

# DAY 2018 INNOVATION

## FMD INNOVATION DAY 2018 Smart Micro Systems

# DAY 2018 TITANOVATION

## SESSION 3 Smarte Sensorik in der Industrie

# »Entwicklung flexibler IoT-Lösungen für den Mittelstand«

Dr. Peter Schneider, Fraunhofer IIS/EAS

# Entwicklung flexibler IoT-Lösungen für den Mittelstand

## Die Herausforderung

DAY 2018  
NOVA  
TION



*»IoT will be bigger than anything that has ever been done in high-tech.«*

John T. Chambers, Chairman Emeritus Cisco

© MEV Agency UG, Germany

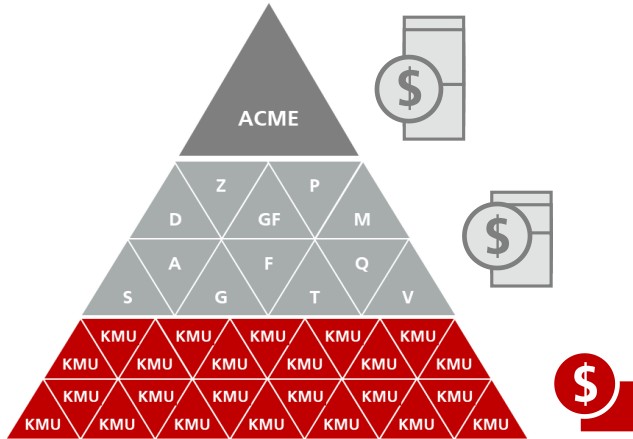
# Ausgangssituation

## IoT ermöglicht Umkehrung gewachsenen Marktverhältnisse

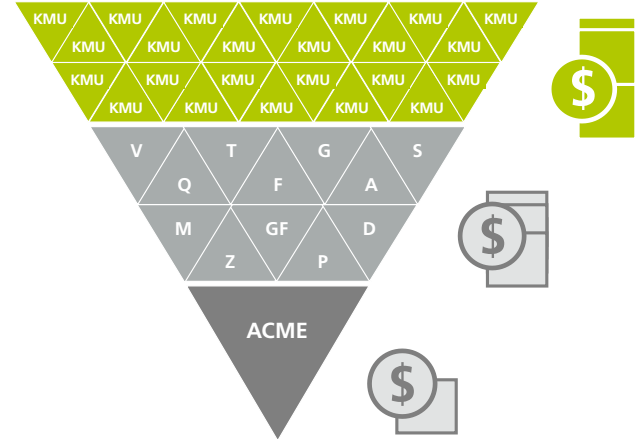
DAY 2018  
INNOVATION

Extrem starke Diversifizierung begünstigt Positionswechsel  
an die Spitze der Wertschöpfung

Heute



Zukünftig



# Produktentwicklungen in Hochtechnologien ist für KMU und Start-Ups langwierig und kostenintensiv

DAY 2018  
INNOVATION



## Integrationsdilemma

Je größer der Wunsch nach Multifunktionalität und hoher Integrationsdichte, um so mehr verlängert sich die Entwicklungszeit.



## Ressourcendilemma

Um spezifische, kostengünstige sowie anforderungsoptimierte Systeme zu liefern, wird eine Vielzahl an Ressourcen benötigt.



## Skalierungsdilemma

Eine lückenlose Skalierung von wenigen Prototypen bis zur Massenproduktion ist nicht ohne Sprünge im Lösungsdesign möglich.



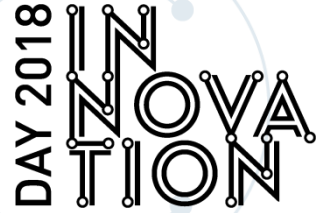
Entwicklungsdauer  
> 48 Monate



Entwicklungskosten  
> 20 Mio. Euro



# Steigende Marktanforderungen erfordern stärkere Funktionsintegration von KMUs



- Kunden fordern zunehmend nicht nur Produktkomponenten, sondern Subsysteme bzw. ganzheitliche Systemlösungen für ihre Anwendungen
  - Für die jeweilige Marktnische sind hohes Prozess-Know-how und stetige Innovation erforderlich
  - Das Angebot einer ganzheitlichen Problemlösung für den Kunden wird zunehmend zum Unterscheidungskriterium
  - Um am globalem Wachstum nachhaltig partizipieren zu können, ist eine Anpassung der Lösungen an lokale Erfordernisse und regionale Kundenbedürfnisse unerlässlich
- ➔ **Marktanforderungen steigen, Kundenbedürfnisse werden komplexer und stellen KMUs vor die Herausforderung, sich in spezialisierten Nischen technologisch weiter zu entwickeln, um diese nachhaltig zu besetzen**

# Ressourcenmangel erschwert Entwicklung innovativer Produkte für KMUs

DAY 2018  
INNOVATION



IoT-Produkte erfordern leistungsfähige, hochintegrierte Mikroelektronik mit hoher Packungsdichte und geringem Stromverbrauch

## Herausforderungen für KMU

Nur Zugriff auf Standardprodukte

Geringes Fachwissen bezüglich Mikroelektronikentwicklung

Sehr hohe Entwicklungskosten für Elektronik neuester Generation

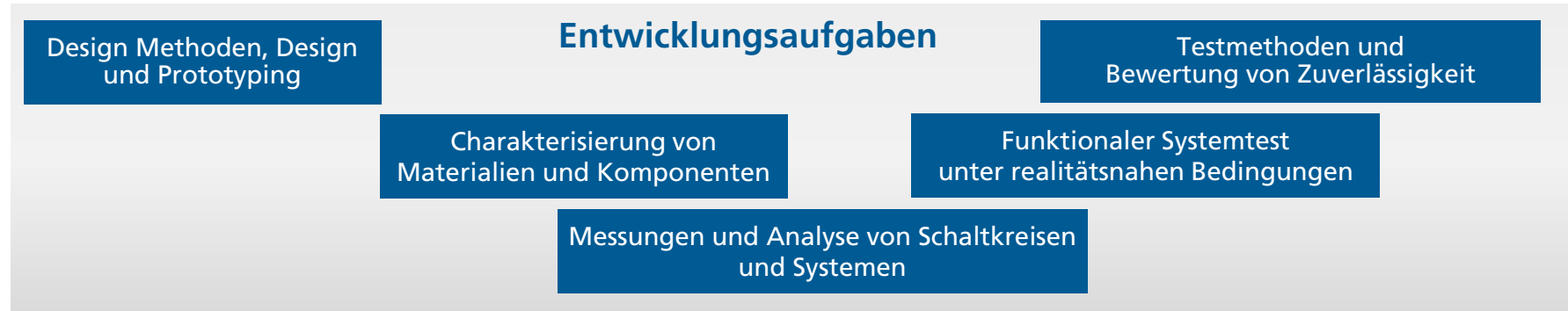
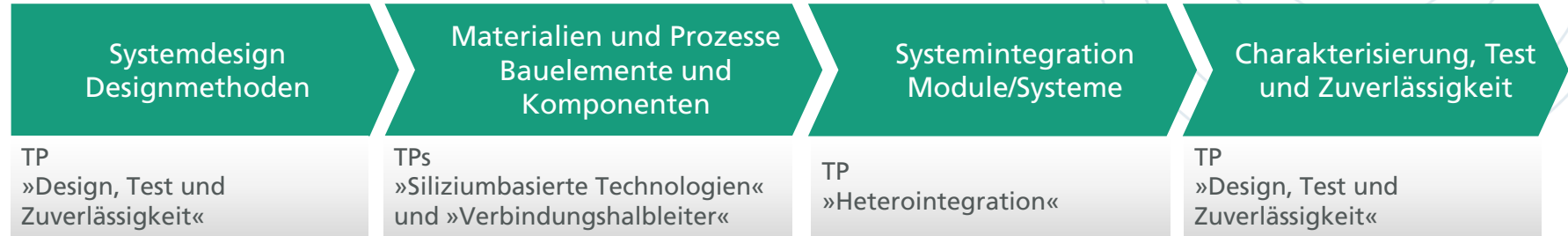
Konkurrenzsituation erfordert schnelle Time-to-market-Entwicklung



# Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

## Entwicklungskompetenzen entlang der Wertschöpfungskette

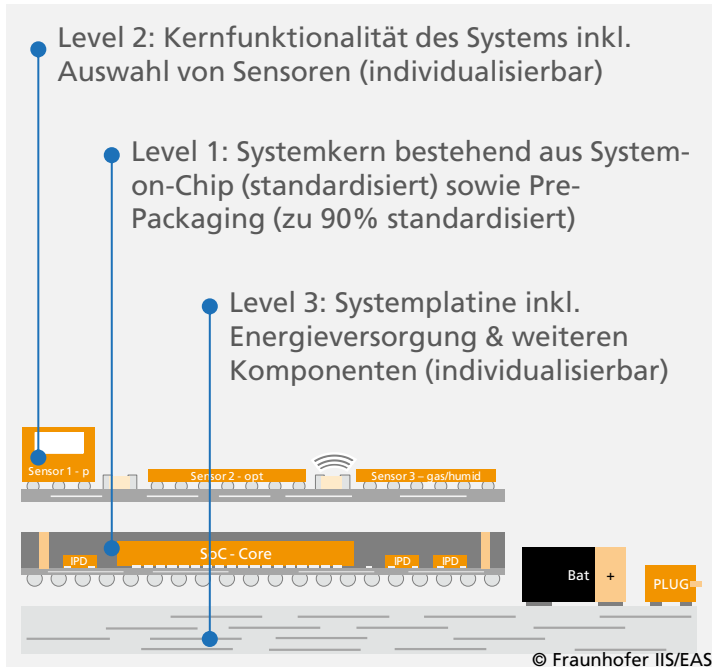
DAY 2018  
INNOVATION



# Beispiel

## Universal Sensor Platform (USeP)

DAY 2018  
NOVA  
TION



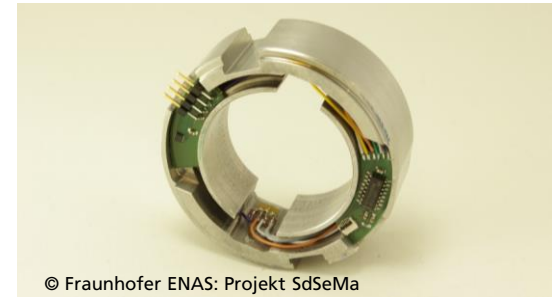
- Konfigurierbare Sensor-Plattform beruhend auf der GLOBALFOUNDRIES 22FDX®-Technologie
- Besonders geeignet für IoT-Systeme mit hohem Bedarf an lokaler Signal-/Datenverarbeitungsleistung bei gleichzeitig geringer Leistungsaufnahme
- »Baukastenprinzip« ermöglicht die problemlose Nutzung zukunftsweisender Systemarchitekturen und Fertigungsmethoden auch für Prototypen und Kleinserien
- Verbindung modernster Aufbau- und Packaging-Technologien mit neuesten Entwurfsmethoden sowie Integrationsmöglichkeit unterschiedlichster Sensoren als „Rundum-Glücklich-Paket“ für KMU und Start-Ups

# Beispiel

## Strukturintegrierte drahtlose Sensoren im Maschinenbau

DAY 2018  
TNOVA  
TIONA

- Ziel: prozessintegrierte Zustandsüberwachung an Maschinenteilen, die derzeit nicht überwacht werden können
- Beispiel: Kugelgewindetrieb
- Randbedingungen: Miniaturisierung, drahtlose und energieautarke Informationsverarbeitung, Integration in die Maschinenstruktur
- Kooperation von 6 Fraunhofer-Instituten und 2 Universitäten:
  - Systemkonzept, thermische und mechanische Modellierung
  - Komponenten für Datenaufnahme, drahtlose Kommunikation, Wafer-Level-basierte Integration, Datenlogging und Datenverarbeitung
  - Strukturintegration in ein Ringelement in einem Kugelgewindetrieb

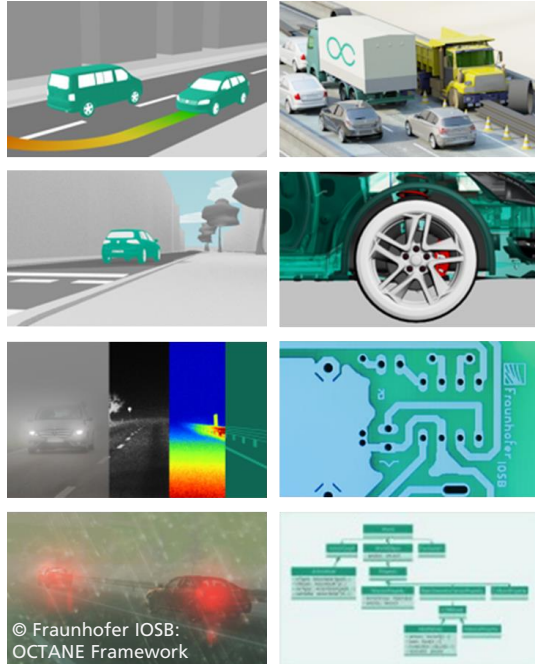


© Fraunhofer ENAS: Projekt SdSeMa

# Beispiel

## Anwendungsfeld Automatisiertes Fahren

DAY 2018  
NOVA  
TION



### Herausforderungen bei der Modellierung

- Kombination von Fahrzeugdynamik, Verkehrssituationen, Sensoren, Steuerelektronik, Software, Umgebungsbedingungen, Verhalten des Fahrers
- Integration von Komponentenmodellen verschiedener Hersteller mit IP-Schutz

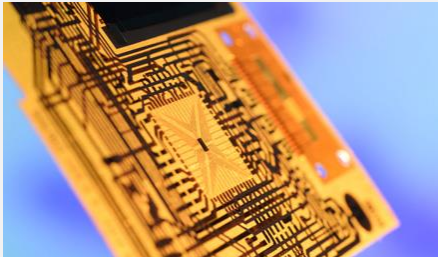
### Entwurfsaufgaben

- Entwicklung und Validierung der Funktionen des automatisierten Fahrens
- Modelbasiertes Testen
- Bewertung und Zertifizierung der Funktionssicherheit

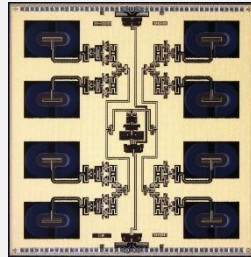
# Entwicklung flexibler IoT-Lösungen

## Zugriff auf modernste FMD-Technologien mit Alleinstellung

DAY 2018  
INNOVATION



Flexibles System zur Überwachung der Raumluftqualität  
© Fraunhofer EMFT



120 GHz radar transceiver (Chip photograph)  
© Leibniz-Institut IHP



Fraunhofer Projekt  
„HOT 300“  
Bleiben auch bei 300 Grad noch »cool«: Die besonders kompakten Mikrochips des Fraunhofer IMS  
© Fraunhofer IMS



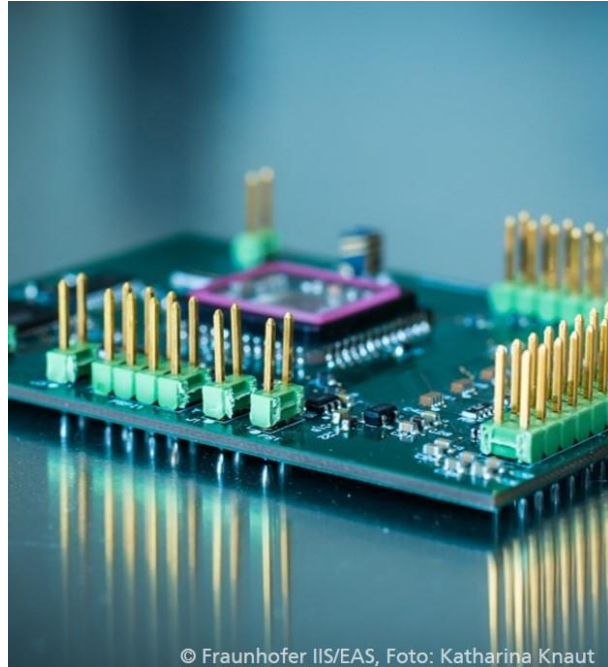
Wireless Network Analyzer: Robuste drahtlose Kommunikationssysteme im Produktionsumfeld  
© Fraunhofer IIS/EAS, Foto: Oliver Killig

- Vielfältiges Portfolio von MEMS-Technologien für spezielle Sensorik- und Aktorik-Aufgaben
- Technologien für leistungsfähige und anwendungsspezifische Kommunikationslösungen
- Mikroelektronische Komponenten und Mikrosystem unter harschen Umgebungsbedingungen (z.B. hohe Temperaturen)
- Umfangreiches Know-how an der Schnittstelle zur Anwendung (z.B. Industrie, Automotive)

# Entwicklung flexibler IoT-Lösungen

## Die FMD als Entwicklungspartner

DAY 2018  
INNOVATION



© Fraunhofer IIS/EAS, Foto: Katharina Knaut

- Entwicklung von kundenspezifischen Lösungen für Sensorik und Aktorik
- Entwicklung von Hoch-/Höchstfrequenz-Komponenten und -Systemen für die Kommunikationstechnik und Sensorik
- Entwicklung von neuartigen Konzepten und Systemen für die verteilte Informationsverarbeitung
- Design-Services für integrierte Schaltungen, integrierte Sensorsysteme und komplexe verteilte Elektroniksysteme
- Zuverlässigkeits- und Lebensdauerbewertung für elektronische Systeme

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit  
Ihr Ansprechpartner

DAY 2018  
INNOVATION



Dr. Peter Schneider

Leiter des Institutsteils

✉ Peter.Schneider@eas.iis.fraunhofer.de

☎ +49 351 4640-710

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS  
Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS  
Zeunerstraße 38  
01069 Dresden

[www.eas.iis.fraunhofer.de](http://www.eas.iis.fraunhofer.de)



# DAY 2018 TITANOVATION

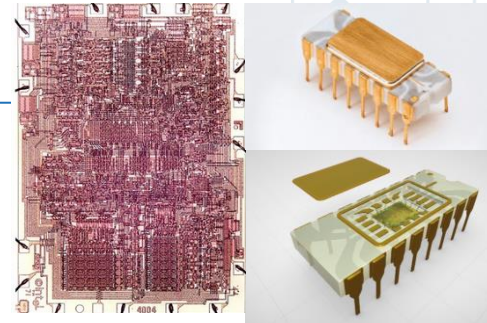
## SESSION 3 Smarte Sensorik in der Industrie

# »Harsh Environment Packaging«

Dr. Michael Töpper, Fraunhofer IZM

# Silicon Scaling $\neq$ Package Scaling

DAY 2018  
NOVA  
TION

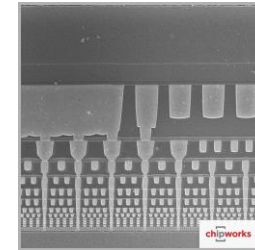


10  $\mu\text{m}$  process  
2300 transistors  
108 kHz; 16-pin DIP;  
1 metal layer

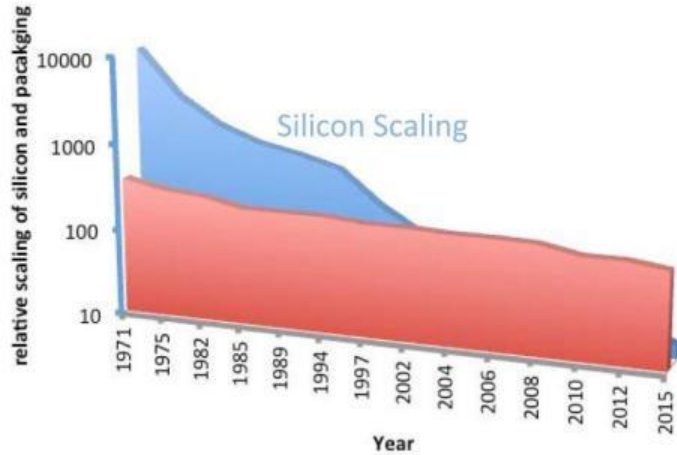
Intel 4004 (1971)



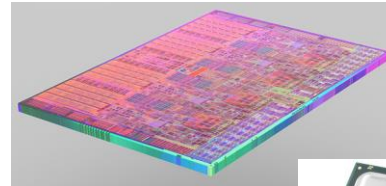
Intel Core i7 (2016)



22 nm process  
 $\sim$  2 Billion transistors  
2,9 GHz  
FC-BGA  
X metal layer



Package Scaling



S. Iyer (UCLA), IEEE Trans CPMT 2016

Source: Intel, 2016

# Research and Development Value Chain

DAY 2018  
INNOVATION

Microelectronics



Peripherals

Requirements

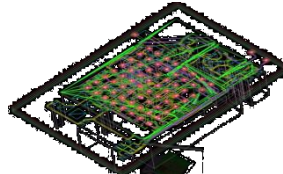
e.g. Design Rules  
for Systemintegration

e.g. MEMS, Photonic, Power

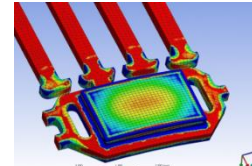
Solution  
Development



Technology

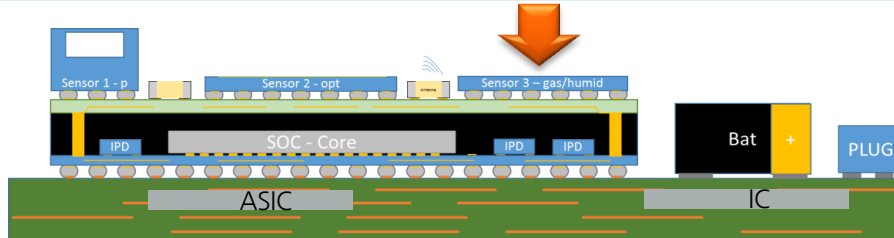


Design



Reliability

Assembly and  
Manufacturing



# Packaging: Key Role for High Reliable Automotive Applications

DAY 2018  
INNOVATION

AUDI AG Paradigmenwechsel in der Entwicklung von Automobilelektronik - Progressive Semiconductor Program (PSCP)

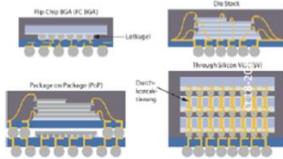
## Megatrend: Piloted driving

Halbleiter: Herausforderungen und Trends



zFAS

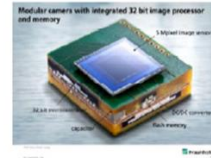
zFAS: Zentrale Fahrerassistenzsystem



3D packaging



Next level integration



Integrated systems

### Entwicklungstrends im Themenfeld „Piloted Driving“

- > Hochintegration: mehr „Performance“ und Funktion in kleinerem Raum - „more than Moore“
- > Systemlösungen: Systemintegration auf „Halbleiterformat“ – komplexe heterogene Integration
- > Neue Speicherlösungen: 3D Speicher, i.e. Hybrid Memory Cube (HMC), HSM, V-NAND  
alternative Speicher Technologien – MRAM, ReRAM, PCRAM

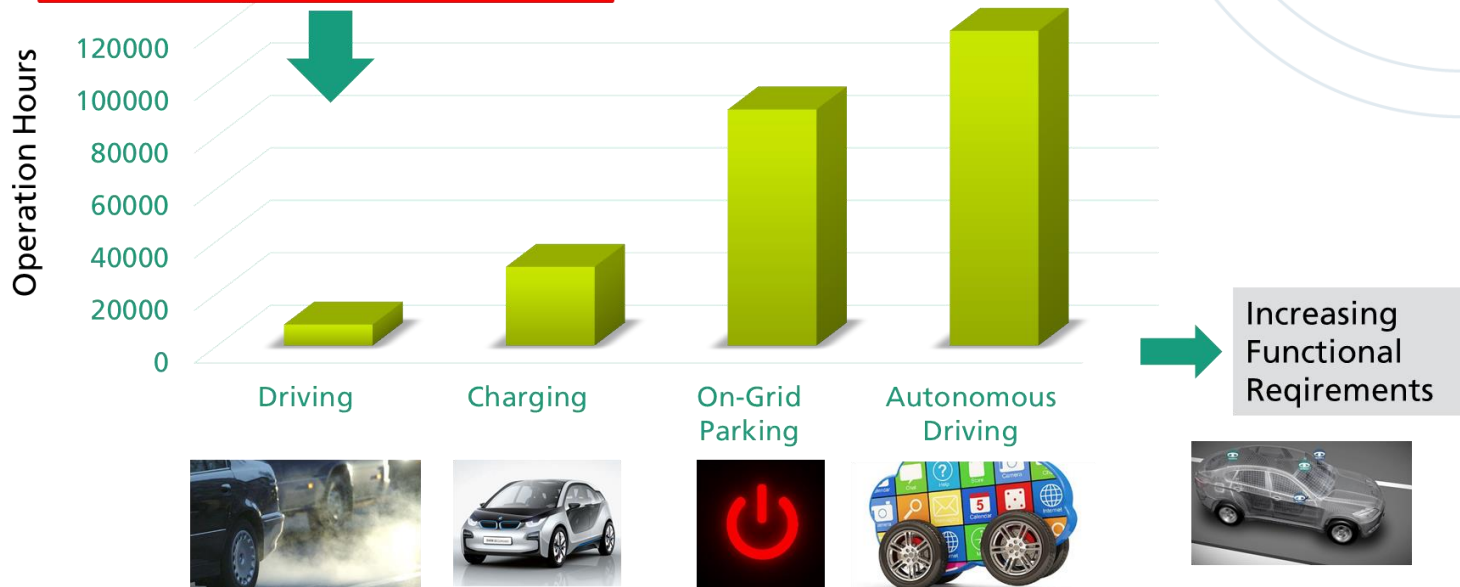
### Herausforderungen

- > Mehr „Performance“ bei robuster Funktion und Zuverlässigkeit über die Fahrzeuglebensdauer
- > Systemkostenreduzierung
- > Neue Zulieferer mit neuen Verantwortungen – ISO 26262, funktionale Sicherheit, ....
- > Neue Herausforderungen an die Fehleranalyse durch kontinuierlich neue Technologien

B. Hellenthal, Audi AG

# Example: Changing Requirements in Automotive Market

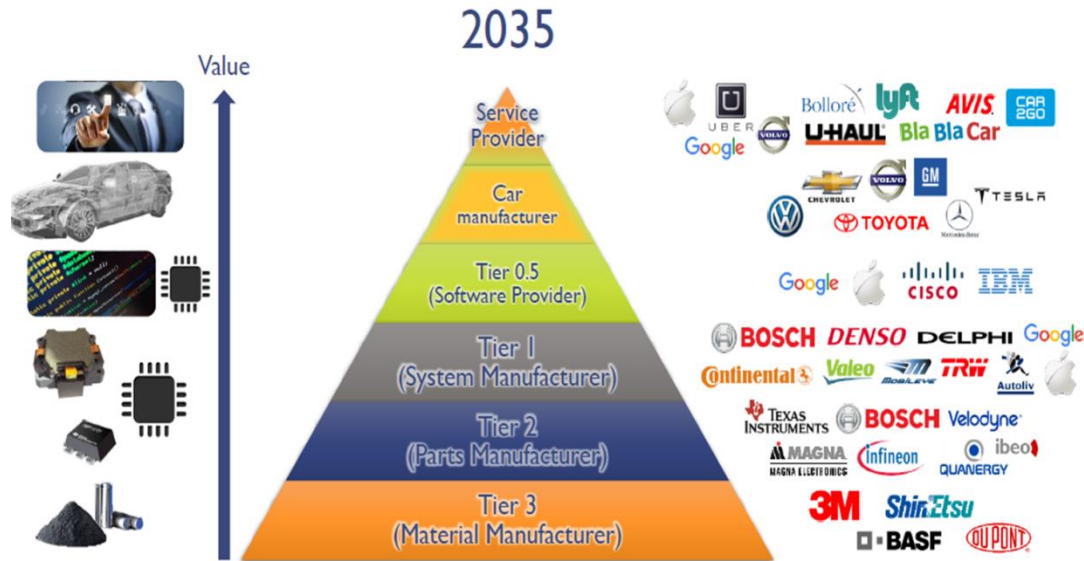
Current standards and experiences address only this part of operation !





# Possible Industrial Chain for Automotive 2035

DAY 2018  
INNOVATION

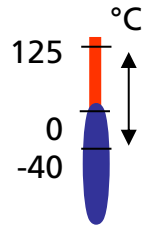


Source: Yole 2017

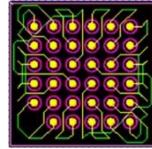


# Thermo-mechanical Fatigue of Advanced Packages

## Reliability of WL CSPs on board level



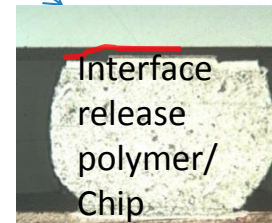
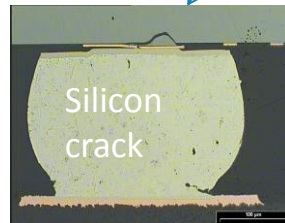
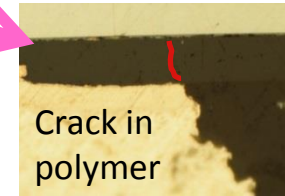
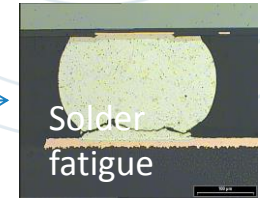
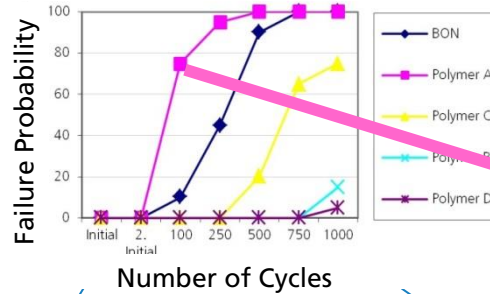
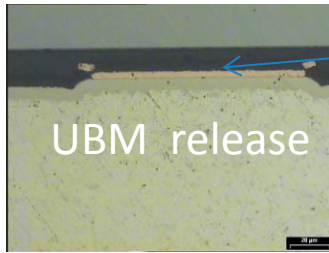
3x3 mm<sup>2</sup> chip  
400µm pitch



WLCSP

RDL polymer

PCB

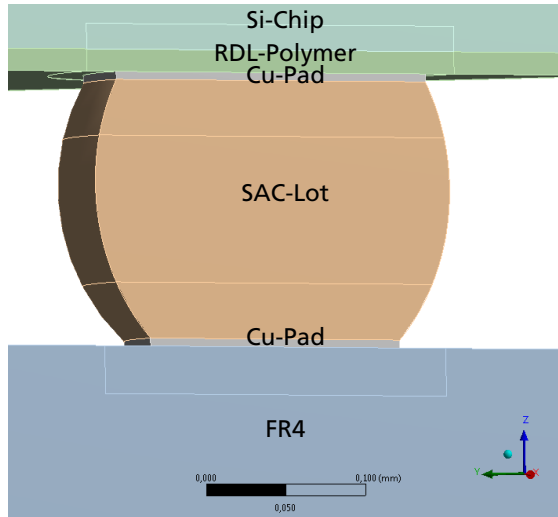


Different failure mechanisms for different polymers observed

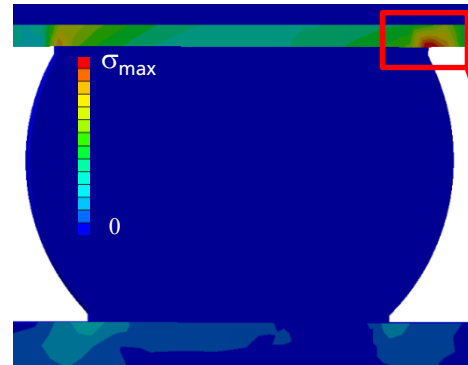
# Thermo-mechanical Fatigue of Advanced Packages

## Reliability of WL CSPs on board level

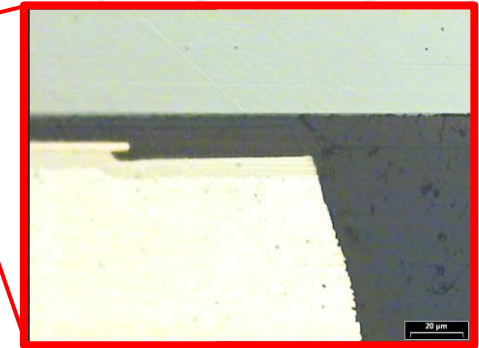
Materials



Equivalent Stress Distribution



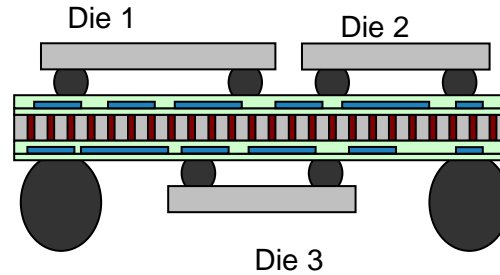
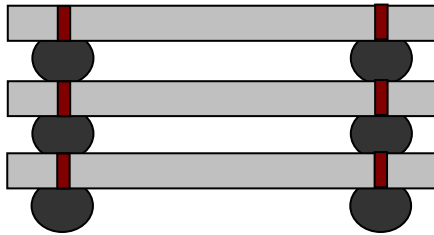
Failure Mode



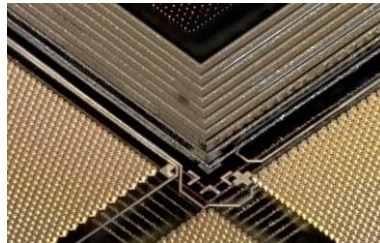
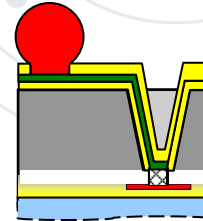
crack in polymer

# 3D Integration – Through Silicon Vias (TSVs)

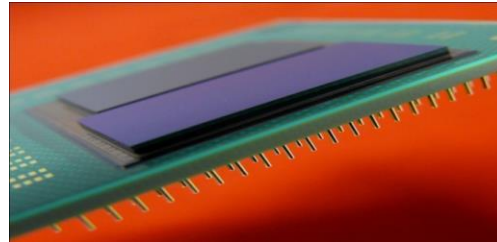
DAY 2018  
NOVA  
TION



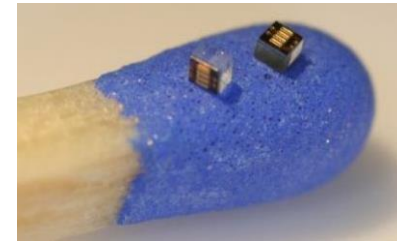
T  
S  
V



Stacked Chips

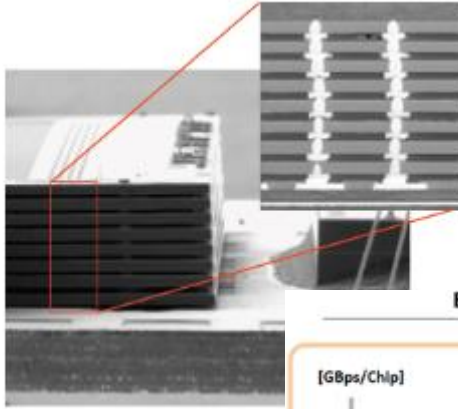


Interposer

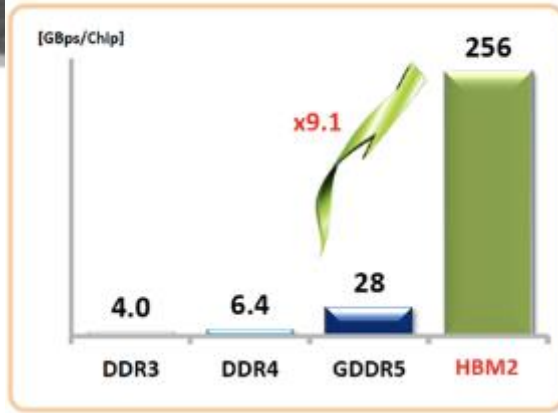


Sensors

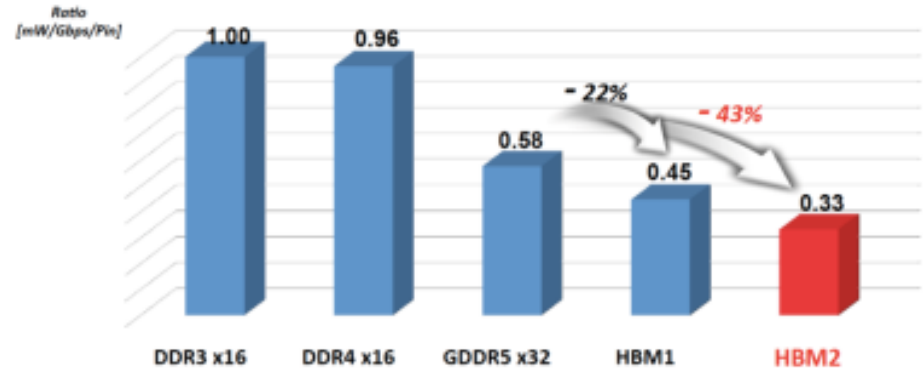
# Motivation for: 3D-Die Stacking



Bandwidth Per Chip

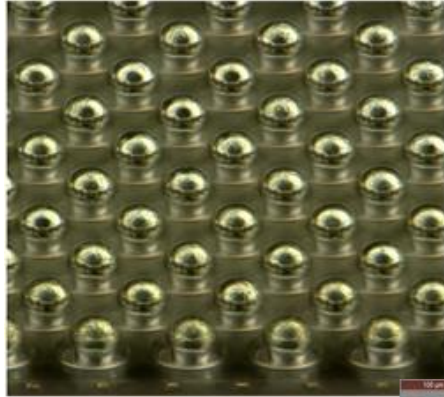


Power Efficiency @ IDD4R

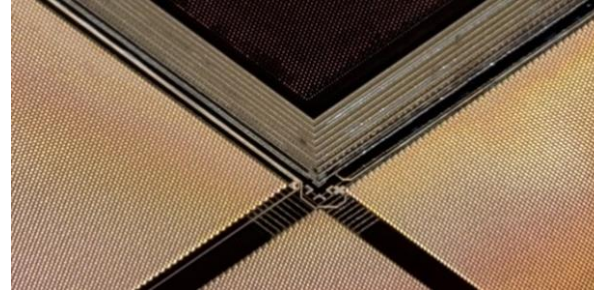
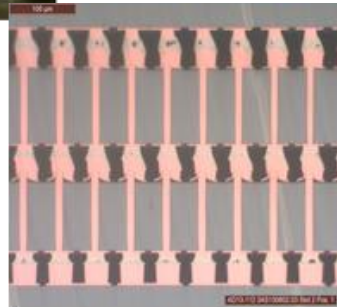


Source: Samsung, SK Hynix

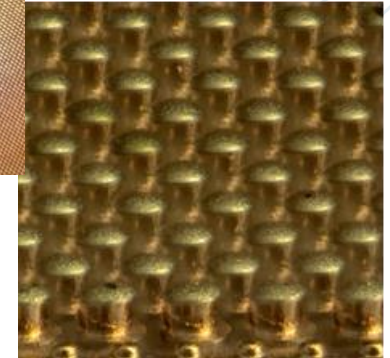
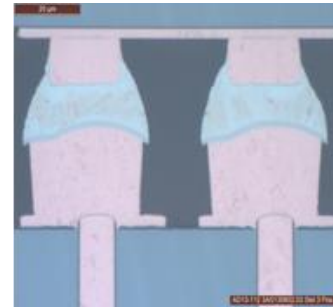
# 3D-Die Stacking e.g. 10x die stack



Cu/ SnAg  $\mu$ -interconnects  
(25 $\mu$ m/ 55 $\mu$ m),  
Contact height 30 $\mu$ m

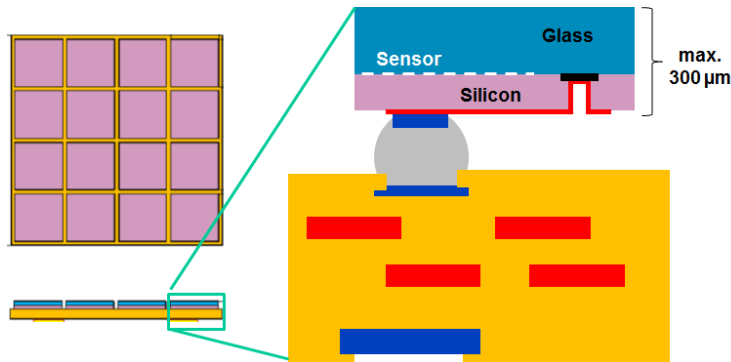
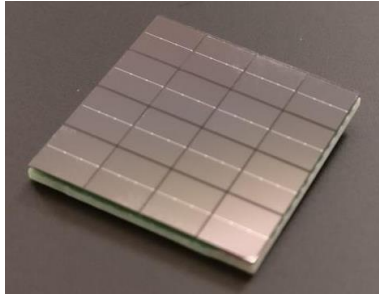


10x die stack



Cu-pillar  $\mu$ -interconnects  
(25 $\mu$ m/ 55 $\mu$ m),  
Contact height 30 $\mu$ m

# 4x4 Sensor Array in High-Density Technology



- Sensor chips are arranged in arrays
- Wafer level packaging of sensor chips with through silicon vias (TSVs)
- Redistribution of electrical connections to back side of chips enables dense side-by-side placement with minimal gaps for high efficient usage of array surface area
- Each sensor chip is protected by a thin glass layer which is transparent for light
- Array assembly of sensor chips by pick & place and reflow soldering



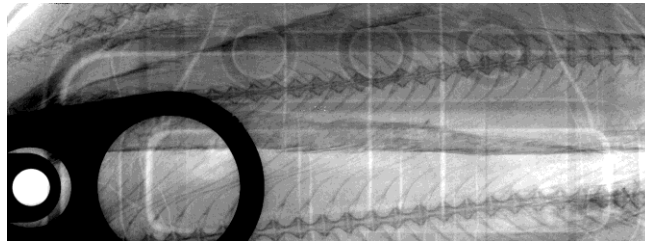
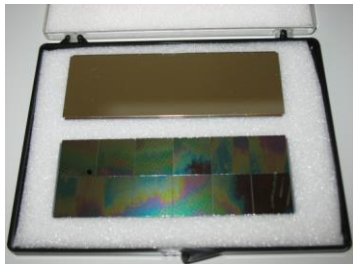
# MEDIPIX3 – Pixeldetector Module for Synchrotron Sources

DAY 2018  
INNOVATION



sensor chip 87x30mm<sup>2</sup>

12-chip MEDIPIX-3 module



X-ray of a fish tin with just one module

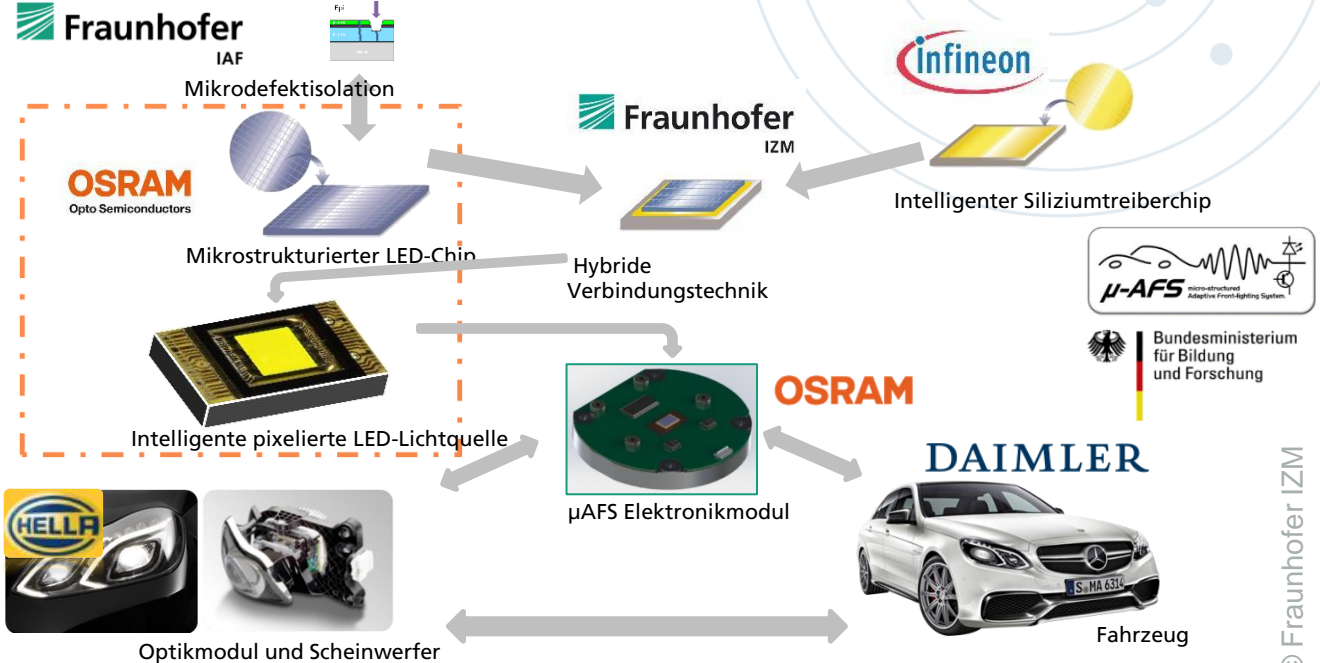
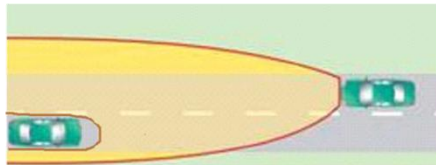
- Assembly of the so far largest MEDIPIX-modules worldwide with 12 MEDIPIX-3 readout chips of the latest generation
- Test modules for x-ray detection on Synchrotron radiation sources
- Application area: e.g. in protein crystallography



# Adaptive Front Lighting Systems

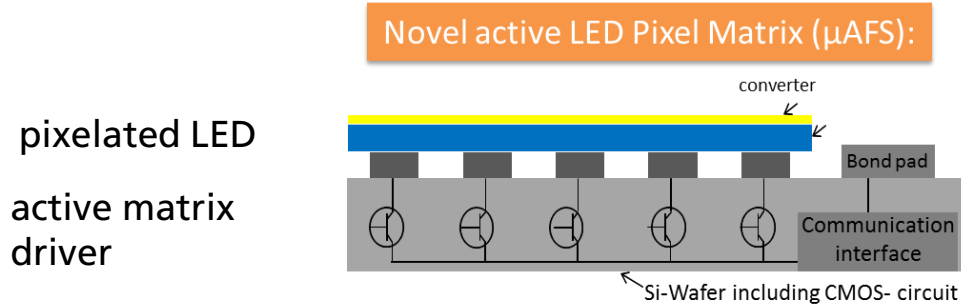
DAY 2018  
NOVA  
TION

## AFS/ADB- Scheinwerfer



# Adaptive Front Lighting Systems: LED Pixel Matrix

DAY 2018  
INNOVATION



64 pixel/mm<sup>2</sup>  
2 W/mm<sup>2</sup>

Thermal concept:  
Metal based bump array  
with high filling ratio  
45 $\mu$ m pitch, 15 $\mu$ m space



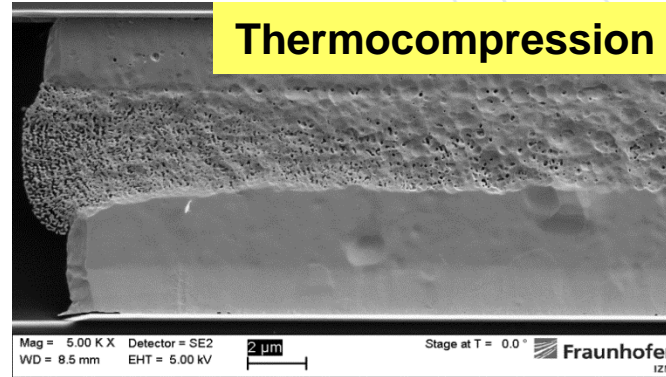
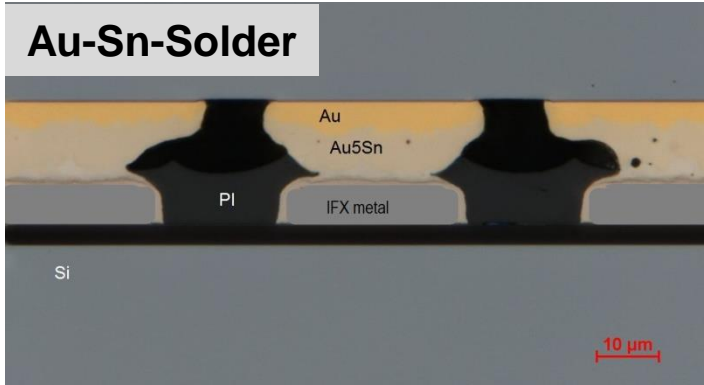
General requirements for hybrid integration:

- fluxless joining method → no optical contaminations
- height tolerant joining method → address chip topography
- mechanical robust interconnects → LED post processing
- very low thermal resistance → minimize junction temperature
- high temperature interconnects → lower cooling effort
- wafer level assembly → volume manufacturing & low cost

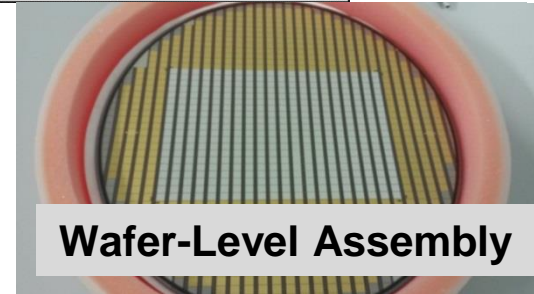
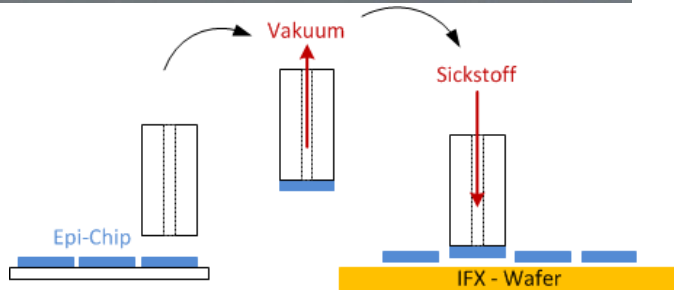
# Adaptive Front Lighting Systems: Interconnection

DAY 2018  
INNOVATION

## Au-Sn-Solder



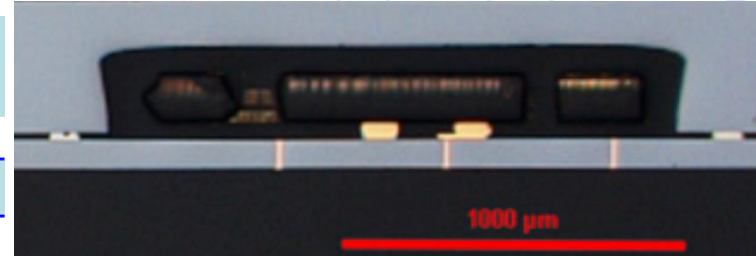
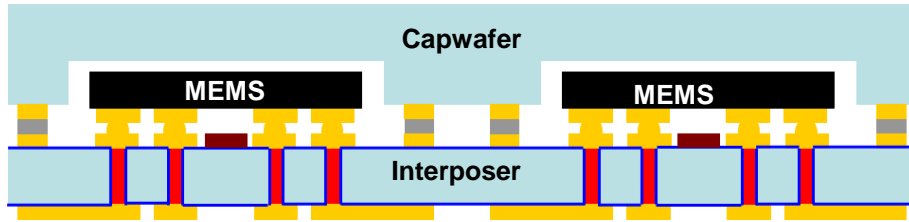
## Thermocompression



© Fraunhofer IZM

# Hermetic Encapsulation of MEMS on Wafer-level based on 3D Silicon Interposer Technology

DAY 2018  
TNOVA  
TIONA

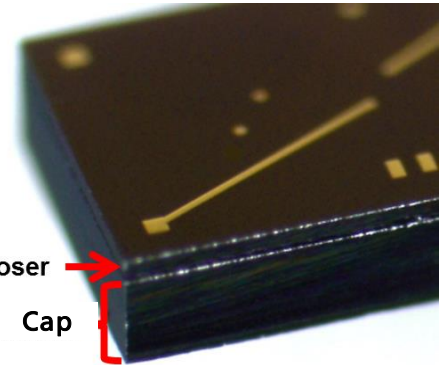


## Process steps:

- Processing of Si wafers with TSVs
- Assembly of MEMS components on wafer-level
- Wafer bonding of a cap wafer using AuSn-Soldering
- Singulation

Dimension of completed component (L x W x H)  
 $2.2 \times 1.4 \times 0.5 \text{ mm}^3$

8305 Components on one 200 mm wafer



Go4-TIME

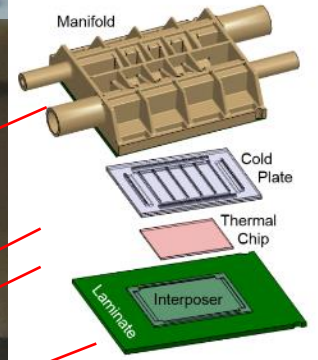
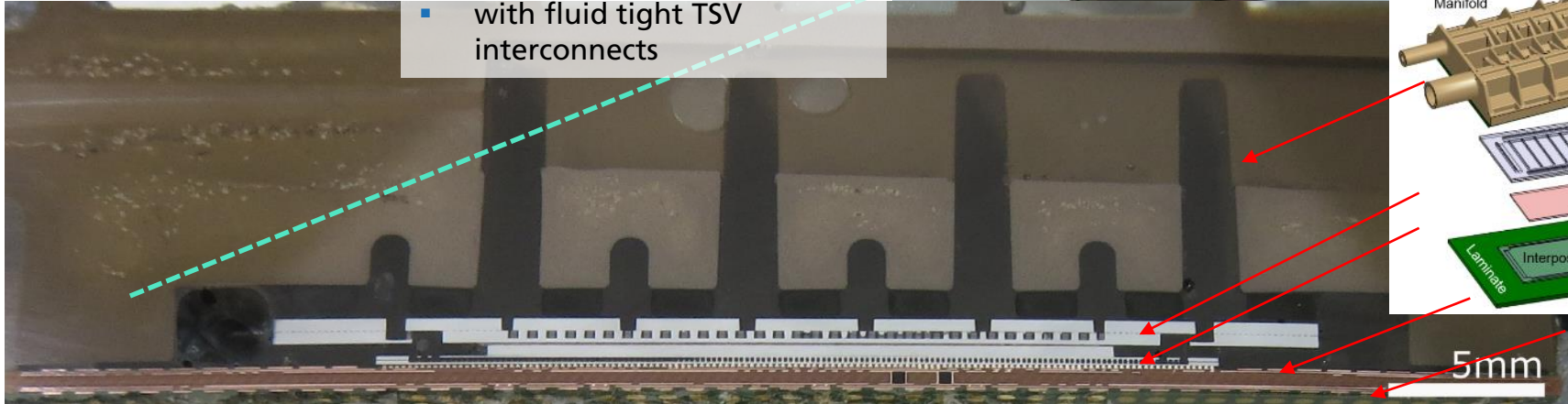
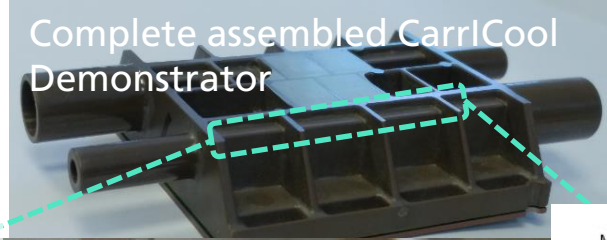
# SiP Power Module - CarriCool

DAY 2018  
NOVA  
TION



- Two shell Si interposer fluidport & micro cavity integration
- deep microcavities (one shell: 130 $\mu$ m with TSVs / 700 $\mu$ m)
- with fluid tight TSV interconnects

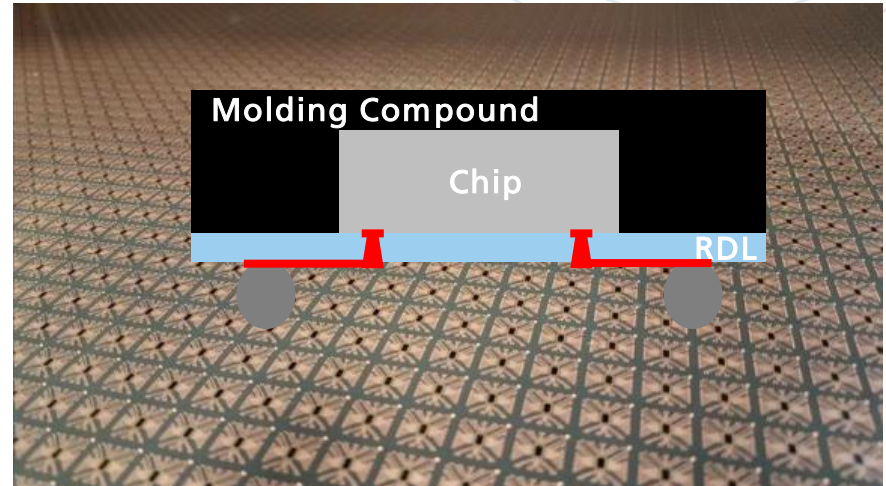
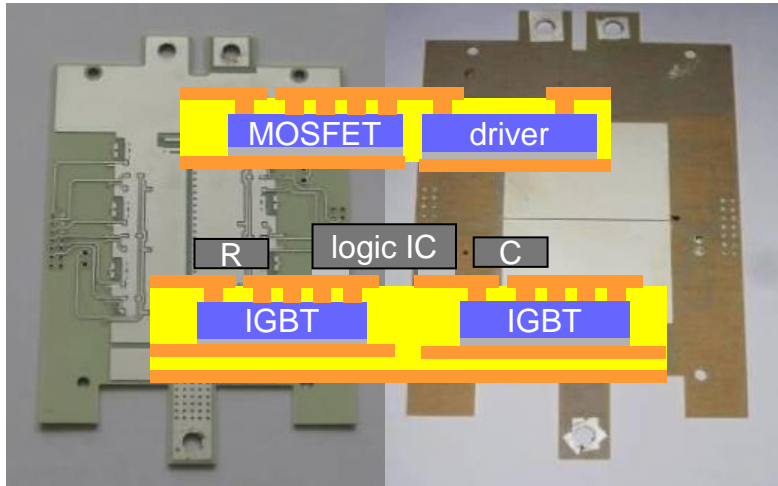
Complete assembled CarriCool Demonstrator





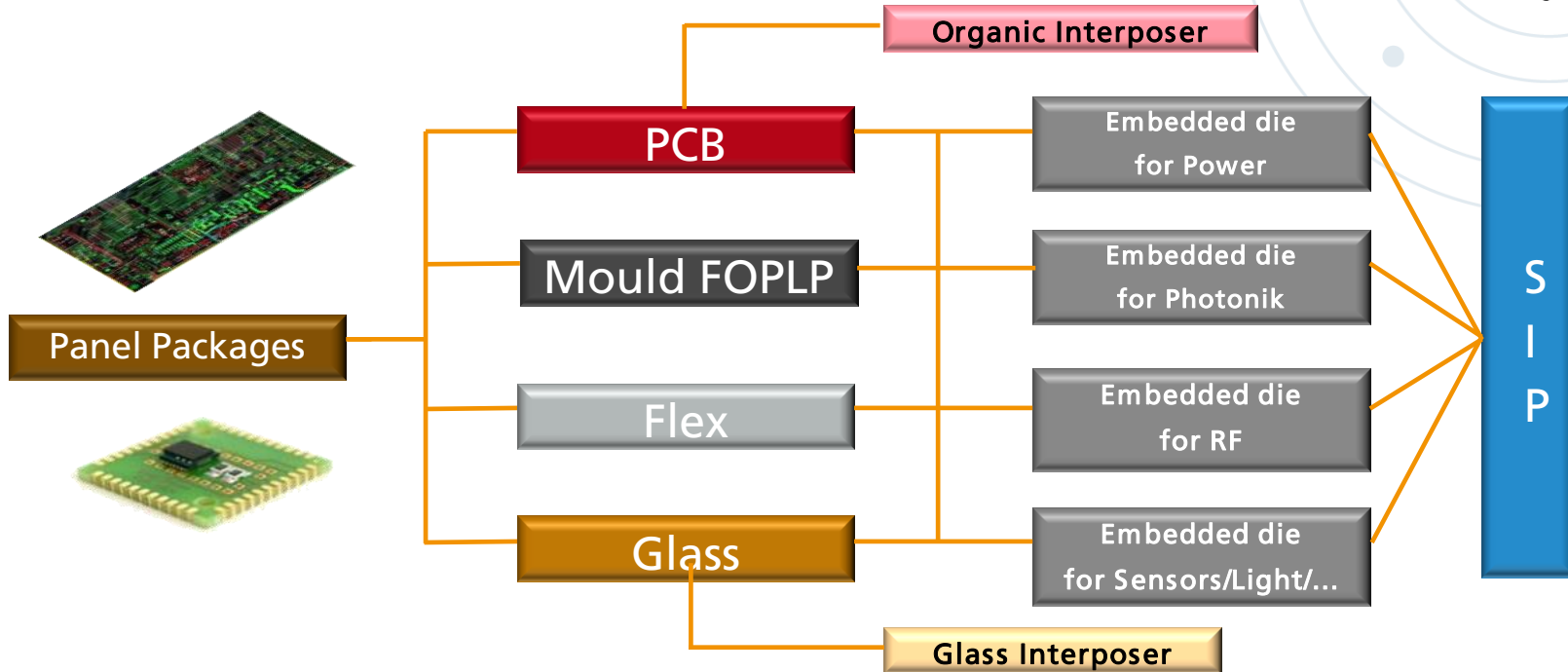
# Panel Level Packaging = Chip Embedding!!!

- Embedding into PWB (Embedded Die)
- FOWLP (Fan-Out Wafer Level Packaging)



# Microsystems / SiP @ IZM using Panel Level Packaging

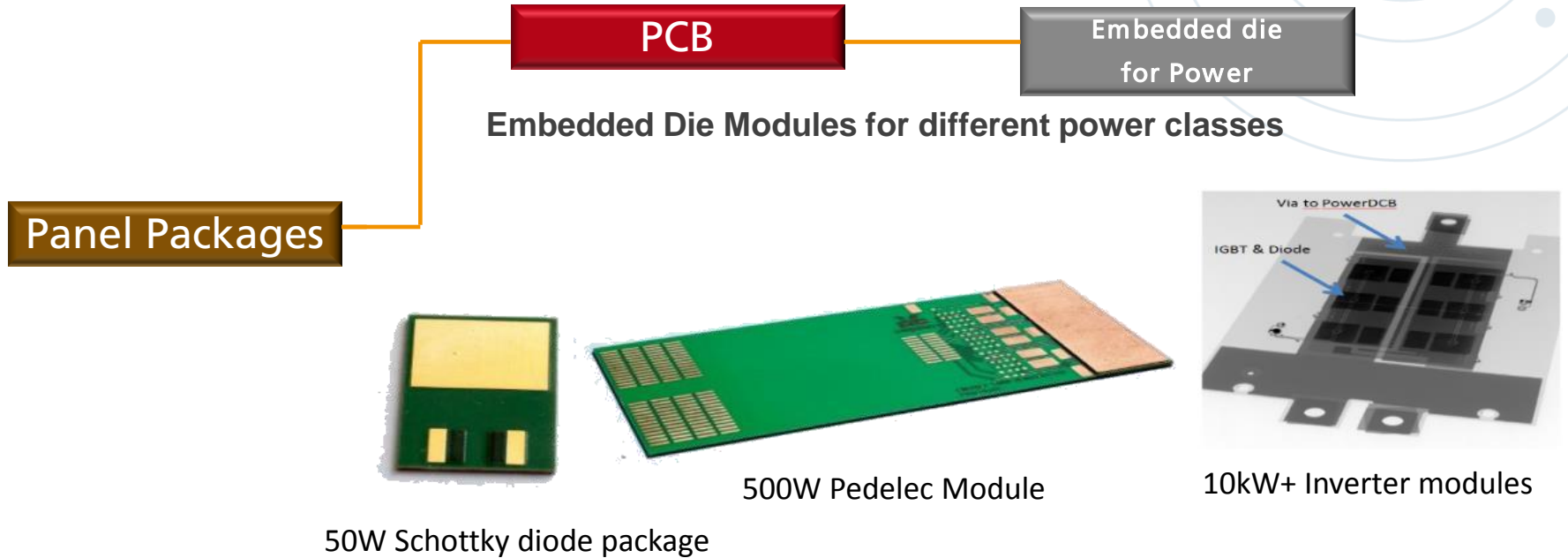
DAY 2018  
INNOVATION





# Microsystems / SiP @ IZM using Panel Level Packaging

DAY 2018  
INNOVATION



# Microsystems / SiP @ IZM using Panel Level Packaging

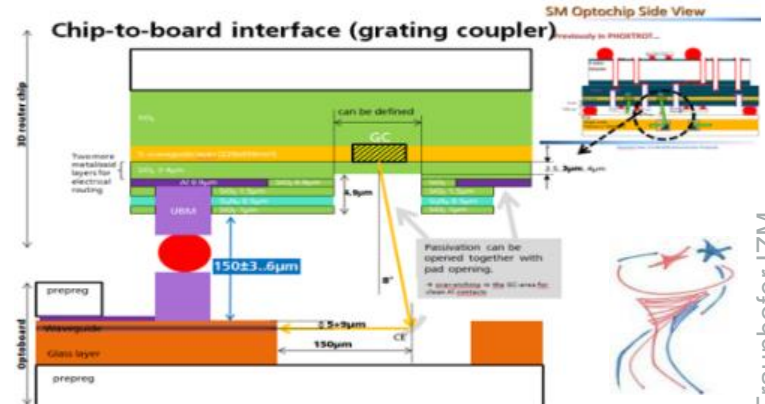
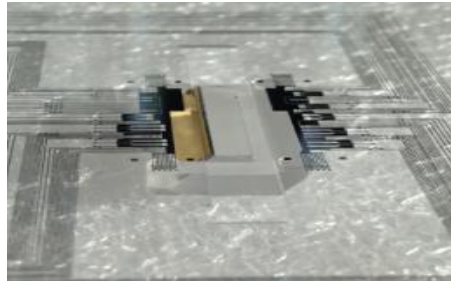
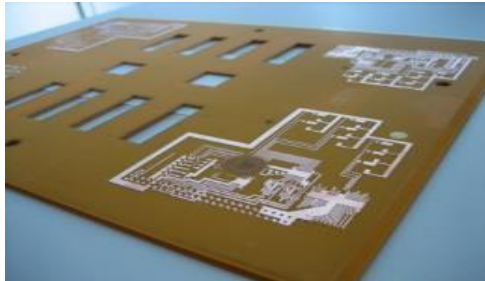
DAY 2018  
TNOVA

Glass  
PCB

Embedded die  
for Photonik

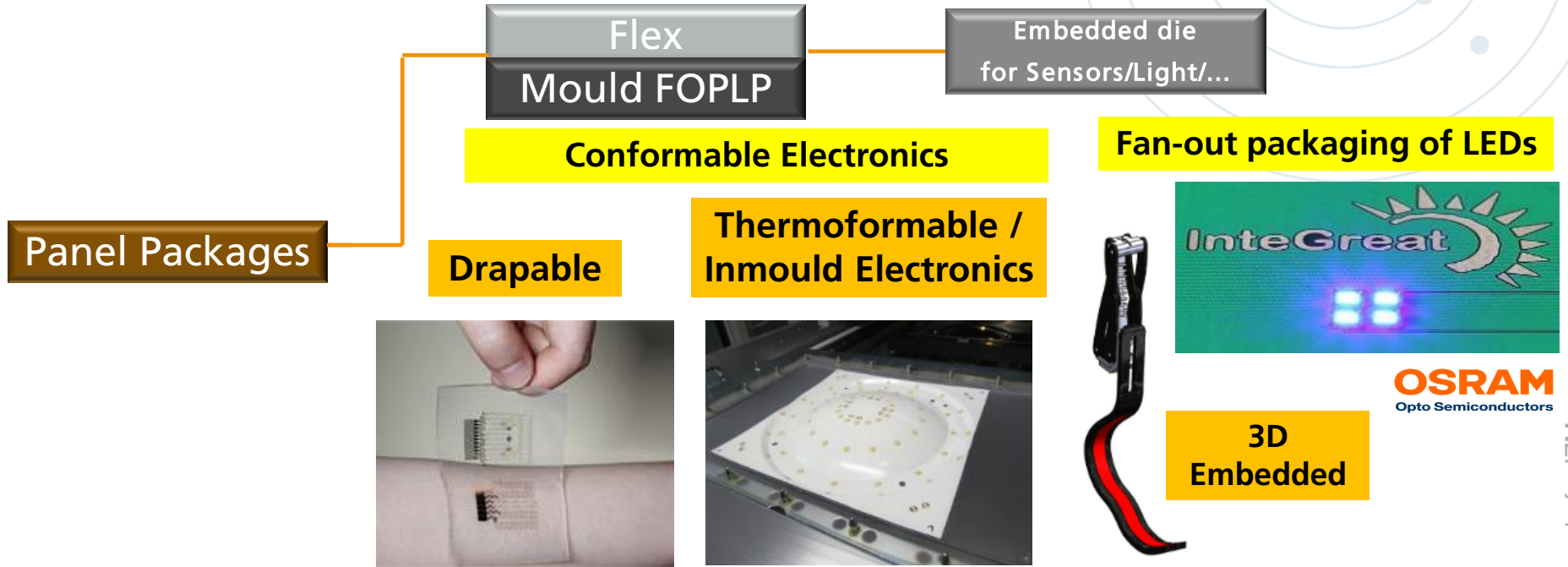
Embedding for Photonic Interconnects (Data Center)

Panel Packages



# Microsystems / SiP @ IZM using Panel Level Packaging

DAY 2018  
INNOVATION



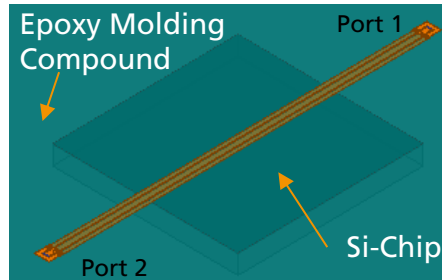
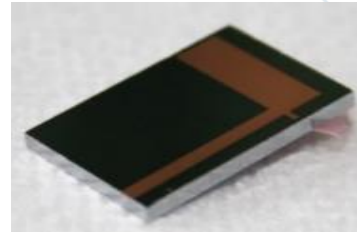
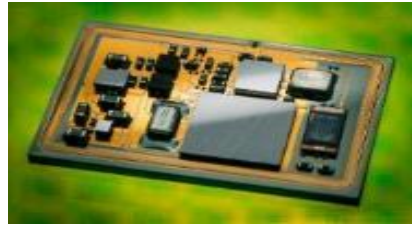
# Microsystems / SiP @ IZM using Panel Level Packaging

DAY 2018  
INNOVATION

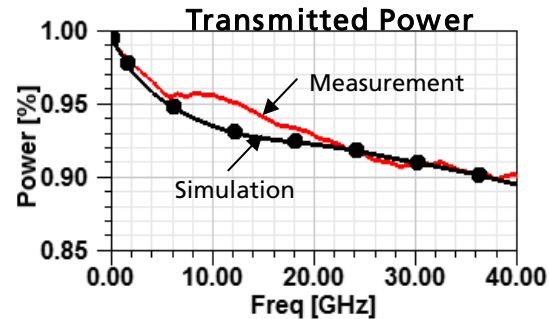
Panel Packages

Mould FOPLP

Embedded die  
for RF



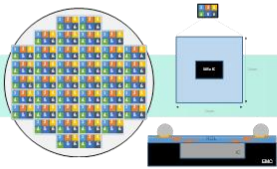
Coplanar transmission line



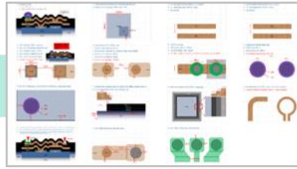
# Multi-Project Approach for Small Volume RF-Chips as an Example

DAY 2018  
INNOVATION

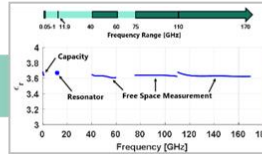
MPFOWLP  
Definition



Design Rules



RF Material  
Characterization



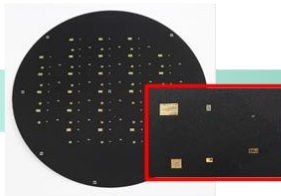
Package & Wafer  
Design



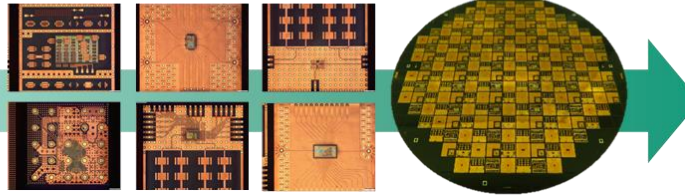
Thermo-mech.  
Simulations



Reconfigured  
Wafer



Redistribution Layer & Testing

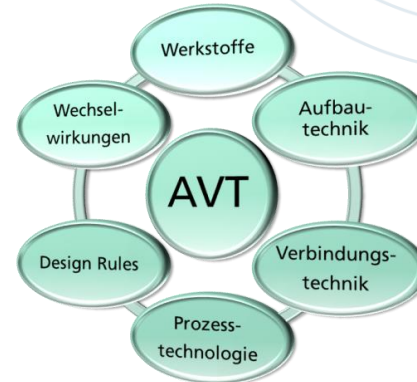


# Robust Design of new Electronic Components for E-Mobility Applications

DAY 2018  
INNOVATION

- Challenge
  - Increasing requirements for systems with semiconductor components
  - Short development cycles
- Approach
  - Identification of Requirements and Testing Methods
  - Identification of packaging technology condition monitoring parameters

Project: RESCAR 2.0 (funded by BMBF)



**BOSCH**



Sub contractor:

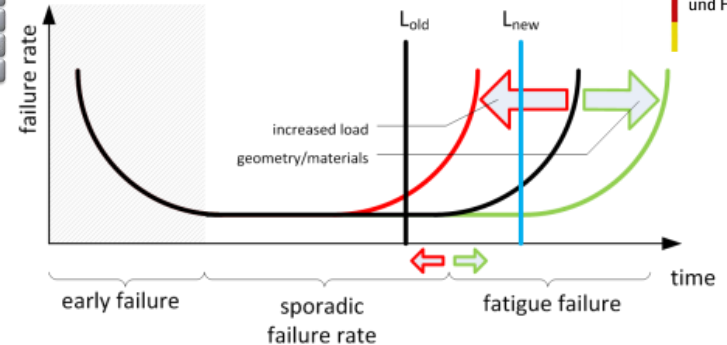
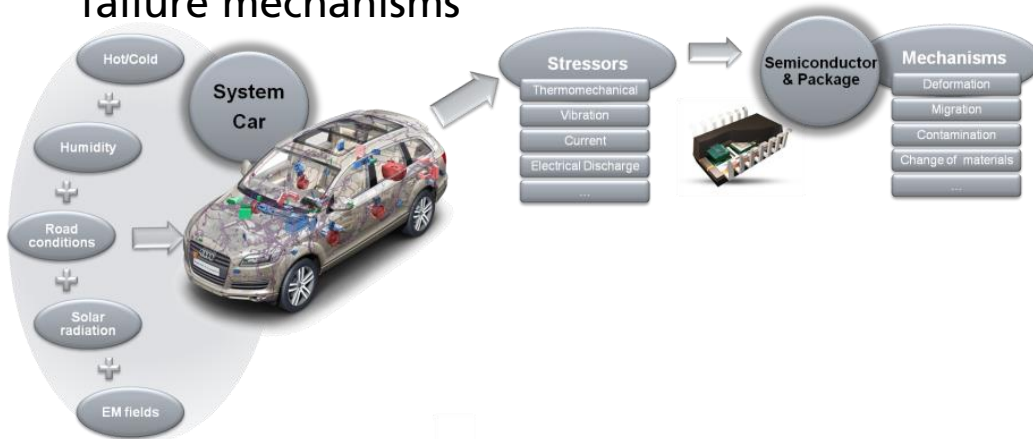
Uni Hannover, Uni Tübingen, FHG-IZM, FHG-IIS/EAS, TU Dresden, Uni Bremen



# Consideration of Failure Mechanisms Concerning Application Environment

DAY 2018  
TNO  
NOVA

- Application specific loads caused by the environment and operation conditions
- Estimation of loads to a semiconductor and its packaging technology
- Figuring out the relevant failure mechanisms and determine the impact of minor failure mechanisms

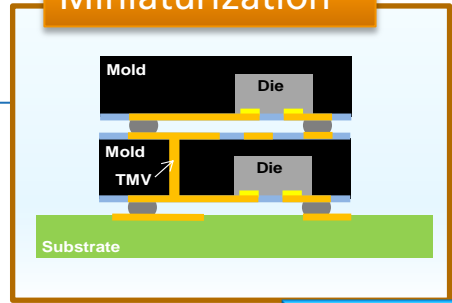


RES 2.0  
CAR  
Robustness in the Field  
of Electromobility

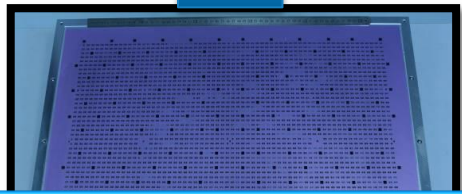
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

© Fraunhofer IZM

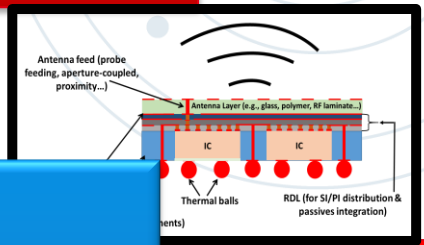
Miniaturization



Cost



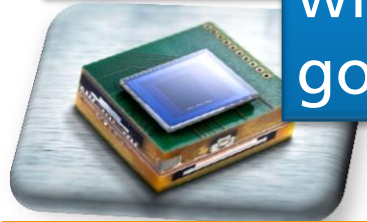
Electrical performance



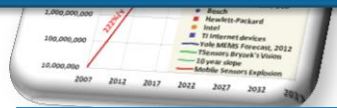
Consumer, M...  
 Industrie 4.0,  
 Robotik

SiP/Heterogenous Integration:  
 A platform for many applications  
 with improved reliability and  
 good electrical performance!

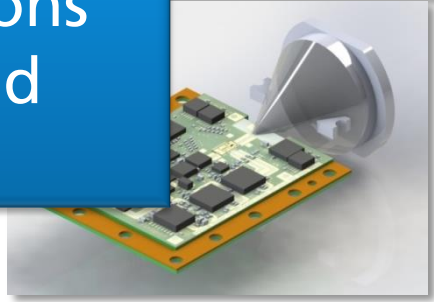
Modules, 5G



Camera with image processing



Trillion Sensor Vision



W-Band Radar System

DAY 2018  
INNOVATION

FMD INNOVATION DAY 2018  
Smart Micro Systems