

## Whisker in der EMS-Produktion: Technische Daten und Infos

**Whisker bestehen aus Metall – sie besitzen also eine elektrische Leitfähigkeit und erhöhen dadurch das Kurzschlussrisiko für elektronische Baugruppen. Was zeichnet diesen Effekt im Detail aus und wie kann man ihn vermeiden? Ein fachlicher Kurz-Überblick über das Thema.**

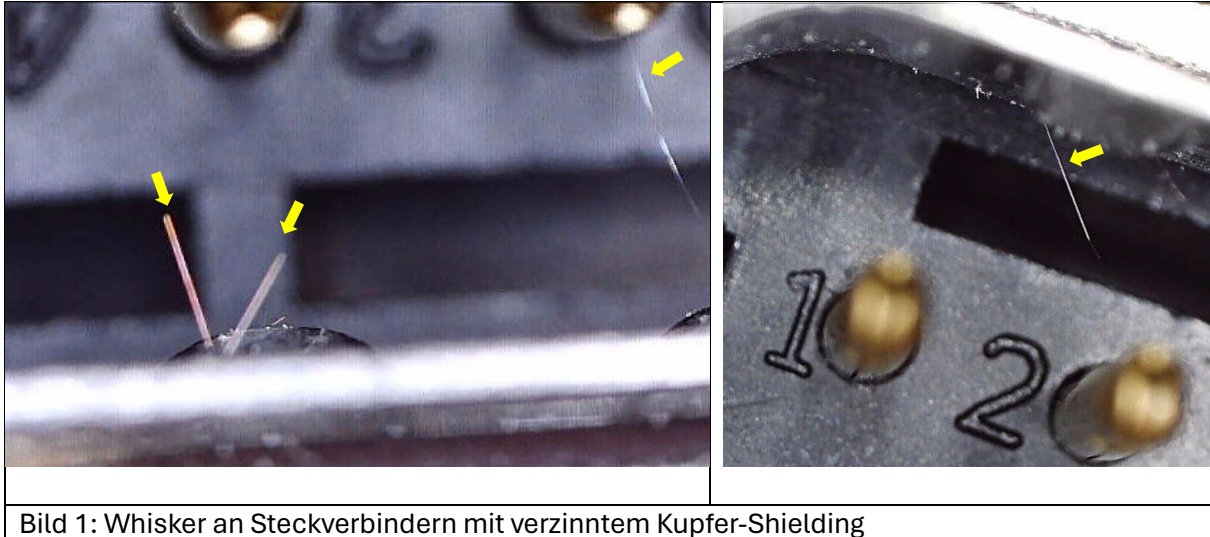


Bild 1: Whisker an Steckverbindern mit verzinnem Kupfer-Shielding

Whisker sind einkristalline Filamente, die oft nur einen Durchmesser von wenigen Mikrometern erreichen. Ihre Länge variiert dagegen stark (von wenigen Mikrometern bis zu einigen Millimetern). Sie wachsen über lange Zeiträume an nicht definierten Orten (30 – 900  $\mu\text{m}/\text{Jahr}$ ), brechen dann unter Umständen ab und vagabundieren im System – vor allem bei Vibrationen. Matthias Sobiech<sup>1</sup> hat dabei nachgewiesen, dass Whisker auf dünnen Zinnschichten aus reinem Zinn bestehen und kein Kupfer enthalten, wobei reines Zinn einen Schmelzpunkt von 231,9 °C hat. Und das heißt: Beispielsweise Whisker auf Steckern, die im Selektivlötverfahren appliziert werden, „überleben“ das Verfahren und schmelzen nicht auf!

### Spannungen als Ursache

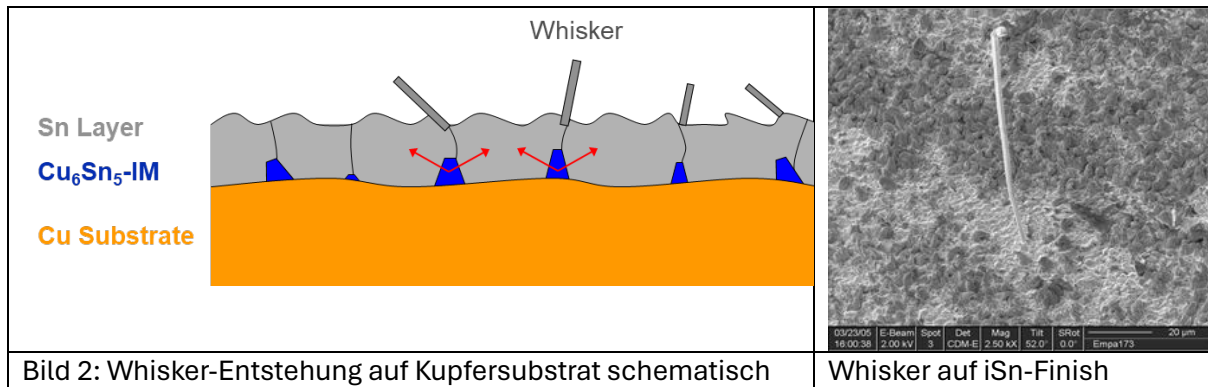
Allgemein gelten innere Spannungen in der lötbaren Oberfläche (z.B. Zinnschicht) als wesentliche Ursache für die Whiskerbildung. Diese Spannungen verursachen in den betroffenen Schichten eine Festkörperdiffusion. Dabei wandern Metallatome von den Stellen mit Druckspannung weg und lagern sich an Stellen mit geringeren Druckspannungen ab. Whisker wachsen also aus dem Beschichtungsvolumen von unten heraus.

#### 1. Kupfersubstrate

Bei einer chemisch abgeschiedenen Zinnschicht auf Kupfer wird das irreguläre Wachstum der  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ -intermetallischen Phase (IMC) für den Aufbau einer inneren Druckspannung verantwortlich gemacht. Bei Raumtemperatur entstehen zwischen den Körnern grobe Phasen aus  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  (Bild 3). Dies bewirkt eine lokale Volumenzunahme von rund 45 Prozent, wodurch die zum Whisker-Wachstum notwendigen Druckspannungen entstehen.

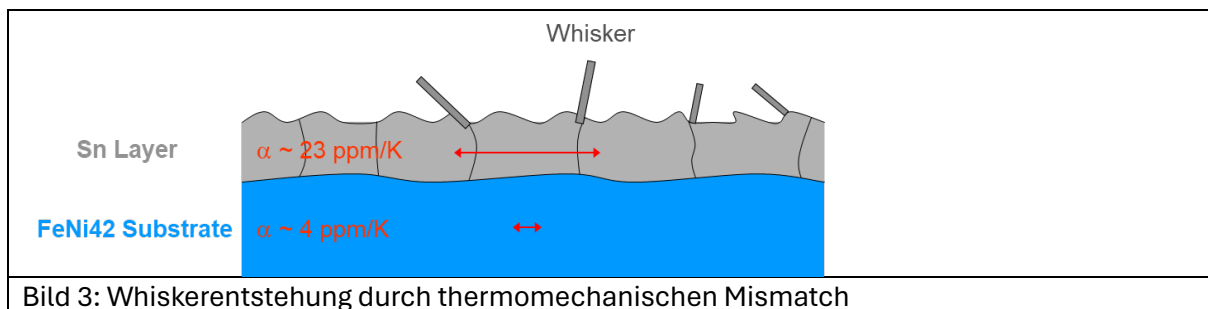
---

<sup>1</sup> Matthias Lukas Sobiech, Whisker formation on Sn thin films, Dissertation Universität Stuttgart, 2010



## 2. Eisen-Nickel-Substrate

Bei Zinnschichten auf FeNi42-Substraten (Alloy42) – einem Leadframe-Werkstoff – werden Spannungen durch den thermomechanischen Stress aufgrund sehr unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem Zinn und dem Eisen-Nickel (FeNi42) hervorgerufen (Bild 4).



C. Beelen-Hendriks und M. Verguld<sup>2</sup> haben mit reinem Zinn beschichtete Substratmaterialien untersucht und herausgefunden, dass mit einer Nickel-Untermetallisierung Whisker vermieden werden – je dicker die Sn-Schicht, desto kleiner das Whisker-Risiko (Tabelle 1).

Sn-Dicke	CuFe (Olin194)	FeNi (Alloy42)	FeNi + 7 µm Cu	FeCu + 2 µm Ni
2 µm	viele W. bis 30 µm	unbedeutend W.	viele W. bis 30 µm	keine W.
5 µm	W. bis 15 µm	unbedeutend W.	W. bis 15 µm	keine W.
10 µm	keine W.	keine W.	keine W.	keine W.

Tabelle 1: Whisker (W.) nach 16 Wochen Temperung bei 55 °C

<sup>2</sup> Caroline Beelen-Hendriks, Martin Verguld, The Future of IC packaging, IPC SMTA Council APEX, 2002

## Wie können Whisker ansonsten vermieden werden?

Die nachfolgende Tabelle fasst einige Maßnahmen aus der internationalen Wissenschaftsliteratur zusammen:

Maßnahme	Bemerkung
Verwendung von Matt-Zinn	Die organischen Aufheller (Brightener) im Glanzzinn erhöhen die internen Spannungen. Matt-Zinn schließt weniger organische Bestandteile in der Schicht ein und minimiert das Whisker-Risiko.
Ni-Sperrschicht > 2 µm	Die Ni-Sperrschicht zwischen Sn und Basismaterial sollte (für diskrete passive Bauelemente) mindestens 2 µm stark sein.
Basismaterial Cu (Leadframe) mit Ni-Endschicht	Die Nickel-Eisen-Leadframes (FeNi42) bauen in Temperaturzyklen Spannungen auf, die zur Whisker-Bildung führen. Kupfer-Basismaterial-Leadframes mit Ni-Endschicht sind hier von Vorteil.
Wärmebehandlung 1h bei 150°C „post bake“	Durch eine Wärmebehandlung von 1 Stunde bei 150°C kurz nach der Herstellung wächst die IMC mehr homogen. Das ungleichmäßige Wachstum einzelner Phasen – bevorzugt in Korngrenzen hinein (Druckspannung) – wird so vermieden.
Verringerung organischer Kontamination	Neben dem Einsatz von Matt-Zinn muss auch auf weitere organische Badbestandteile geachtet werden, die in der Endschicht Spannungen erzeugen.
Schichtdicke > 10 µm	Einer Sn-Schichtdicke mehr als 10 µm wird ein geringeres Whisker-Bildungsrisiko zugeschrieben.
Umschmelzen galvanischer Schichten	Reflow bei einer Bleifrei-Temperatur verändert das Schichtgefüge, indem größere Körner entstehen und die Textur sich ändert. Bei weiteren Temperatur-Wechselbelastungen werden in diesem Gefüge weniger Spannungen gespeichert.
Tauchverzinnung	Das Gefüge der Tauchverzinnungsschicht entspricht weitgehend dem der Reflow-Schicht und hat deshalb ein geringes Whisker-Risiko.
Legierungsgehalt von Zusatzelementen > 2%	Ein merklicher Effekt von Legierungselementen wird ab einer Konzentration von ca. 2% beobachtet. Pb als Legierungselement (> 3 %) wäre gut geeignet, unterliegt aber den Restriktionen der RoHS. Alternativ werden maximal 2 % Wismuth (Bi) empfohlen.
Verwendung alternativer Oberflächen	Ni-Au, Ni-Pd, Ni-Pd-Au Diese Endschichten sind zum Teil für den Drahtbondprozess auf dem Leadframe optimiert. Sie enthalten kein Zinn oder andere Whisker-Bildner.