

ZWISCHENBERICHT

## Zuverlässigkeit und Sicherheit von Betriebsmitteln in Niederspannungsverteilstationen für die Anwendung im Bereich der Windkraft- und Photovoltaikanlagen

Zinn wird in der Elektrotechnik auf vielfältige Weise eingesetzt. Aufgrund der niedrigen Schmelztemperatur ist es ein hervorragender Lotwerkstoff. Seit der Verordnung zum Verwenden bleifreier Lote (RL 2002-95-EG) existieren viele verschiedene Legierungen als Ersatz für das herkömmliche bleihaltige Lot. Diese werden vor allem mit dem Fokus auf typische Loteigenschaften hin entwickelt und untersucht (z. B. Schmelzpunkt, Benetzbarkeit und Anbindung an das Lötgut, Erstarrungsverhalten, mechanische Festigkeit, Whiskerbildung).

Neben seiner herkömmlichen Verwendung zum Verbinden von Bauelementen wird Zinnlot auch in großem Maße in Niederspannungs-Hochleistungssicherungen des Typs Gg (Ganzbereichssicherungen) eingesetzt. Dabei wird nahe einer Engstelle des Schmelzleiters das Zinnlot aufgebracht (Abb. 1).

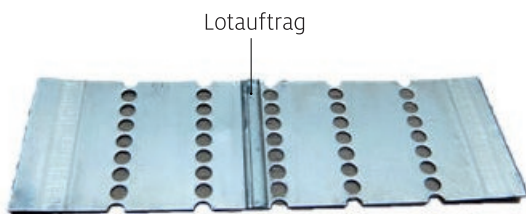


Abb. 1 | Schmelzleiter einer Ganzbereichssicherung

Bei Überlast wird der Schmelzleiter so stark erwärmt, dass das Zinn in den Schmelzleiter diffundiert und dabei mit dem Metall des Schmelzleiters (typischerweise Kupfer oder Silber) eine oder mehrere intermetallische Phasen IMP bildet (Abb.2). Diese besitzen einen höheren spezifischen elektrischen Widerstand als die beiden Reinmetalle, was lokal weiter zum Erhöhen der Temperatur bis zum Aufschmelzen des Schmelzleiters führt. Dadurch wird der der Stromfluss unterbrochen. Neuartige, bleifreie Zinnlote können im Gegensatz zu den herkömmlichen bleihaltigen Zinnloten andere Diffusionseigenschaften aufweisen. Neue Anforderungen an die Sicherungen, wie zum Beispiel die zunehmend kompaktere Bauweise von Schaltanlagen, das Erhöhen der Grenztemperatur für Betriebsmittel in der Norm (140 °C Sammelschienenentemperatur – IEC 61439-1:2009) und das Belasten der Sicherungen mit Bemessungsstrom (z. B. Biogas-, Windkraft- und Photovoltaikanlagen) führen zunehmend zur beschleunigten Alterung und damit zum Ausfall oder zum Versagen von Si-

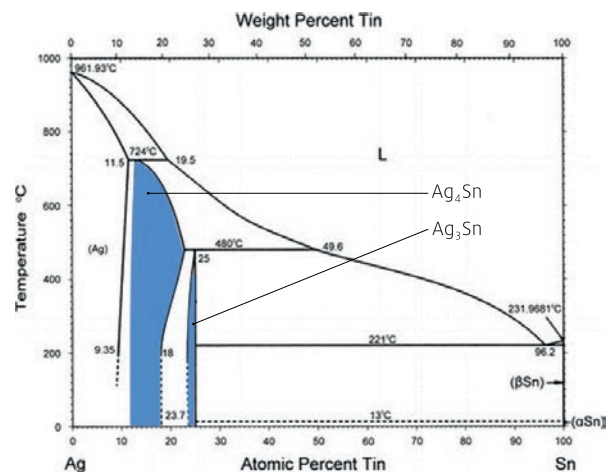


Abb. 2 | Phasendiagramm Ag-Sn mit 2 IMP (Ag<sub>3</sub>Sn und Ag<sub>4</sub>Sn)

cherungen in der Praxis. Um die neuen Anforderungen an Ganzbereichssicherungen erfüllen zu können, ist es insbesondere notwendig die physikalischen Grundlagen des Interdiffusionsprozesses zu verstehen und die Eigenschaften der entstehenden IMP zu kennen.

Weiter wird Zinn aufgrund guter Kontakteigenschaften sehr häufig in der Elektroenergietechnik als Beschichtung für Kabelschuhe oder Stromschienen verwendet. Beim Verbinden verschiedener Betriebsmittel kann das Zinn deshalb mit anderen Metallen in direkten Kontakt treten, z. B. eine verzinnete Stromschiene mit einem versilberten Geräteanschluss. Vor allem in der Niederspannungstechnik sind solche Kombinationen häufig vorhanden. Abhängig von der Alterung durch Interdiffusion bilden sich in den Mikrokontakten IMP und verändern deren Eigenschaften (Abb.3). Gleichzeitig wird beim Beschichten oft Nickel als Zwischenschicht eingesetzt. Im System Silber-Zinn existieren zwei und im System Zinn-Nickel drei intermetallische Phasen. Die mechanischen Eigenschaften dieser Phasen wurden zum Teil bereits untersucht. Die elektrischen Eigenschaften sind jedoch weitgehend unbekannt.

Vor allem in Hinblick auf immer höhere zulässige Grenztemperaturen und die immer kompaktere Bauweise v. a. von Niederspannungsschaltanlagen sind die Bildungsdynamik der IMP bei höheren Temperaturen (> 115 °C) und deren elektrische Wirkung auf den Verbindungswiderstand von besonderem Interesse.

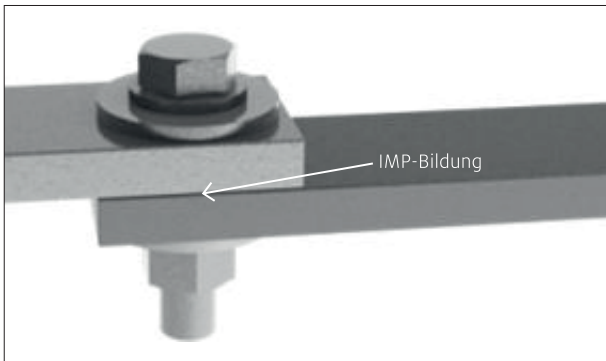


Abb.3 | Verschraubte Stromschiene Ag-Sn mit IMP-Bildung in den Mikrokontakten

Im IGF-Vorhaben 16903 BG wurden bereits Methoden zur Herstellung und Charakterisierung von Al-Ag- und Al-Cu-IMP erarbeitet und es wurde ein speziell für diese Thematik konzipierter Prüfstand aufgebaut. Aufbauend auf diesen Ergebnissen und den weiterhin zur Verfügung stehenden Prüfapparaturen sollen die Kenntnisse hinsichtlich der Systeme Zinn-Silber und Zinn-Nickel erweitert werden.

Im Fokus des geplanten Projektes stehen dabei die Entstehung der IMP und deren elektrische Eigenschaften. Damit wird eine weitere Lücke zum Verständnis der Alterung elektrischer Betriebsmittel durch Interdiffusion geschlossen. Des Weiteren können die Ergebnisse für die Konstruktion von Geräten und Betriebsmitteln bzw. bei der Definition von Beschichtungsparametern verwendet werden. Damit wird die Zuverlässigkeit und Sicherheit im Betrieb signifikant erhöht.

### Danksagung

Das IGF-Vorhaben 17 EWBG der Forschungsvereinigung Verein für das Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie (fem) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

PROJEKT: IGF 17 EWBG

Laufzeit: 1.6.2017 – 30.5.2019

#### Forschungspartner

Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik, TU Dresden | 01062 Dresden  
Dipl.-Ing. Marcella Oberst | Dr.-Ing. Stephan Schlegel

#### Ansprechpartner (Forschungsstelle 1)

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd  
Dipl.-Ing. Heidi Willing, willing@fem-online.de, T 07171 1006-313