

# SOLARIS

Stresstolerante und selbstheilende Lotwerkstoffe für die Elektronik

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Produktion der Zukunft, Produktion der Zukunft, 24. AS PdZ nationale Projekte 2017	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.03.2018	<b>Projektende</b>	31.12.2021
<b>Zeitraum</b>	2018 - 2021	<b>Projektlaufzeit</b>	46 Monate
<b>Keywords</b>	Werkstoff Self-Healing Aufbau- und Verbindungstechnik Thermodynamische Simulation		

## Projektbeschreibung

Ziel des Projektes: Ziel des Projektes ist die Erforschung neuartiger Werkstoff- und Verbindungskonzepte für selbstheilende Lotverbindungen für Hochleistungs-LEDs und andere Leistungshalbleiter für die Automobilindustrie.

Stand der Technik und Herausforderungen: Der de-facto Standard in der Automobilindustrie für die Verbindung zwischen Bauteil und Leiterplatte ist Weichlöten mit Zinn-Silber-Kupfer (SAC) Loten. Im Bereich der Leistungshalbleiter steigen aber sowohl Leistungsdichte und typische Einsatztemperatur als auch die geforderte Lebensdauer. Während in der derzeit von der deutschen Automobilindustrie hauptsächlich angewandten Norm LV124 noch 300 Temperaturschockzyklen im Temperaturbereich von -40°C bis +100°C gefordert werden, sind es in der neuen Norm GMW3172 bereits 1000 Zyklen im Temperaturbereich von -40°C bis +140°C. Ein ähnlicher Trend zeigt sich bei der Lötstellentemperatur: SAC-Lote können nur bis zu einer maximalen Betriebstemperatur von 100°C oder knapp darüber eingesetzt werden, aktuelle high-power LEDs oder Leistungstransistoren könnten aber bis zu 140°C an den Kontaktstellen vertragen. Die thermo-mechanisch hoch belasteten Weichlötwerkstoffe kommen hier an ihre Grenzen. Kriechvorgänge, Porenbildung und in weiterer Folge Rissbildung führen schlussendlich zum Versagen der Baugruppe. Derzeit werden aus diesem Grund teure oder schwierig zu verarbeitende Leiterplattensubstrate und exotische Package-Materialien eingesetzt. Aus Sicht eines ressourcen- und kostenoptimierten Produkts wäre jedoch eine leistungsfähigere Verbindungstechnik erstrebenswert.

Methodischer Ansatz: Der Lösungsansatz des Projektes SOLARIS konzentriert sich auf zwei Themenschwerpunkte, (1) auf ein radikal neues Materialkonzept, und (2) auf darauf abgestimmte Verbindungskonzepte.

Die Grundidee des neuen Materialkonzeptes ist die Entwicklung eines neuartigen Lotwerk-stoffs mit Selbstheileffekt. Das soll dadurch erreicht werden, dass das Lot bei Einsatztemperatur wiederholt teilweise aufschmilzt. Dadurch werden einerseits mechanische Spannungen abgebaut und andererseits beginnende Risse in der Lötverbindung bei jedem Aufschmelzvorgang wieder ausgeheilt (Self-Healing Effekt). Damit dieser Effekt wiederholt auftritt ist es notwendig, Lotwerkstoffe mit einem geeigneten Aufschmelzverhalten zu erforschen, gleichzeitig muss einer Oxidation entgegengewirkt werden. In diesem Bereich wird stark auf einen kombinierten Ansatz von Experimenten und thermodynamischer Modellierung potentieller Lotsysteme gesetzt.

Zur Beherrschung der hohen thermischen und thermomechanischen Belastungen der Verbindungen sollen neue Verbindungskonzepte mit verbesserter „Entwärmung“ und verringerter thermomechanischer Belastung entwickelt werden.

Die Aktivitäten in diesem Bereich konzentrieren sich auf Finite Elemente (FE) Modelle, mit besonderem Fokus auf der Modellierung des Material- und Schädigungsverhaltens von teilweise aufschmelzenden Loten. Dazu soll das Verhalten dieser Lote experimentell geprüft, entsprechende Materialmodelle abgeleitet und diese dann in FE Modelle implementiert werden. In der Projektabschlussphase liegt der Fokus auf der Zusammenführung der Material- und der Verbindungs- bzw. Baugruppenmodelle zu einer integrierten computerunterstützte Simulationsmethodik, entsprechend dem Konzept des Integrated Computational Material Engineering (ICME).

Erwartete Ergebnisse: Als wichtigste Ergebnisse des Projektes SOLARIS werden erwartet:

- Konzept für einen neuen Lotwerkstoff mit Self-Healing Eigenschaften um die künftigen Anforderungen an Leistungsbaugruppen erfüllen zu können.
- Validierte integrierte computerunterstützte Simulationsmethodik für die material-integrierte Simulation von Verbindungsgruppen mit teilweise aufschmelzenden Lotsystemen.

## **Abstract**

**Goal of Project:** The main goal of the project is the exploration of a novel concept for solder joints in electronic circuitry, including the development of self-healing materials (solders) and optimized joint design for high-power components in automotive applications.

**Current State of Technology and Challenges:** The de-facto standard in automotive industry for the connection of component and board is (soft-) soldering using Tin-Silver-Copper (SAC) alloys. In the area of high-power semiconductors a simultaneous increase in power density, operating temperature and required service life can be seen. While the currently widely accepted automotive validation protocol LV124 calls for 300 temperature shock cycles from -40°C to +100°C the new norm GMW3172 requires 1000 cycles spanning -40°C to +140°C. Typical operating temperatures for solder joints exhibit a similar trend: SAC solder can only be used reliably up to about 100°C joint temperature while the newest generation of high-power LEDs or power semiconductor can operate up to 140°C package temperature and beyond. The solder alloys are stressed to their limits regarding thermo-mechanical fatigue: Creep, voiding and finally cracking ultimately lead to failure of the whole module. Currently the accepted fix is to design in expensive or difficult-to-process materials and exotic component packaging technologies. Still, a resource- and cost-optimized product would just need a capable technology for (solder-) joints.

**Systematic Approach:** The project SOLARIS focuses on two aspects: (1) a fundamentally new material concept and (2) an optimized joint design.

On the material side we plan to develop a novel solder alloy with self-healing properties. At operating temperature the solder shall partially melt which is achieved by using an alloy composition far from the eutectic point. This would mitigate mechanical stress and emerging cracks could be refilled with the molten component. In order to keep this self-healing effect over product lifetime key features of the material system like sensitivity against oxidation, solubility of other metals and changes in microstructure have to be understood and tuned. A combined approach using thermodynamic modelling and experiments will be used here.

In order to cope with the high power density and related thermo-mechanical stress the whole joint shall be optimized for heat flow and mechanical endurance. Finite Element Models (FEM) will be a valuable tool with special focus on degradation- and damage-mechanisms in partially melting solder alloys. Material models will be developed and calibrated against experimental data with the aim to incorporate these models in FEM based simulations.

During project completion we will focus on the integration of material, joint- and system-models into a unified simulation

environment, following the idea of Integrated Computational Material Engineering (ICME).

Expected Results:

- A novel solder alloy with self-healing properties for high-power, high-reliability electronic assemblies.
- A unified simulation environment for electronic interconnects with integrated material models of the alloys mentioned afore.

### **Projektkoordinator**

- ZKW Elektronik GmbH

### **Projektpartner**

- Materials Center Leoben Forschung GmbH
- Technische Universität Wien