

# Entwicklung von Lötprozessen mit Au/Sn für optoelektronische und hochfrequente Anwendungen

Hermann Oppermann

Seite 1

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de



Schmelztemperatur

356°C — AuGe12  
309°C — PbAg1.5Sn1  
**280°C — AuSn20**  
232°C — SnSb5  
227°C — SnCu0.7  
221°C — SnAg3.5  
**217°C — SnAg4Cu0.7 AuSn90**  
199°C — SnZn9  
**183°C — PbSn63**  
157°C — In  
143°C — InAg3  
138°C — SnBi58  
118°C — SnIn52

Zugfestigkeit

270 MPa — AuSn20  
185 MPa — AuGe12  
55 MPa — SnZn9 SnBi58  
50 MPa — SnAg3.5  
**40 MPa — PbSn63 SnSb5**  
25 MPa — PbAg1.5Sn1  
12 MPa — SnIn52 Sn100  
5 MPa — InAg3  
2 MPa — In

## Das AuSn-Lot

Vorteile:

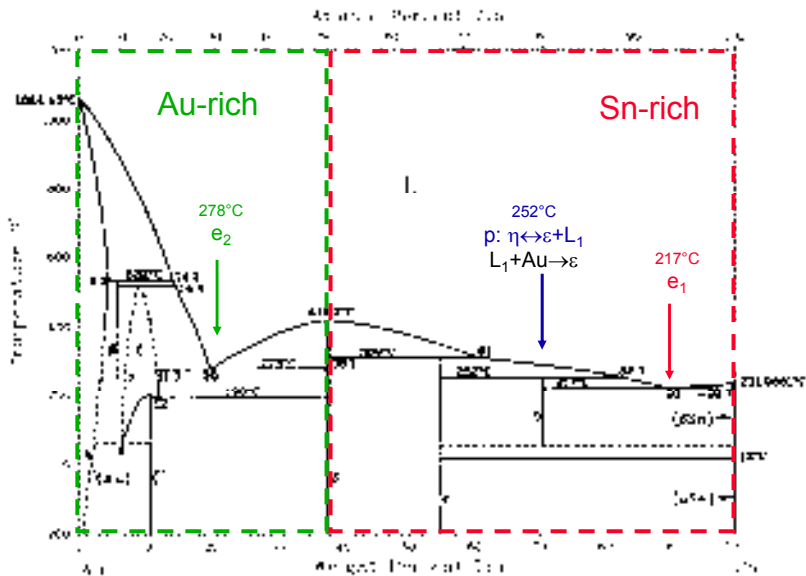
- flussmittelfreies Löten
- gute Benetzung
- kriechbeständig
- korrosionsbeständig
- kompatibel zu Gold

*Flussmittelfreies Löten  
besonders geeignet für  
die Optoelektronik*

Seite 2

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de



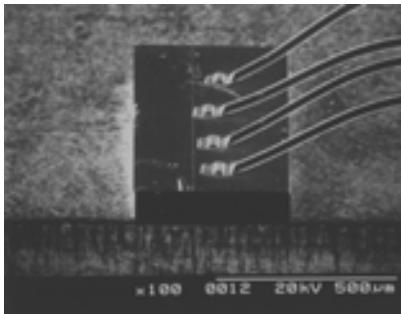


Seite 3

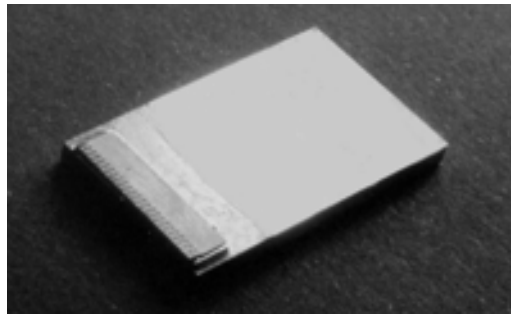
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
 Group Optoelectronics & RF System Integration  
 Dr. Hermann Oppermann  
 oppermann@izm.fraunhofer.de

## Die Bonding von Hochleistungs-Laserbarren

Einzel-Laser auf Diamant-  
 Wärmespreizer (p-side down)  
 400 x 600 x 100  $\mu\text{m}^3$



Laserbarren p-side down auf CuW  
 Wärmespreizer und Mikrokanalkühler  
 10000 x 600 x 100  $\mu\text{m}^3$

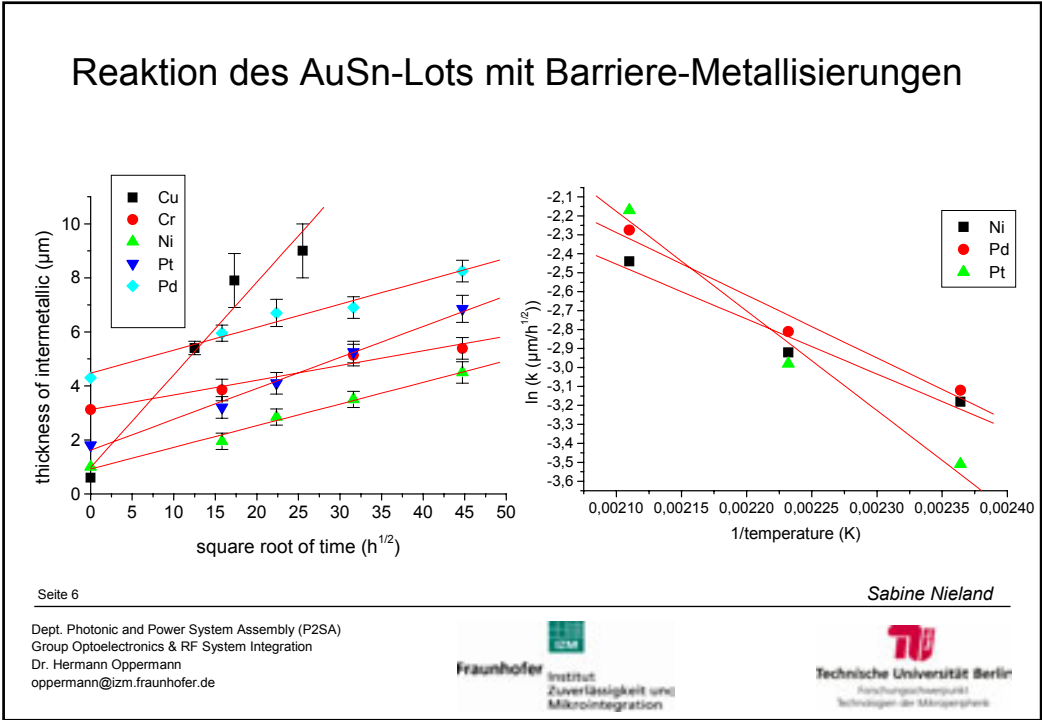
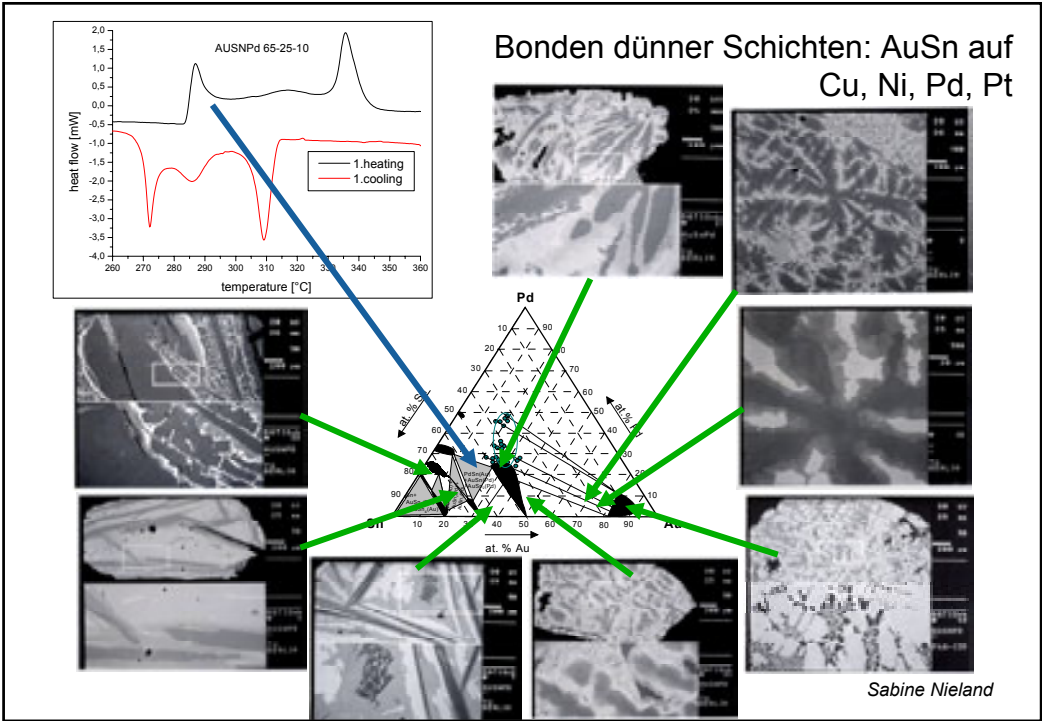


Laserbarren: 30 bis 100 W optische Ausgangsleistung und 30 bis 100 W  
 thermische Verluste  $\sim 10 \text{ W/mm}^2$  oder  $1000 \text{ W/cm}^2$ ;  $T_{\text{junct}} < 70^\circ\text{C}$

Seite 4

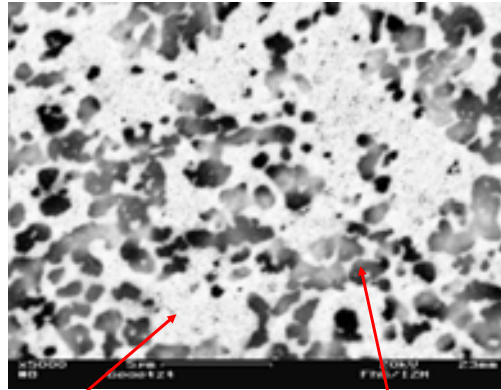
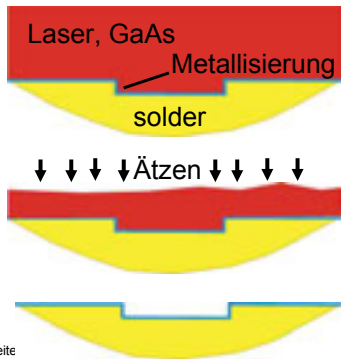
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
 Group Optoelectronics & RF System Integration  
 Dr. Hermann Oppermann  
 oppermann@izm.fraunhofer.de

Stefan Weiss



# Fehleranalyse am Übergang AuSn auf Ti/Pt (InP Laser)

REM-Ansicht nach Ätzen des GaAs. Es zeigen sich dunkle und helle Bereiche. Barriere hat sich aufgelöst.



Au<sub>5</sub>Sn oder ζ Typ Au83 Sn11 Ti6  
AuSn oder δ Typ: Au56 Sn33 Pt11

Seite

Rafael Jordan

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

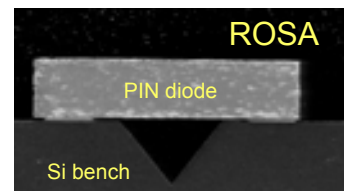
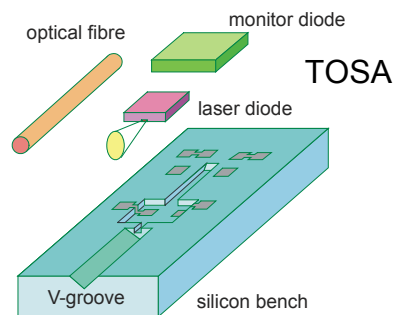
Fraunhofer IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Mikroelektronik

## Optoelektronische Module

- Optischer Strahlengang incl. Spiegel und Niveauanpassung sind in die Siliziumbank integriert
- Elektrische Anschlüsse und Lotlandflächen auf Silizium realisiert
- Weniger Komponenten (keine Podeste, keine Zusatzhalterung für Fasern)
- Nur eine Lotsorte (AuSn)
- Lot auf der Siliziumbank aufgedampft
- Genaue Montage der Monitor-Diode zum geätzten Spiegel: 10 µm
- Präzisions-Montage der Laser-Diode zu den V-Gräben: 1 µm
- Laser-Diode wird p-side down montiert
- Aktives oder **passives Faser-Alignment**

## Optical Submount Assembly OSA



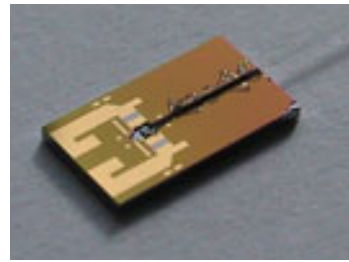
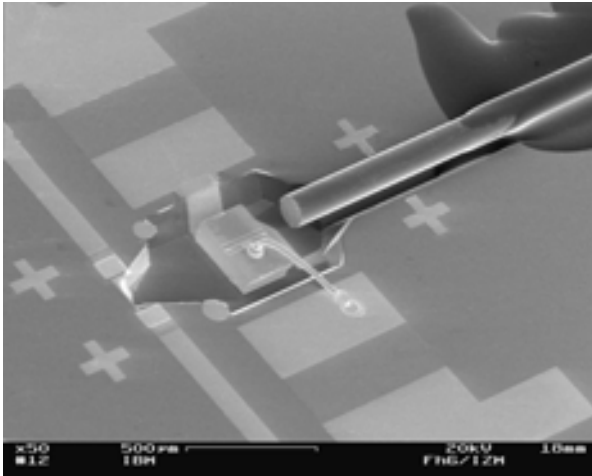
Seite 8 Gordon Elger

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Mikroelektronik

## Transmitter Optical Sub-Assembly (TOSA)



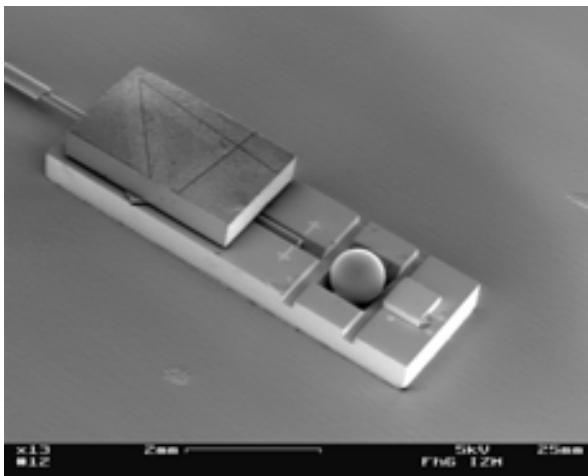
monitor diode has been removed

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Management

## Receiver Optical Sub-Assembly (ROSA)



passive aligned fiber

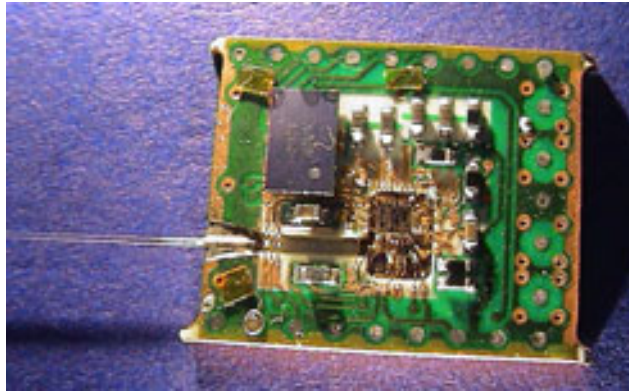
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Management

# Präzisions-Montage von Optischen Sub-Assemblies

## 10 Gb/s Ethernet Receiver-Modul



Seite 11

mit freundlicher Genehmigung von MergeOptics

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

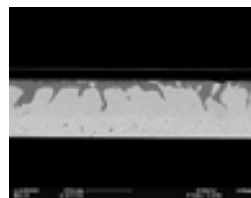
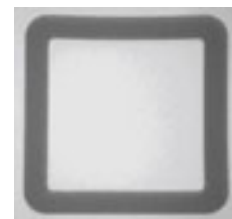
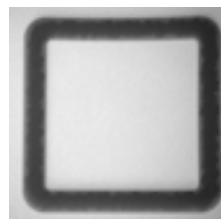
  
Fraunhofer  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

  
Technische Universität Berlin  
Forschungsschwerpunkt  
Technologien der Mikroelektronik

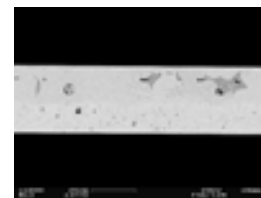
## Hermetische Verkapselung



- galvanisch abgeschiedene Ringstrukturen,
- verschiedene Formen und Breiten



AuSn auf Ni



AuSn auf Au

Seite 12

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

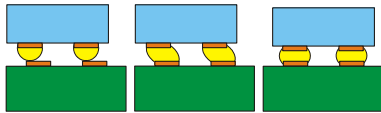
  
Fraunhofer  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

  
Technische Universität Berlin  
Forschungsschwerpunkt  
Technologien der Mikroelektronik

# Flip-Chip Selbstjustage

## Kostengünstige Flip-Chip Montage:

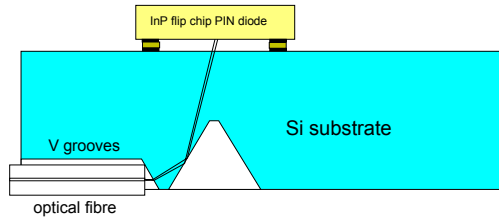
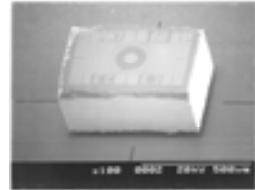
- Au+Sn Wafer Bumping
- Lot umschmelzen auf dem Wafer
- Vereinzelnung
- einfache Pick & Place Bestückung
- flussmittelfreies Löten im Ofen
- Selbst-Zentrierung



InP Laser-Diode



Flip-Chip PIN Diode

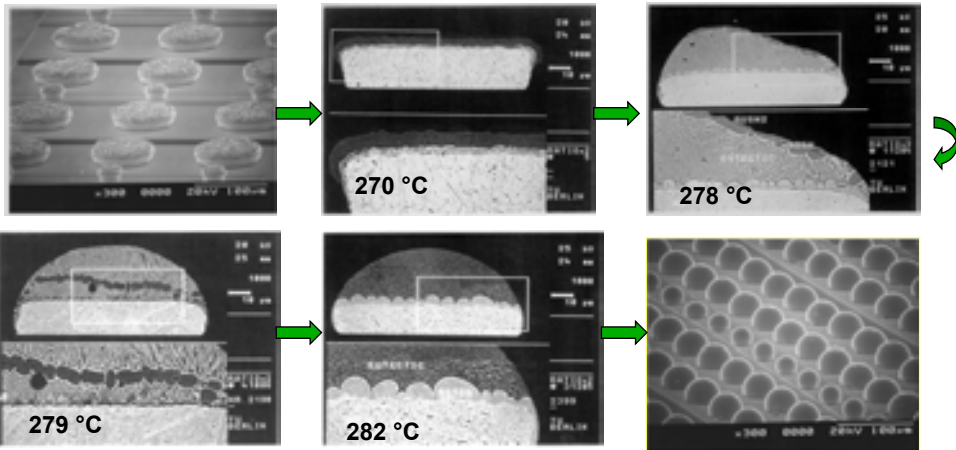


Seite 13

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

## AuSn Bump Reflow für die Flip Chip Montage

Metallurgische Reaktionen:  $Au + Sn \rightarrow AuSn_{20}$



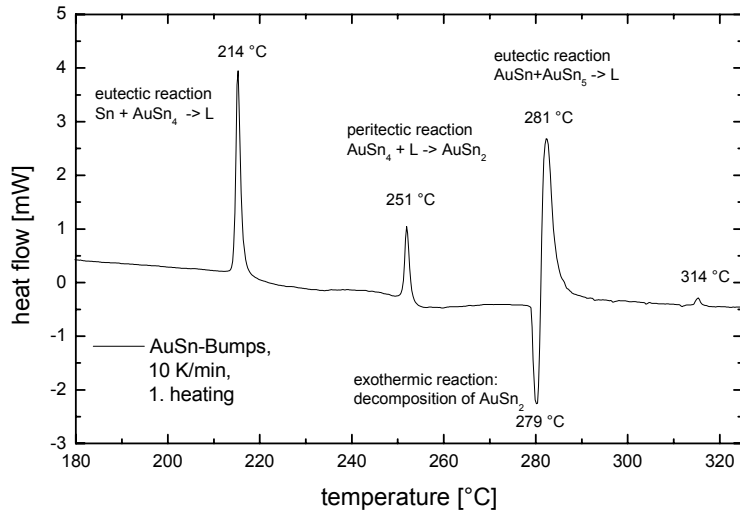
Seite 14

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de



## AuSn Bump Reflow

## Metallurgische Reaktion (DSC)



Seite 15

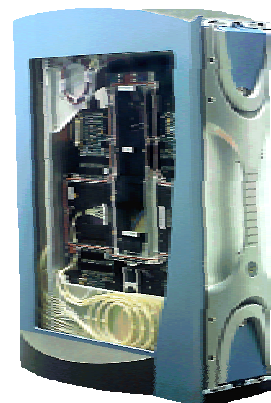
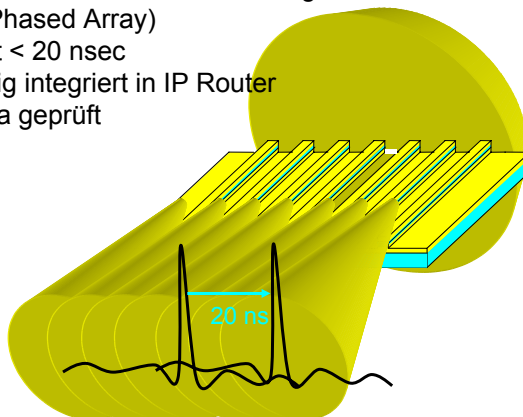
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer  
IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Mikroelektronik

## Optische Schalter für schnelles Schalten großer Datenmengen

- 64x64 Nichtblockierende Schalter
- Phasengesteuerte Strahlauslenkung (Optical Phased Array)
- Schaltzeit < 20 nsec
- Vollständig integriert in IP Router
- Telecordia geprüft



Seite 16

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

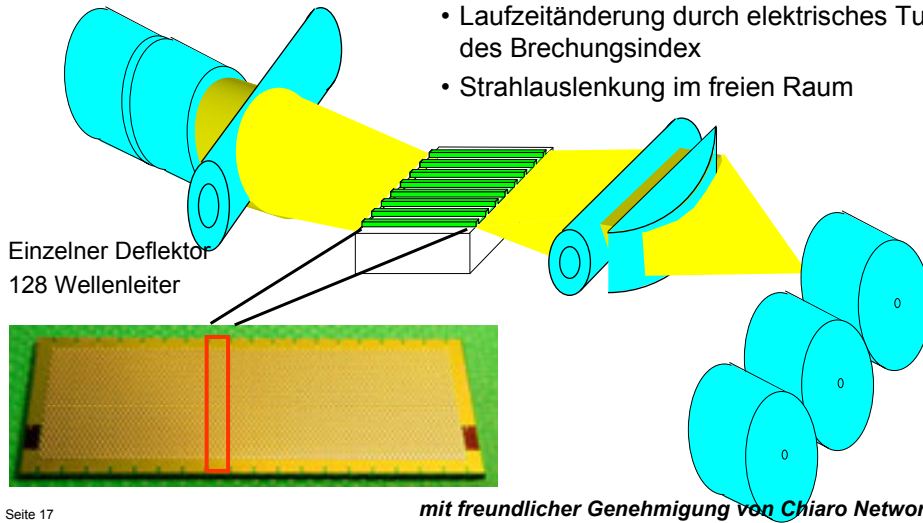
Fraunhofer  
IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

CHIARO



## Schaltprinzip

- Laufzeitänderung durch elektrisches Tuning des Brechungsindex
- Strahlauslenkung im freien Raum



Seite 17

mit freundlicher Genehmigung von Chiaro Networks Ltd.

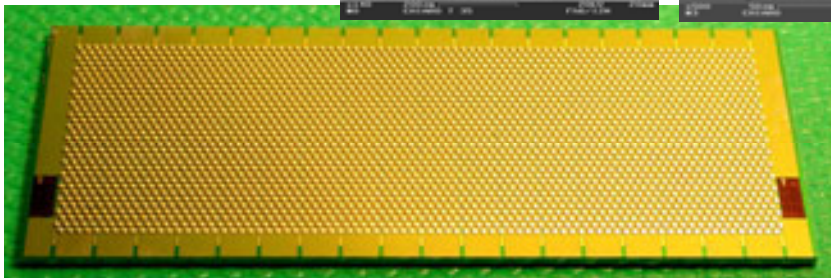
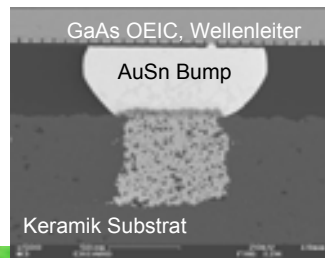
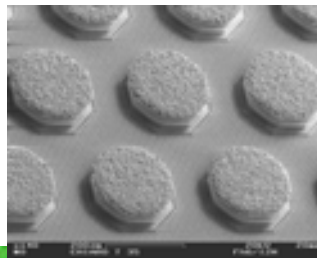
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer  
IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

CHIARO

## Optische Schalter für schnelles Schalten großer Datenmengen

GaAs Chip,  
Dimension 31x12 mm<sup>2</sup>  
2048 optische Wellenleiter  
2608 AuSn Bumps



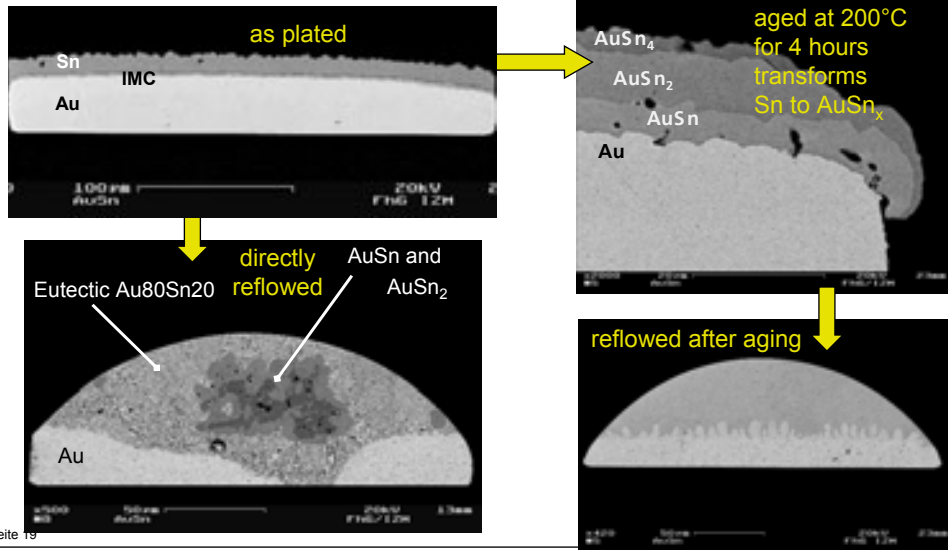
by courtesy of  
Chiaro Ltd., Israel

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer  
IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

CHIARO

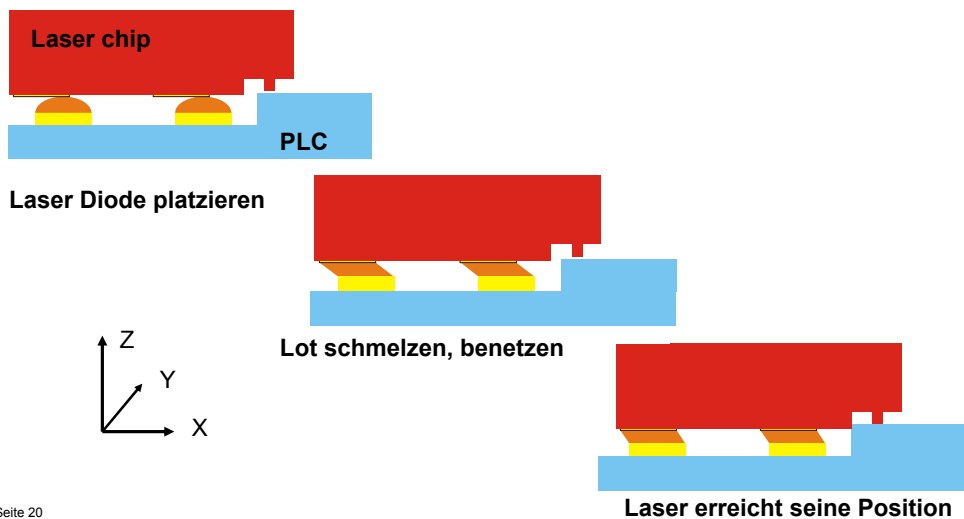
## Bumps mit dickeren Lotschichten



Seite 19

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

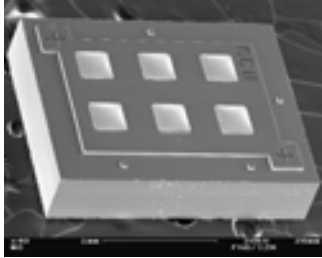
## Passive Justage – Selbstzentrierung mit Anschlägen



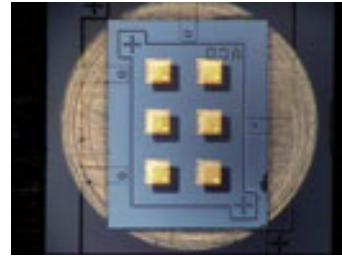
Seite 20

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

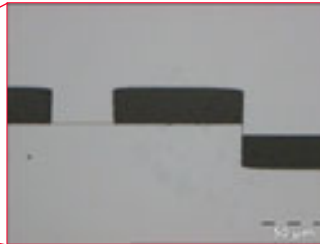
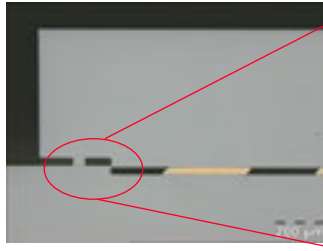
# Passive Justage



mechanische  
Anschläge und  
AuSn Bumps



grobe Vorpositionierung



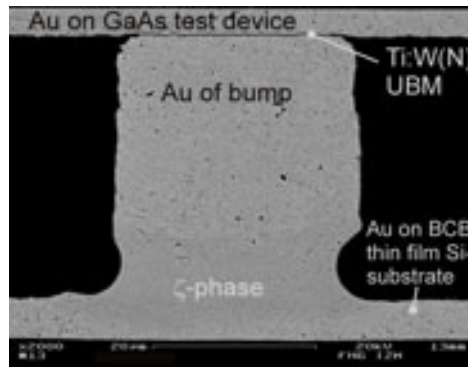
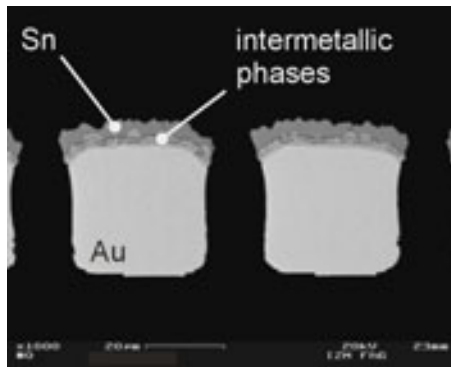
Selbstzentrierung  
während des  
Lötprozesses

Seite 21

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de



# Flip-Chip Montage kleiner Bumps mit hohem Goldsockel



Vollständig umgewandelt in  $\zeta$  Phase ( $Au_5Sn$ )

Seite 22

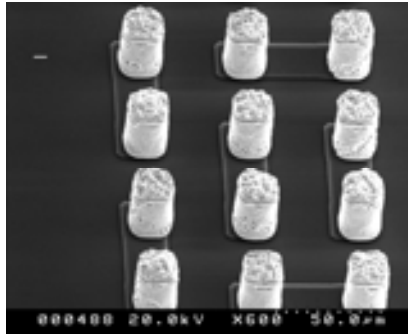
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de



# AuSn Mikro-Bumps

Projekt mit JoiLIT (Tokyo)

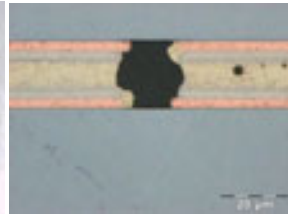
- Pixeldetektoren mit hoher Anschlussdichte
- Hochfrequenz-Anwendungen



*Matthias Hutter, Maria von Suchodoletz,  
Tina Thomas, Hermann Oppermann,  
Katrin Scherpinski, Gunter Engelmann*

Seite 23

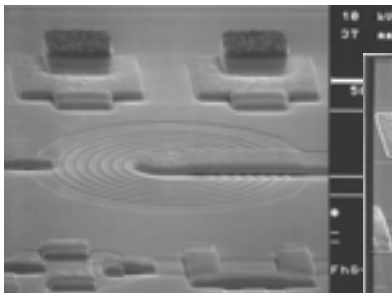
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de



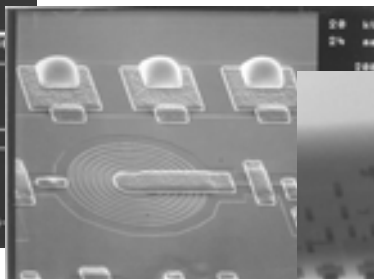
**Fraunhofer**  
IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

**TU**  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Mikroelektronik

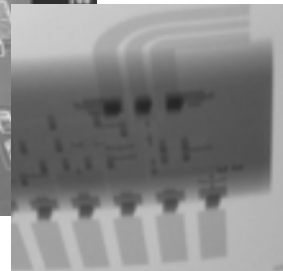
# Bumping und FC Montage von 77 GHz Radar Frontend Sensors (Automotive)



Galvanisch abgeschiedene  
AuSn Bumps



AuSn Bumps nach  
dem Umschmelzen



Röntgenbild nach der  
Montage

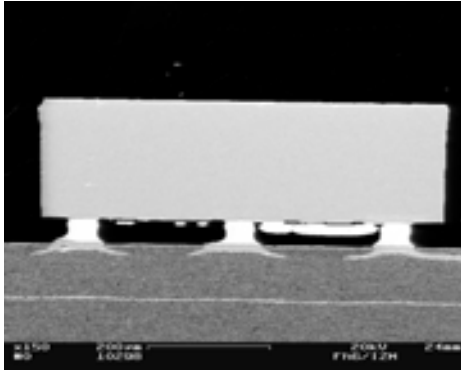
Seite 24

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

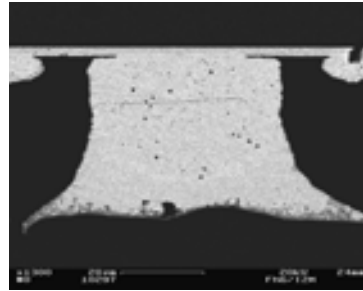
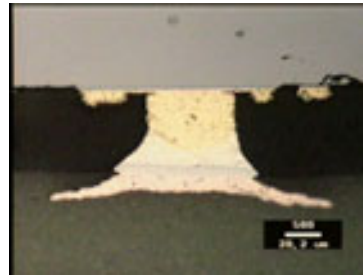
**Fraunhofer**  
IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

**TU**  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Mikroelektronik

# 77 GHz Radar Frontend Sensoren



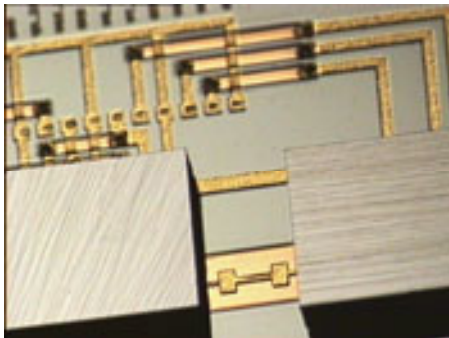
... auf LTCC Keramik-Substraten:  
Cu/Ni/Au Metallisierung



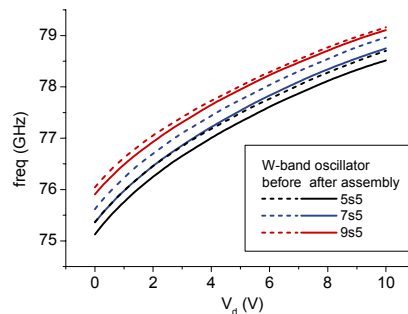
Seite 25

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

# 77 GHz Radar-Module Projekt KomModul (UMS, FBH, IAF, IZM)



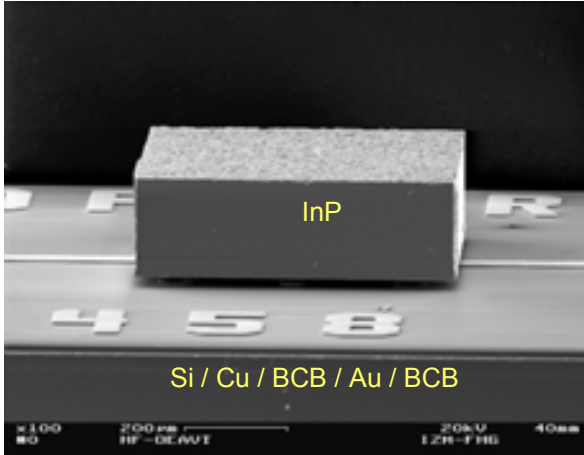
Matthias Klein, Matthias Hutter, Nicole Schmäck,  
Hermann Oppermann, Gunter Engelmann,  
Michael Töpper, Jürgen Wolf, Oswin Ehrmann



Seite 26

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

# AuSn Flip-Chip für 100 GHz schnelle Photodetektoren



HF Testvehikel  
Projekt HF-OEAVT  
(HHI, IZM)

HF Testchip (InP)  
bis 110 GHz

Rafael Jordan, Matthias Hutter,  
Maria von Suchodoletz,  
Hermann Oppermann, Gunter  
Engelmann, Michael Töpfer,  
Jürgen Wolf, Katrin Scherpinski,  
Kerstin Orth, Lothar Dietrich

Seite 27

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

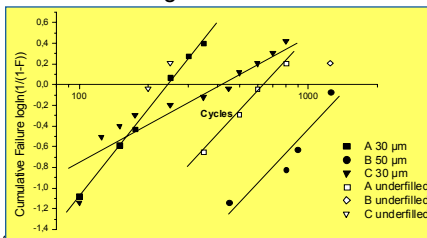
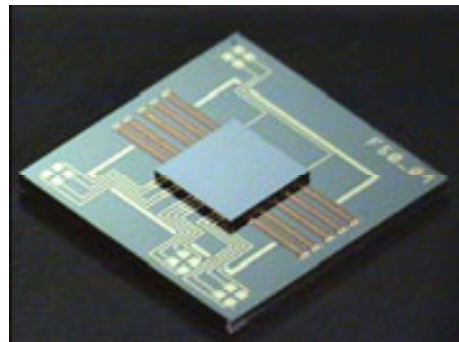
Fraunhofer IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Management

# Zuverlässigkeit von HF-Modulen

77 GHz Radarsensoren, Automotive Cruise Control (ACC)

- GaAs HF Test Chip
- Au & AuSn Bumping
- Dünnsfilm-Substrate BCB
- Cu / BCB / Au / BCB
- Flip Chip Bonding AuSn
- Underfill
- Zuverlässigkeitstest



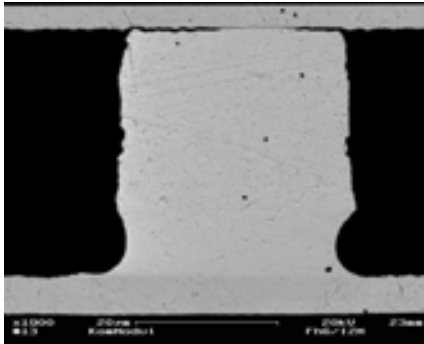
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

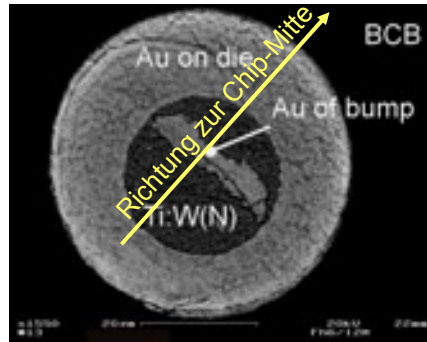
TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Management

# Ergebnisse aus Zuverlässigkeitstest

## Fehleranalyse von Flip-Chip Testvehikeln



Unvollständiger Ermüdungsbruch



Nach Zugtest, Blick vom GaAs  
Delamination zwischen TiW und Au Bump

Seite 29

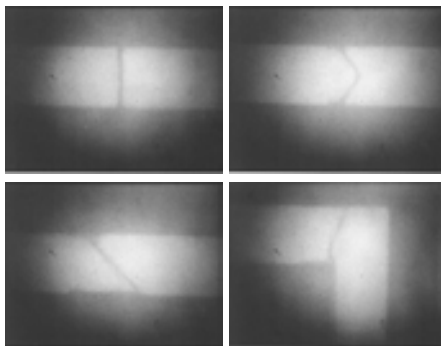
Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer  
IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

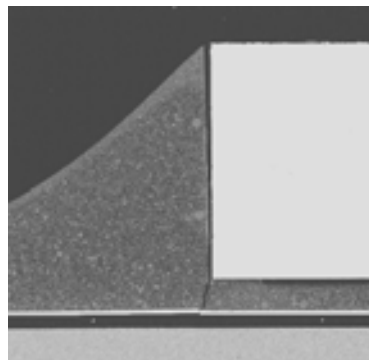
TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Mikroelektronik

# Ergebnisse aus Zuverlässigkeitstest

## Fehleranalyse von Proben mit UNDERFILLER:



IR Bilder durch das Silizium: Risse in  
der Leiterbahn unter dem Underfiller



Querschliff: Riss entsteht zwischen  
Underfiller und Chipkante und  
trennt die Leiterbahn

Seite 30

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer  
IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

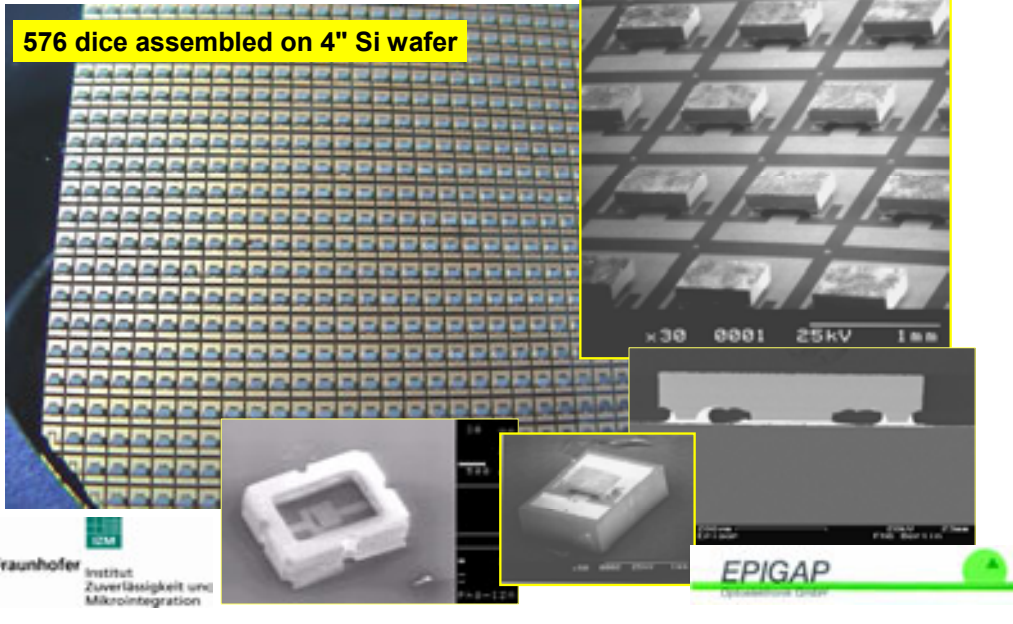
TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Mikroelektronik



# High Brightness Flip Chip LED

# Wafer Level Montage

576 dice assembled on 4" Si wafer

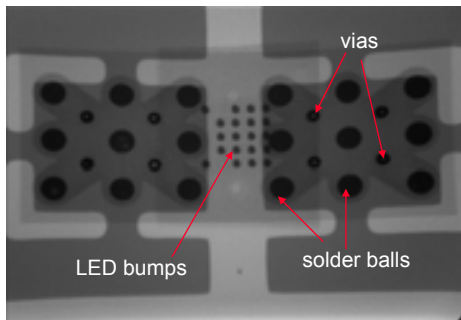


Fraunhofer IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

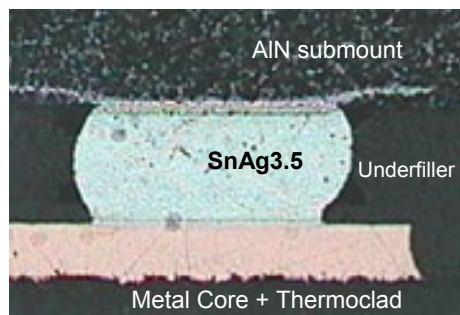
# Flip-Chip LED Submount auf Metallkern-Leiterplatten



cross-section of assembled LED -package



x-ray image of assembled led-package  
Seite 32



cross-section of one bump

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer IZM  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

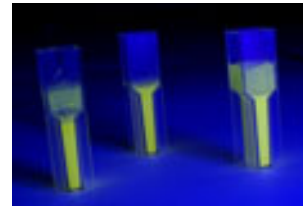
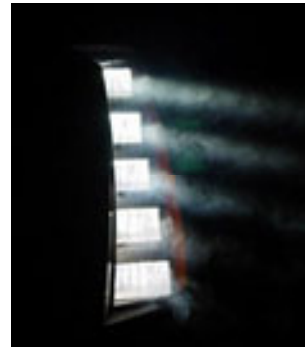
TU  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Zukunft

# Packaging von High Brightness LEDs für Frontscheinwerfer

- Entwicklung eines Gehäuses auf AlN-Basis
- LED Montage und Kontaktierung
- Herstellung und Applikation einer Konverterfolie für die Weißlichterzeugung
- Montage der LED-Gehäuse auf Metallkern-Leiterplatten

EU-Projekt ISLE

*Rafael Jordan, Maria von Suchodoletz,  
Hermann Oppermann, Jörg Bauer*



Seite 33

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

  
Fraunhofer  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Management

## High Brightness LEDs – Entwicklungsziele

### Lichteffizienz verbessern:

- Höherer Brechungsindex des Verkapselungsmaterials
- gleichmäßige Phosphor-Verteilung für weißes Licht

### Lebensdauer erhöhen:

- Geringere Degradation der Verkapselung durch UV (Transparenz)
- Verbesserung des Phosphor
- Bleifreie Lote für Montage auf Metallkern-Leiterplatte

### Kosten senken:

- Reduktion des thermischen Widerstands für höhere Leistungen und Leistungsdichten

Seite 34

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

  
Fraunhofer  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

  
Technische Universität Berlin  
Forschungszentrum  
Technologien der Management

## Wann ist der Einsatz von AuSn-Lot von Interesse?

flussmittelfeie Montage	☺	keine Kontaminationen oder Reinigung
korrosionsbeständig	☺	Hermetizität
kriechbeständig	☺	langzeitstabil
kompatibel zu Au, Pt, Pd, Pd/Ag	☺	Dünnschicht/Dickschicht Substrate, GaAs, InP
kompatibel zu Ni/Au	☺	starre und flexible Leiterplatten
hohe Festigkeit	☺	Test, Transport, Handling, Ermüdungsfestigkeit
keine plastische Deformation	☹	kompensiert durch Goldsockel
hoher Schmelzpunkt	☺☹	Hochtemperaturanwendungen
geringes Phasenwachstum	☺	Hochtemperaturanwendungen

### Au/Sn Anwendungen:

- Optoelektronik, HF, MEMS, hermetische Verkapselung, hohe Temperaturen

### Aus den Anforderungen abgeleitete Aufgaben:

- Auswahl von Bondprozess, Lotzusammensetzung und Metallisierungen

Seite 35

Dept. Photonic and Power System Assembly (P2SA)  
Group Optoelectronics & RF System Integration  
Dr. Hermann Oppermann  
oppermann@izm.fraunhofer.de

  
Fraunhofer  
Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration

  
Technische Universität Berlin  
Forschungsschwerpunkt  
Technologien der Mikroelektronik