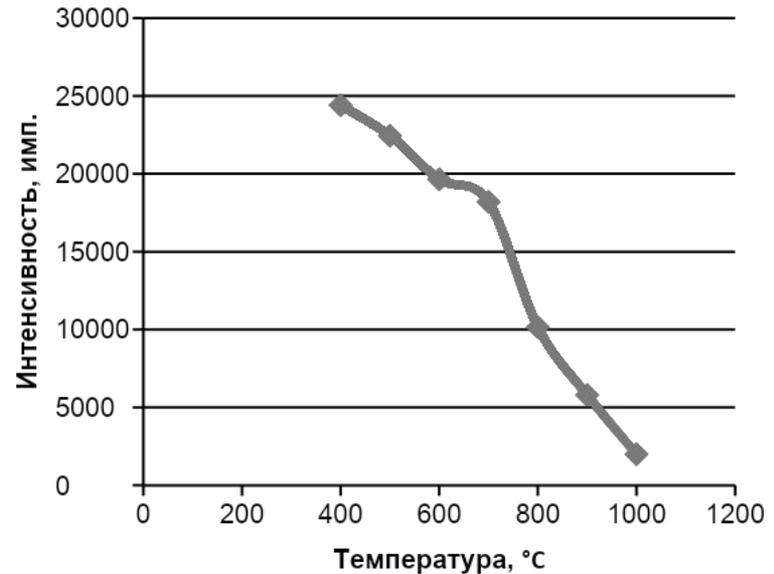
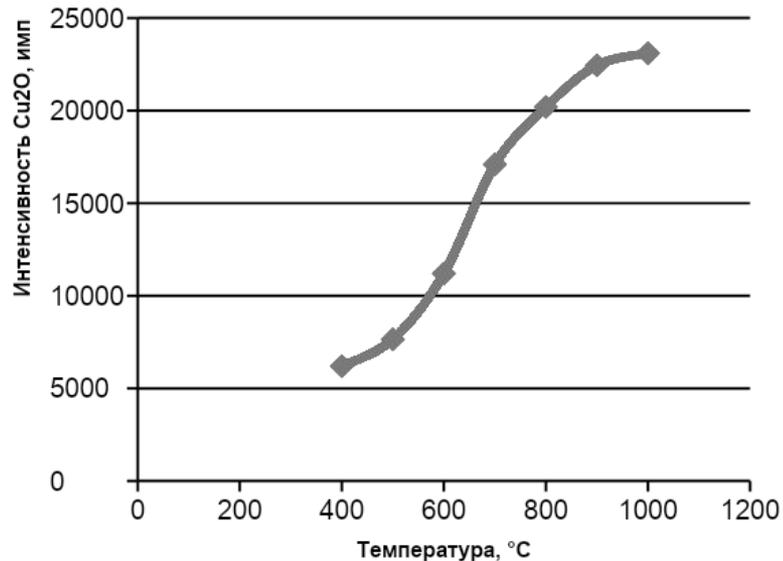
Медные проводники

Визуальное исследование

Термическое воздействие на металл приводит к его окислению, изменяет микроструктуру, а также может привести к плавлению.

Внешний вид	Температура отжига и ее характерные признаки
	400 °C
	500 °C
	600 °C
	700 °C
	800 °C
	900 °C
	1000 °C

Рентгенофазовый анализ

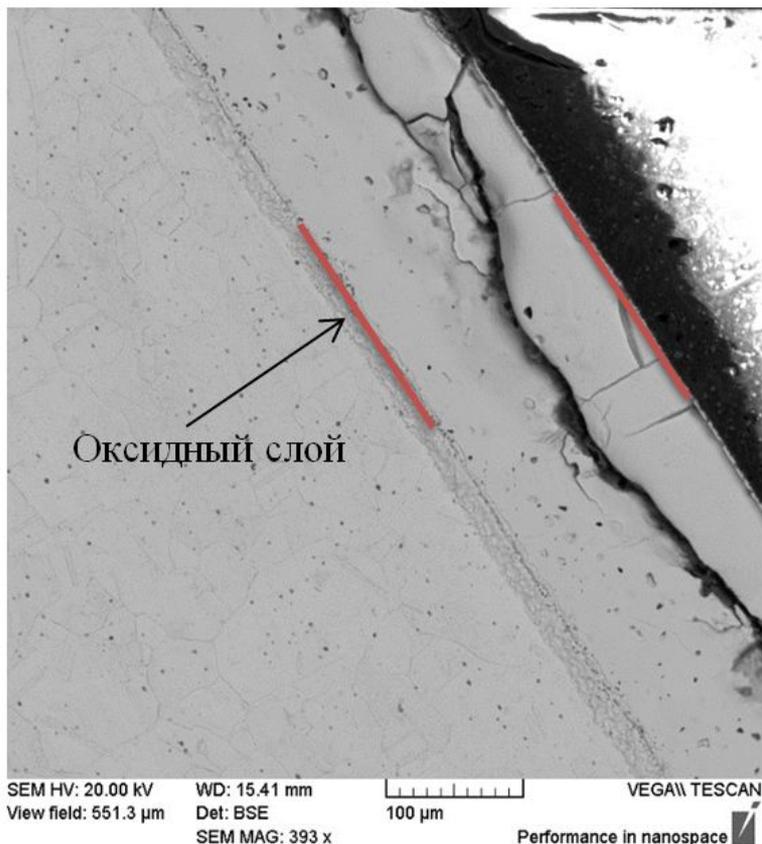


Графики изменения интегральной интенсивности оксида меди (II) и меди от температуры.

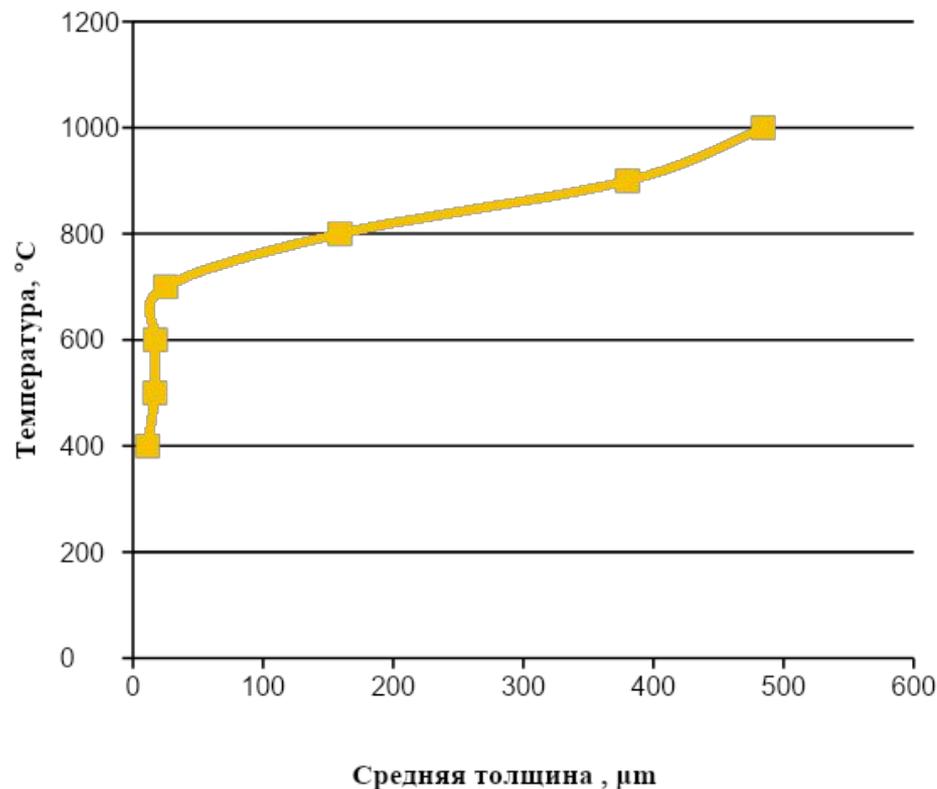
Определить степень термического воздействия на медные проводники методом рентгенофазового анализа можно по интегральной интенсивности пика оксида меди.

Сканирующая электронная микроскопия

При исследовании медных проводников методом СЭМ на снимках четко прослеживается граница между непосредственно медной жилой и оксидным слоем.



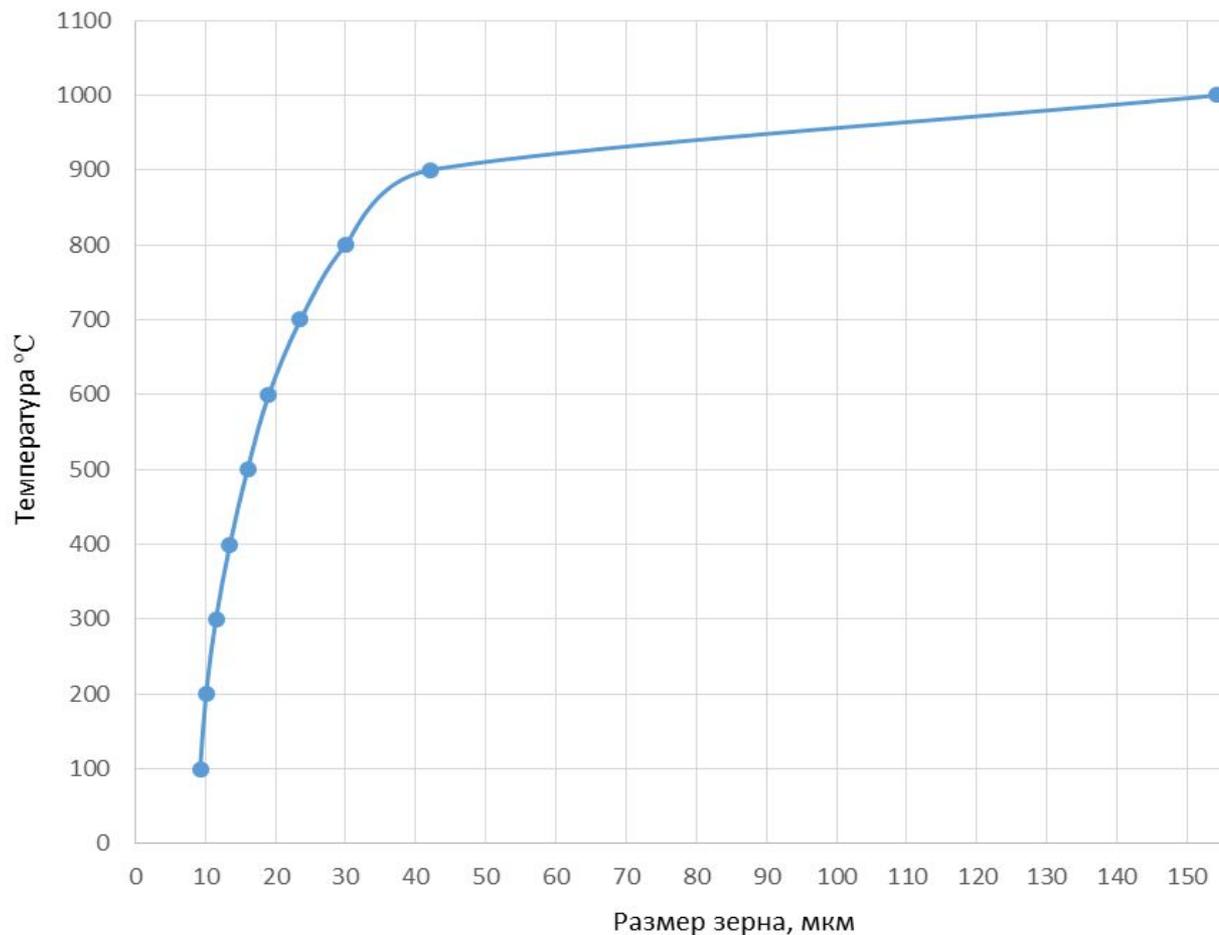
800 °C



По толщине оксидного слоя можно судить о степени термического воздействия на медные проводники.

Металлографический анализ

По мере увеличения термического воздействия растет размер зерен меди



Оценить степень термического воздействия на медные и провода можно по размеру зерна

Алюминиевые проводники

Визуальное исследование

Алюминий относится к числу легкоплавких металлов. При нагреве алюминиевых проводников до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит незначительное изменение по цвету (оксид алюминия образуется в очень малом количестве).



$300\text{ }^{\circ}\text{C}$

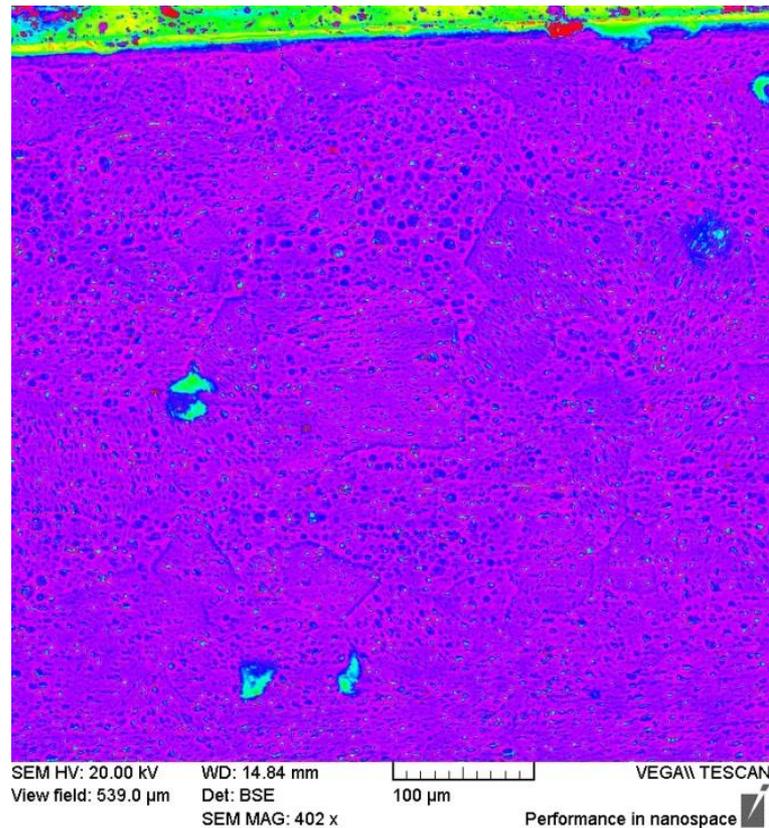
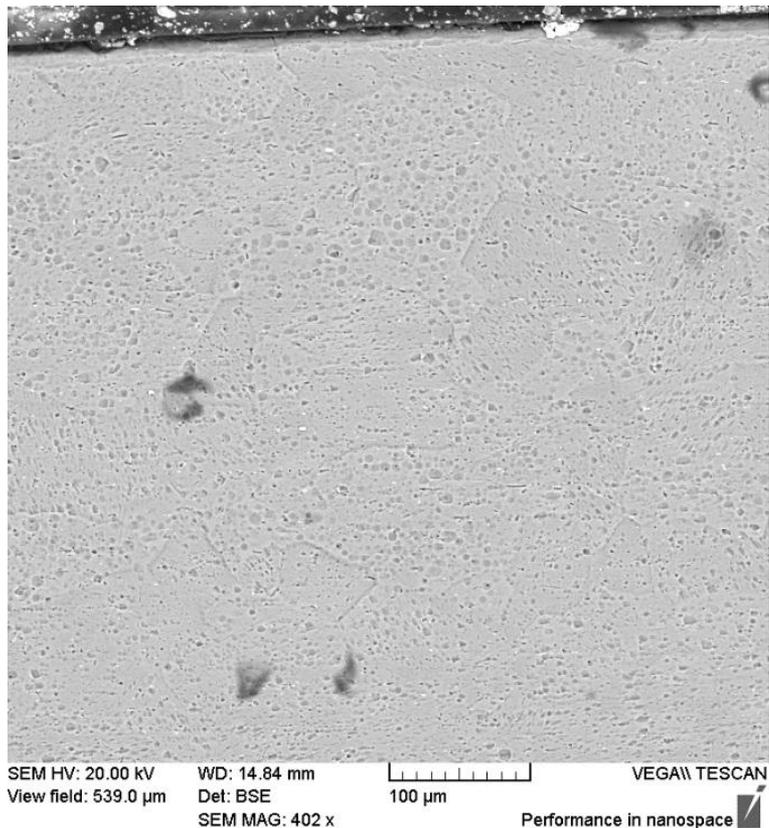


$600\text{ }^{\circ}\text{C}$

Начиная с $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ цвет проводника меняется с блестяще - металлического до матового серого цвета, усилившегося при увеличении температуры до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$

Сканирующая электронная микроскопия

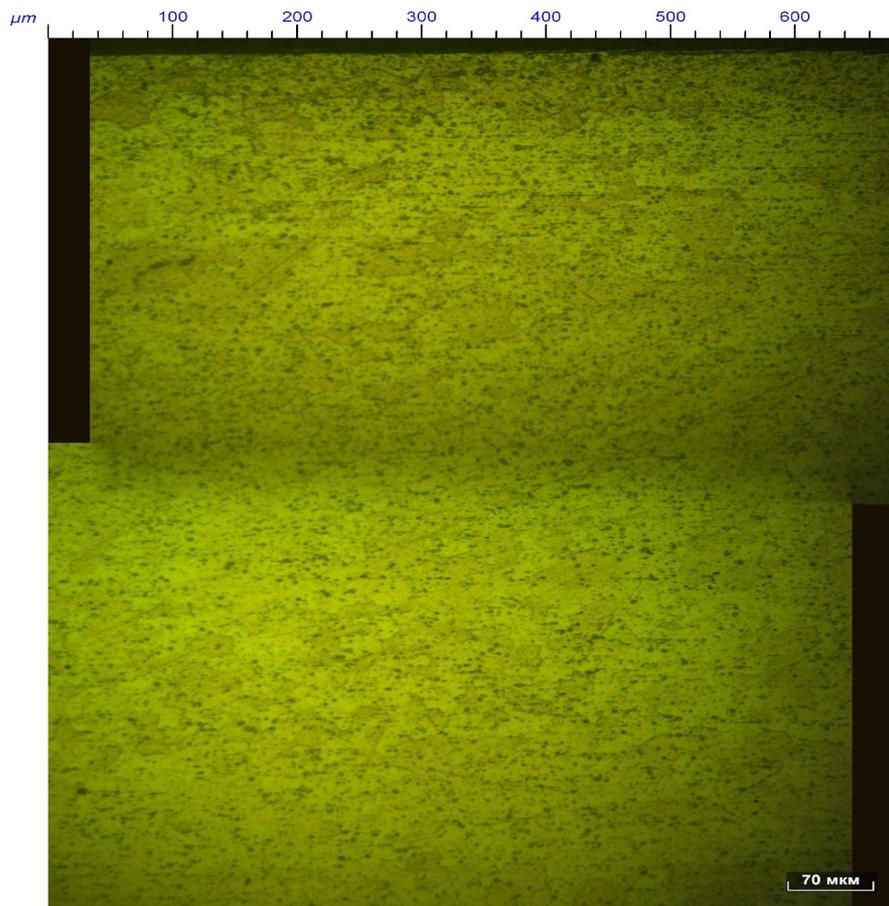
Морфологический анализ алюминиевых проводников методом СЭМ показывает увеличение размера зерна с увеличением температуры



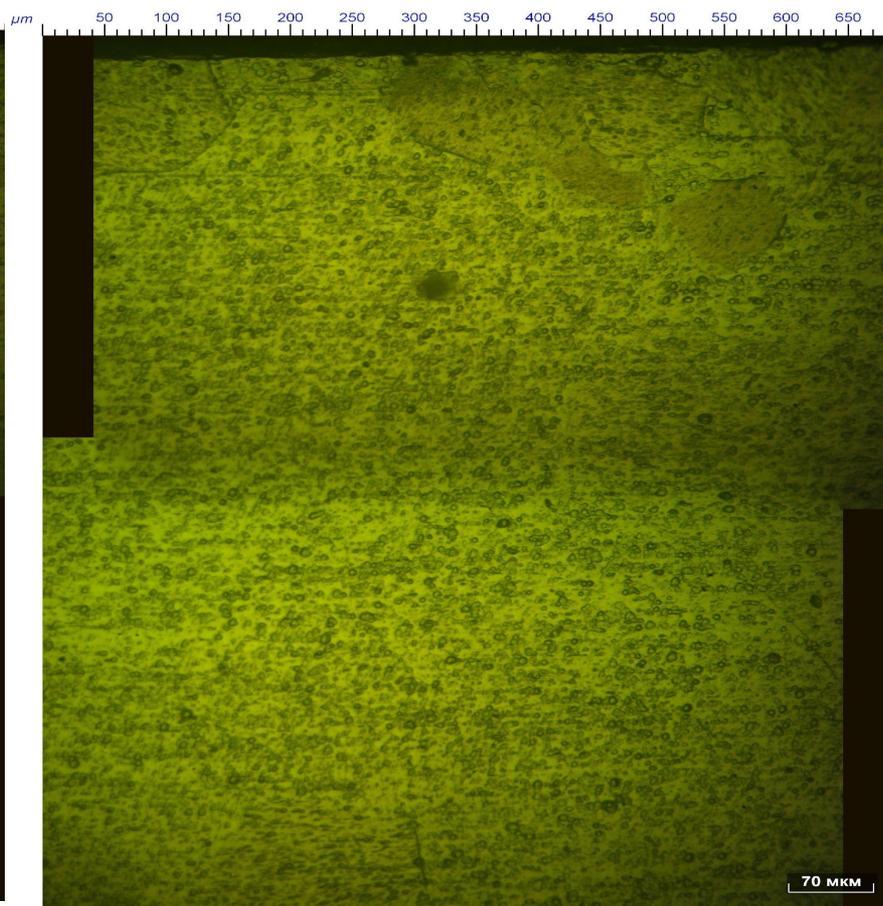
В результате применения функции цветовая карта (Colormap) можно более четко определить границы зерен

Металлографический анализ

Микроструктура алюминиевого проводника до 400 °С не видоизменяется. При дальнейшем увеличении температуры начинают проявляться границы зерен. Увеличение температуры до 600 °С приводит к укрупнению зерна.



400 °С



600 °С

Омедненные алюминиевые проводники

Визуальное исследование

Оцениваются последствия температурного воздействия на проводник путем исследования состояния и цвета проводника.

100 °C проводник имеет цвет, характерный для меди.

200 - 300 °C исчезает металлический блеск

400-500 °C появляется налет черного цвета.

600 °C проводник начинает расплавляться и фрагментироваться.



100 °C



200 °C



300 °C



400 °C



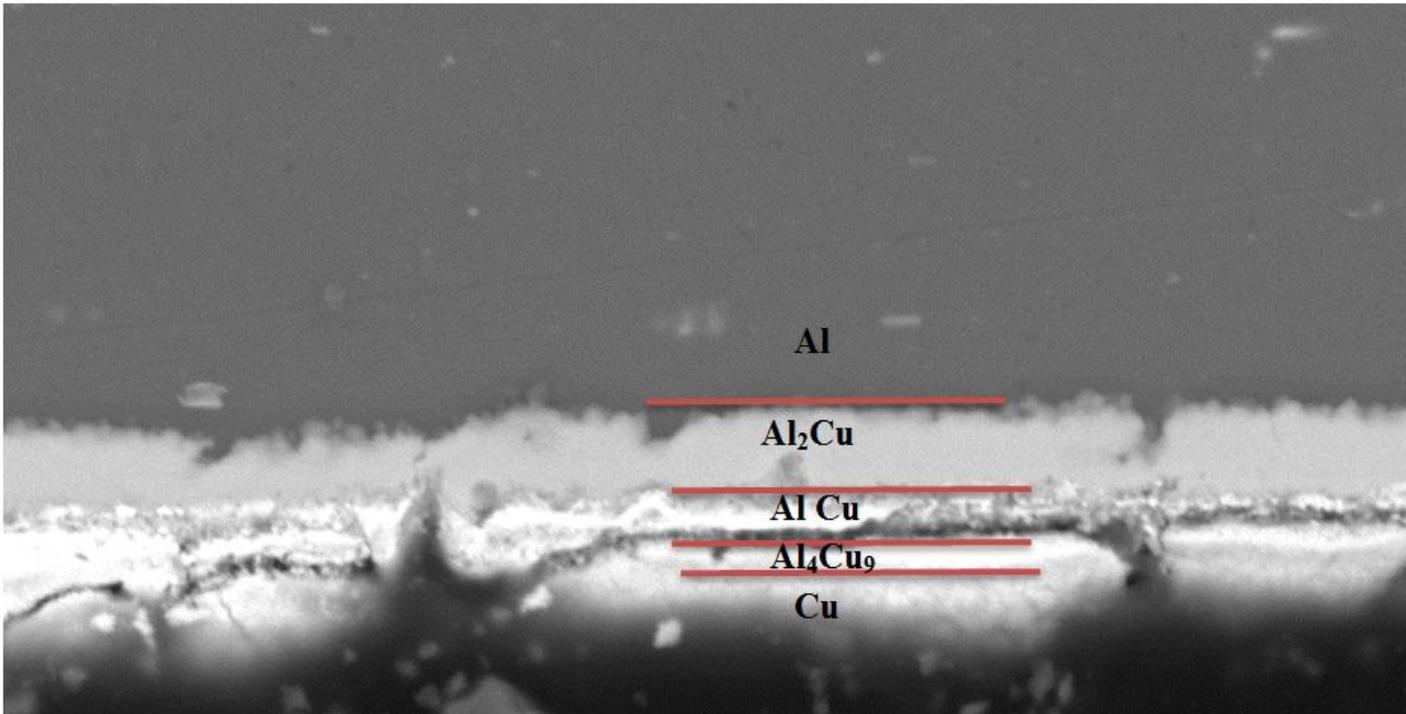
500 °C



600 °C

Сканирующая электронная микроскопия

На изображениях, полученных с помощью BSE-детектора фазы Cu и Al, благодаря различному атомному номеру, дифференцируются, где медь выглядит светлее, а алюминий темнее



SEM HV: 20.00 kV
View field: 72.24 μm

WD: 19.83 mm
Det: BSE
SEM MAG: 4.00 kx

20 μm

VEGA\\ TESCAN

Performance in nanospace



Толщина диффузионного слоя из интерметаллических соединений имеет слабую зависимость от времени отжига от 15 до 45 минут до 500 °С. Резкое увеличение и зависимость от времени проявляется при 600 °С.

