

# Fachvortrag

## Parylenebeschichtung

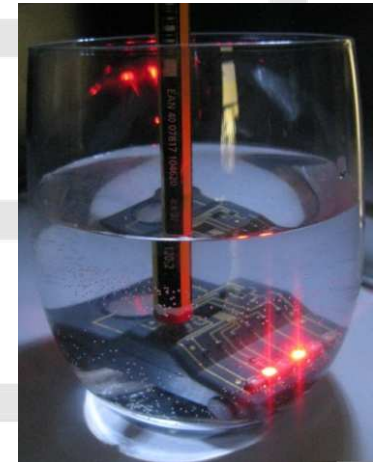
Dauerhafte Versiegelung elektronischer  
Baugruppen mit extremen Anforderungen

Heicks Parylene Coating GmbH  
Dipl.-Ing. Rudolf Heicks

# Allgemeine Hinweise zur MID-Technologie

- MID

- sind räumliche spritzgegossene Schaltungsträger (Molded Interconnect Devices)
- sind Kunststoff- oder Metallformteile mit integrierter Leiterbildstruktur
- sind meistens gleichzeitig Gehäuse und Chassis mit integrierten mechanischen Trage-, Funktions- und Montageelementen
- bedeutet hohe Innovation durch hohe Gestaltungsfreiheit der MID Teile



**3-D MID Demonstrator**  
Forschungsvereinigung  
Räumliche Elektronische  
Baugruppen 3-D MID e.V.  
FAPS – Lehrstuhl für  
Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik

# Potenziale der MID-Technologie

- Nutzenpotenziale
  - Produktbasiert: Funktionsintegration, Miniaturisierung, Gestaltungsfreiheit, Produktkostenreduzierung, Gewichtsreduzierung
  - Produktionstechnisch: Teilereduzierung, kürzere Prozessketten, Kostenreduktion
  - Anwendungspotenziale: Sensortechnik, Antenne, 3D-Verdrahtung, Stecker, u. V .m.
  - Umweltverträglichkeit (MID Teile werden aus recyclebaren Thermo-Plasten hergestellt und sind unkritischer bei der Entsorgung als konventionelle Leiterplatten)
- MID-relevante Branchen: Automotive, Medizintechnik, IT- und Telekommunikation, Luft- und Raumfahrttechnik, Industrieautomatisierung



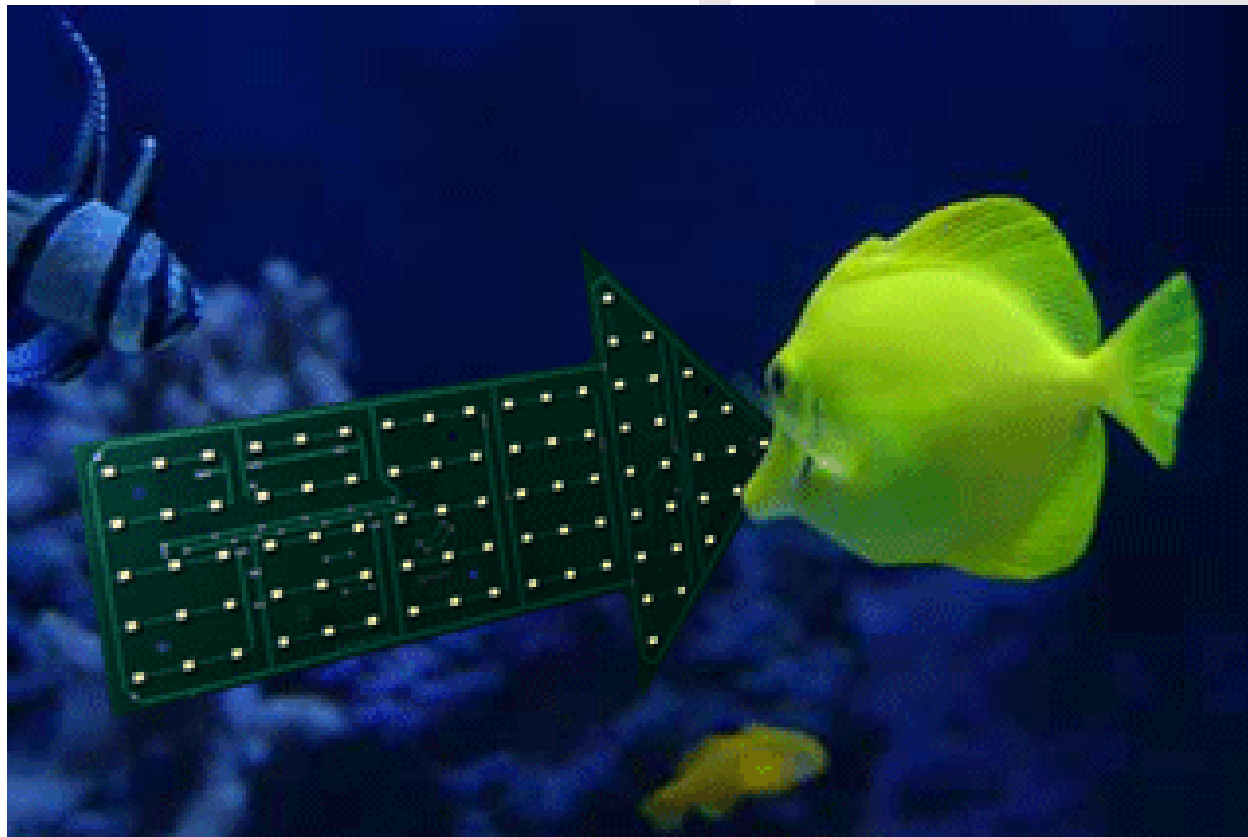
**3-D MID Demonstrator**  
Forschungsvereinigung  
Räumliche Elektronische  
Baugruppen 3-D MID e.V.  
FAPS – Lehrstuhl für  
Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik

# Agenda

- **Was...**  
passiert durch Feuchteeinwirkung?
- **Womit ...**  
werden zu beschichtende Flächen/Teile geschützt?
- **Wie...**  
findet der Paryleneprozess statt?
- **Wodurch...**  
zeichnet sich die Parylenebeschichtung aus?
- **Wo...**  
werden Parylenebeschichtungen eingesetzt?
- **Wieviel...**  
kostet eine Parylenebeschichtung?

# Parylenebeschichtung

## Anwendungsbeispiel



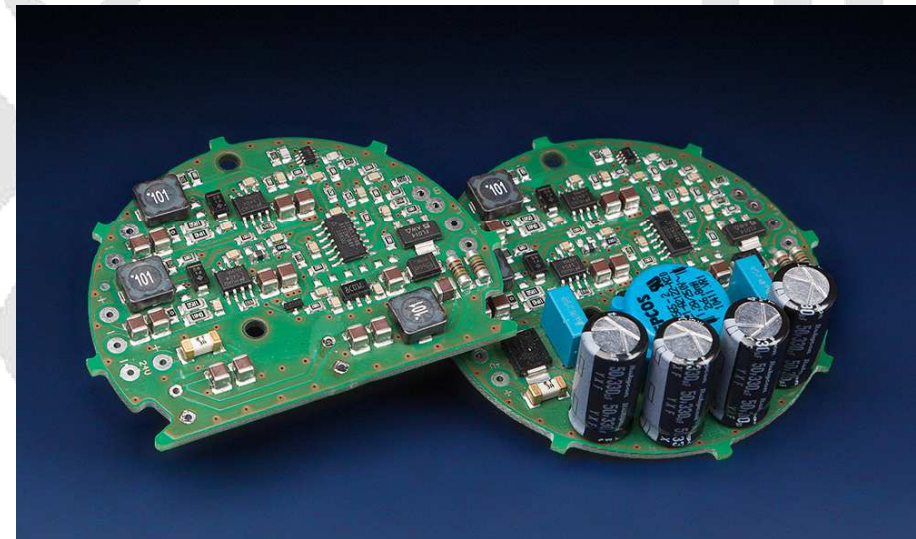
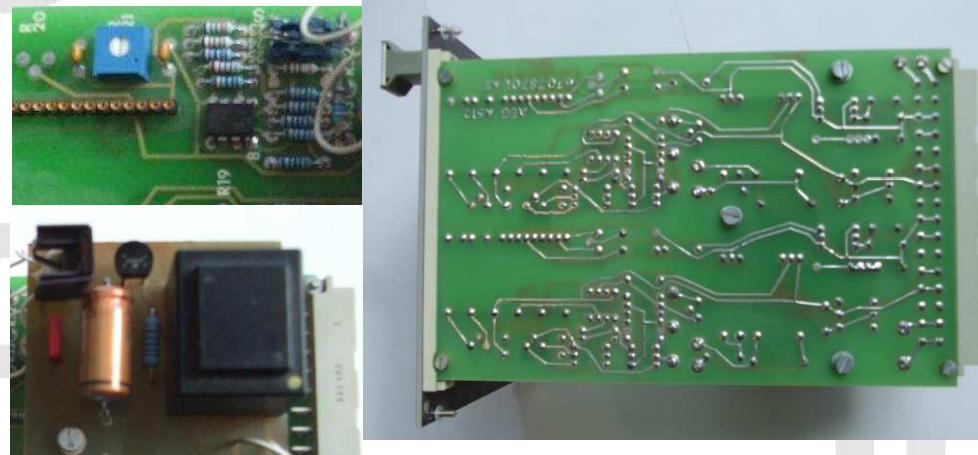
Parylene beschichtete Baugruppe

# Agenda

- **Was...**  
passiert durch Feuchteinwirkung?
- **Womit ...**  
werden zu beschichtende Flächen/Teile geschützt?
- **Wie...**  
findet der Paryleneprozess statt?
- **Wodurch...**  
zeichnet sich die Parylenebeschichtung aus?
- **Wo...**  
werden Parylenebeschichtungen eingesetzt?
- **Wieviel...**  
kostet eine Parylenebeschichtung?

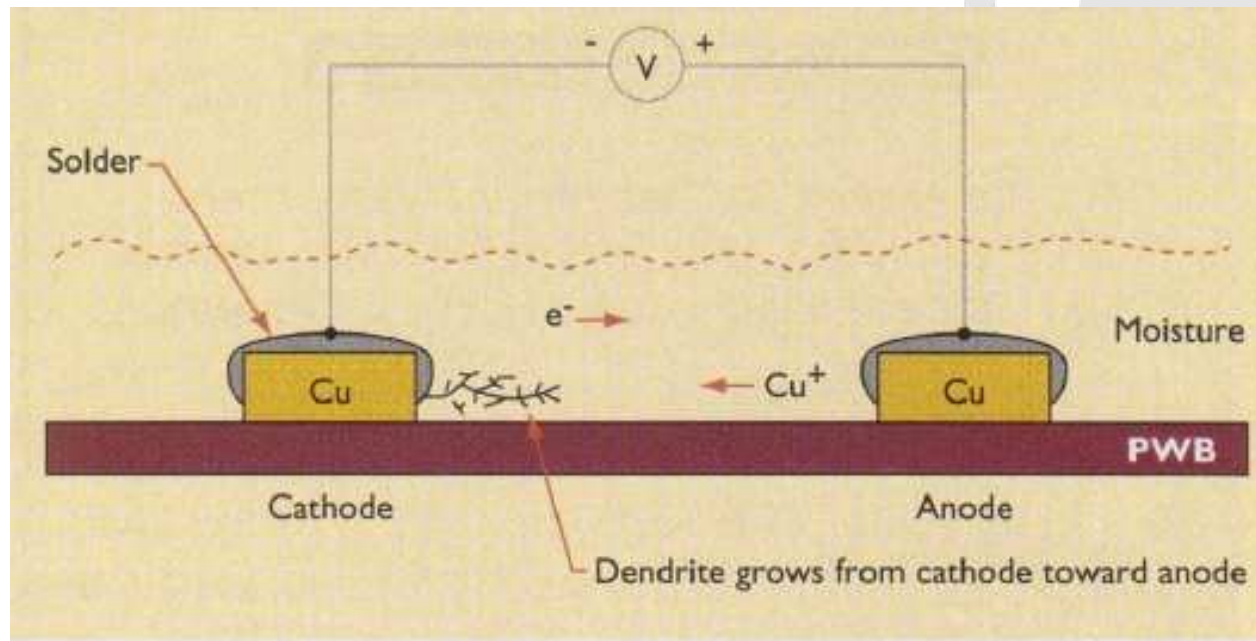
# Steigende Klimagefährdung

- Früher
  - Große Bauteile
  - Große Leiterbahnabstände
  - Geringe Bestückungsdichte
  - Geringe Klimaeinflüsse
- Heute
  - Immer kleiner werdende Bauteile
  - Sehr geringe Leiterbahnabstände
  - Stetig steigende Bestückungsdichte
  - Hohe Klimaeinflüsse



# Elektromigration

## Vorgang der Elektromigration



Quelle: EP&P/October 1999

## Feuchtigkeit & Verunreinigung (Fluxer/Salze/Fingerprints)

➔ Elektromigration

Auflösung der Metallisierung an der Anode

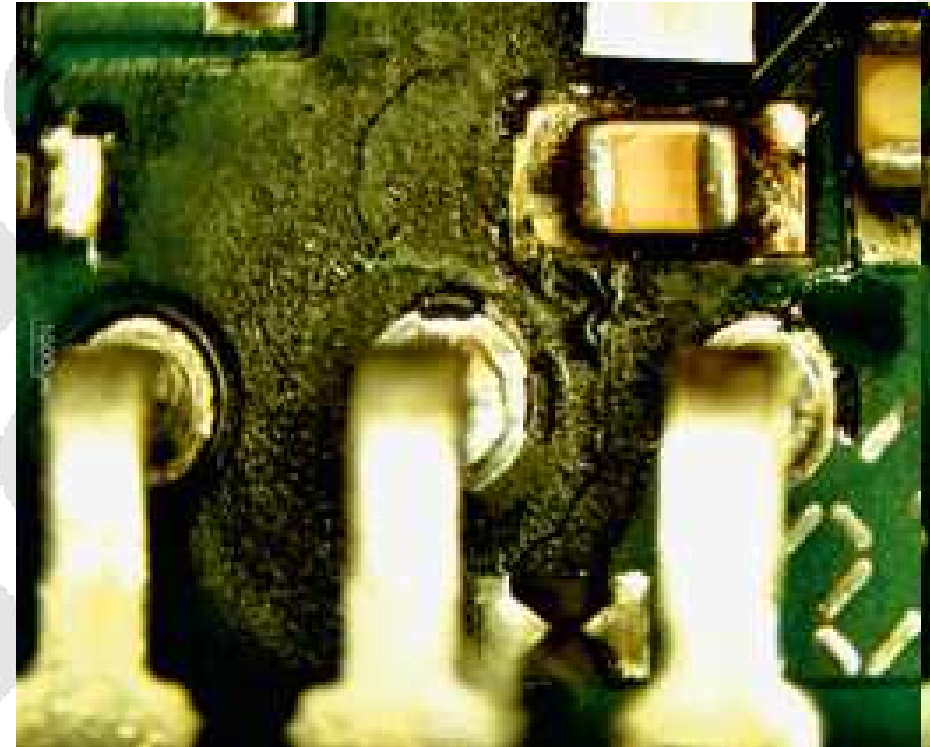
Abscheidung der Dendride an der Kathode





# Elektromigration

- Unter Feuchtebelastung ist die häufigste Ausfallursache bei elektronischen Flachbaugruppen durch Elektromigration bedingt.
- Dies führt dann zu Funktionsstörungen oder dem Totalausfall der Baugruppe.



**Elektromigration an einer elektronischen Baugruppe**

Quelle: AUCOTEAM GmbH

# Agenda

- **Was...**  
passiert durch Feuchteinwirkung?
- **Womit ...**  
werden zu beschichtende Flächen/Teile geschützt?
- **Wie...**  
findet der Paryleneprozess statt?
- **Wodurch...**  
zeichnet sich die Parylenebeschichtung aus?
- **Wo...**  
werden Parylenebeschichtungen eingesetzt?
- **Wieviel...**  
kostet eine Parylenebeschichtung?

# CVD Prozess = nahezu überall gleiche Schichtdicke



Vorteile



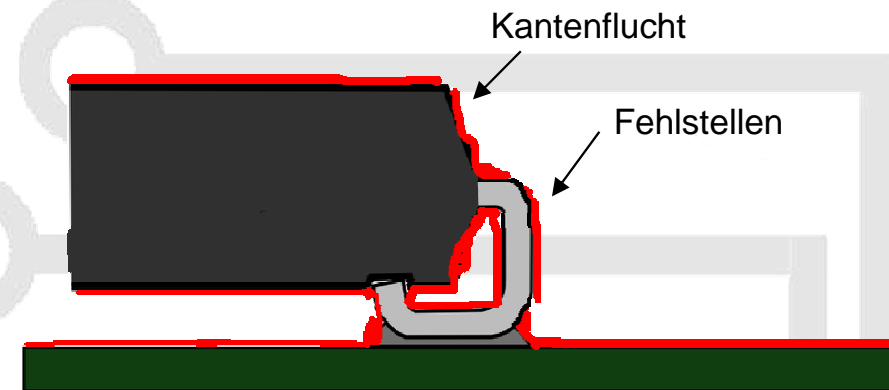
Nachteile

Lackieren	Parylene	Verguss
Streichen, Tauchlackieren, Selektives Lackieren	Vakuumprozess mit 5 verschiedenen Pulvern	Vollverguss mit Epoxydharz, Polyurethan oder Silikon
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preisgünstig</li> <li>• Schnelle Prozesszeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultradünne, transparente pinholefreie Schicht ab 0,2 µm / 5µ - 25µ</li> <li>• Kein Ausgasen von Lösungsmitteln/Weichmachern</li> <li>• Absolut biokompatibel und biostabil</li> <li>• Chemisch beständig</li> <li>• Geringes Gewicht</li> <li>• Hohe Temperaturbeständigkeit</li> <li>• Prozess findet bei Raumtemperatur statt</li> <li>• Strukturerhaltend (real conformal Coating)</li> <li>• Hervorragende elektrische Isolation, hohe Spannungsfestigkeit</li> <li>• Höchster Korrosionsschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der sehr dicken Beschichtung hoher Feuchtigkeitsschutz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur bedingte Schutzwirkung</li> <li>• Eventuell Ausgasen von Lösungsmitteln</li> <li>• Nicht pinholefrei</li> <li>• Ungleichmäßige Schichtdicken</li> <li>• Kantenflucht</li> <li>• Kaum Benetzung unter Bauteilen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vakuumprozess (Bauteile müssen Vakuumfest sein)</li> <li>• Lange Prozesszeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Aushärtzeit</li> <li>• Hohes Gewicht</li> <li>• Eventuell Ausgasungen</li> <li>• Begrenzte thermomechanische Zuverlässigkeit</li> </ul>

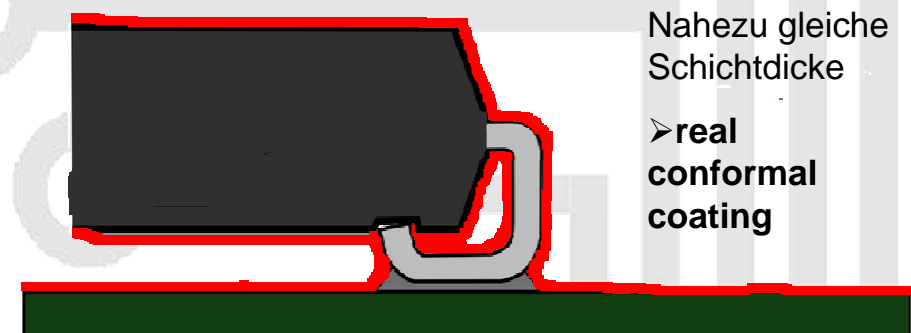
# Schutz von elektronischen Flachbaugruppen

## SMD - Bestückung

Üblicherweise werden Flachbaugruppen mit epoxid-, urethan-, silikon- und acrylhaltigen Lacksystemen vor Umwelteinflüssen geschützt. Oftmals reicht die Schutzwirkung bei hohen Beanspruchungen jedoch nicht aus.



Bauteil lackiert



Bauteil Parylene beschichtet

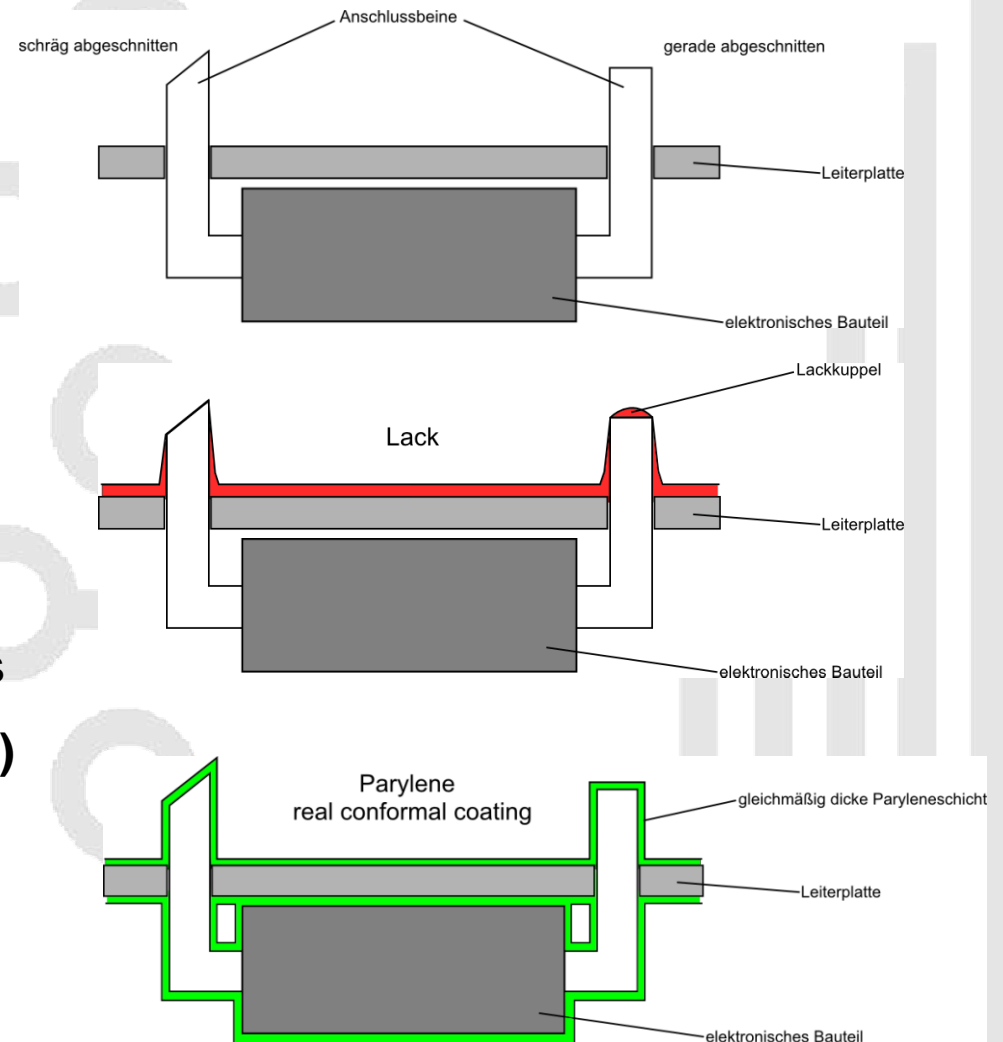
# Schutz von elektronischen Flachbaugruppen

## THT - Bestückung

Ursachen:

- Fehlstellen im Lack durch Poren oder Kantenflucht
- Nicht ausreichende Permeabilitätsdichte gegen Wasserdampf oder Schadgase

Hier kann eine aus einem Vakuumprozess abgeschiedene Polymerschicht (**Parylene**) die nötige Zuverlässigkeit der Baugruppe gewährleisten.

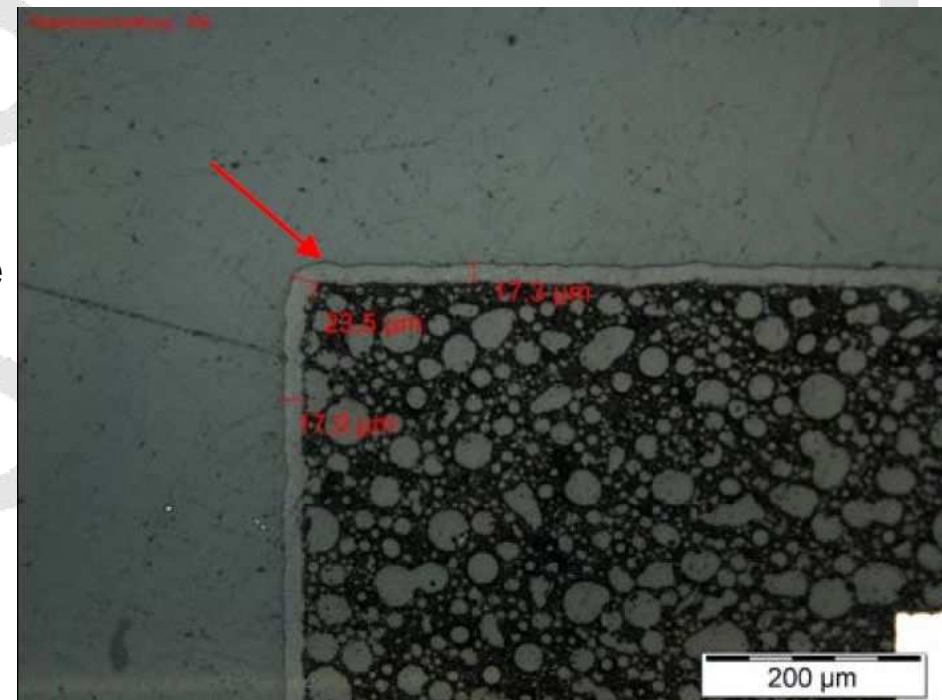


# Schutz von elektronischen Flachbaugruppen

## Schichtdicken auf elektronischen Bauteilen

Homogene Schichtdicke bietet Rundumschutz

- Im Kantenbereich bleibt die gewünschte Schichtdicke erhalten
- Die Parylenebeschichtung erreicht tiefe und enge Spalten und bedeckt sogar Spitzen
- Die Beschichtung ist nahezu porenfrei und strukturerhaltend

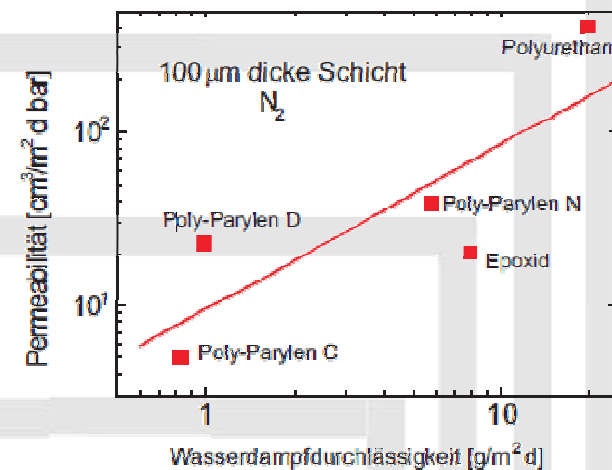


# Schutz von elektronischen Flachbaugruppen

## Widerstandsfähigkeit verschiedener Schutzschichten gegen eine 0,9 %ige Kochsalz-Lösung

Polymer	Beschichtungs-Methode	Schichtdicke [ $\mu\text{m}$ ]	Zeit bis zum Totalausfall
Poly-Parylen C	CVD	25	>30 d
Epoxid	Dippen	100 $\pm$ 25	6 h
PVC	Dippen	100 $\pm$ 12,5	8 h
Polyurethan	Dippen	100 $\pm$ 12,5	6 h
Silicon	Dippen	75 $\pm$ 12,5	58 h
Teflon	Sprühen	75	6 h

Quelle: G. Mordelt, P. Heim: High-Tech-Beschichtung der Zukunft, Metalloberfläche 52(5), 368 – 371 (1998)



Quelle: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, p. 1004 (1989)

# Agenda

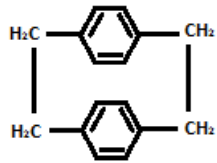
- **Was...**  
passiert durch Feuchteeinwirkung?
- **Womit ...**  
werden zu beschichtende Flächen/Teile geschützt?
- **Wie...**  
findet der Paryleneprozess statt?
- **Wodurch...**  
zeichnet sich die Parylenebeschichtung aus?
- **Wo...**  
werden Parylenebeschichtungen eingesetzt?
- **Wieviel...**  
kostet eine Parylenebeschichtung?



# Parylenebeschichtung

## Beschichtungsprozess

### 1. Verdampfung



Dipara-xylylen  
Dimer

### 2. Pyrolyse

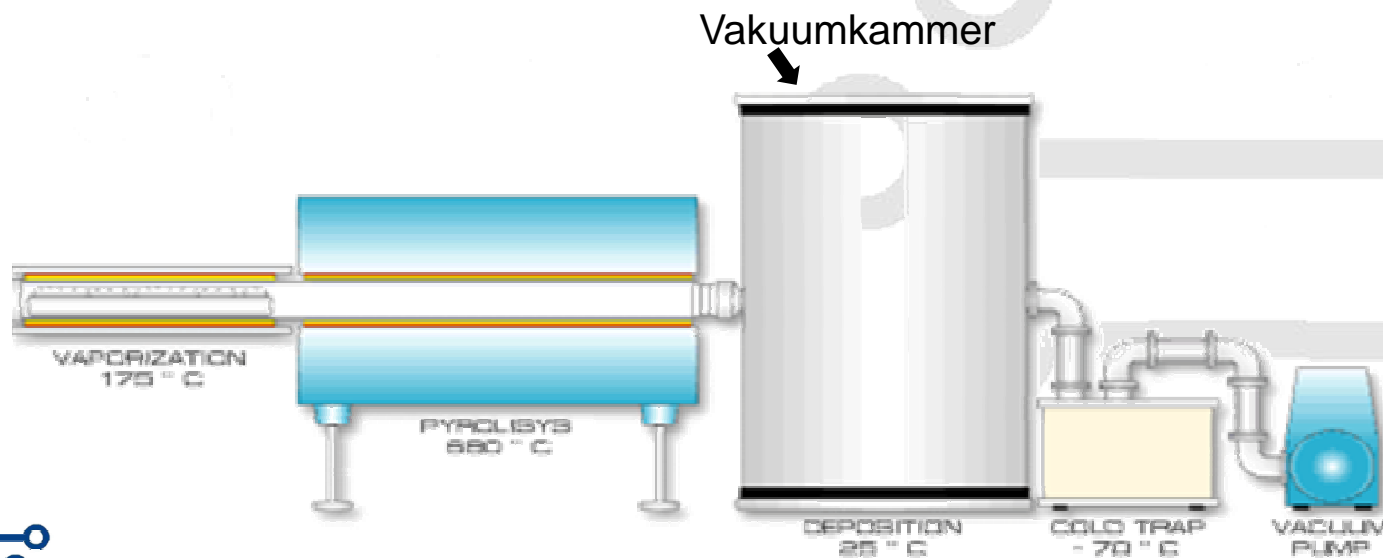


Para-xylylen  
Monomer

### 3. Kondensation



Polypara-xylylen  
Polymer



Quelle: PPS: „Klimaschutz mit Dünnschichten“

# Parylenebeschichtung

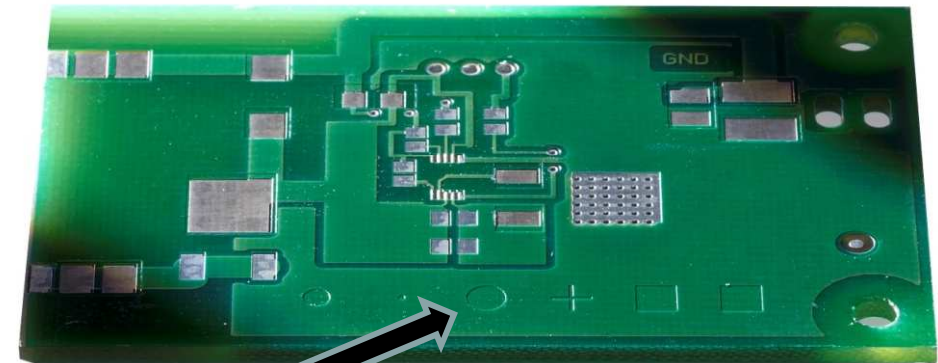
## Beschichtungsprozess

- Reinigung der Baugruppe
- Manuelle Maskierung der nicht zu beschichtenden Stellen
- Paryleneprozess in Vakuumkammer 7-8 Stunden durchführen
- Manuelle Demaskierung der nicht beschichteten Stellen
- Demaskierung der beschichteten Stellen mit **Speziallaser**
- Optische Kontrolle der Parylenschicht
- Dokumentation der Prozessparameter

# Parylenebeschichtung

## Entfernen der Parylene

- Manuelles Schützen mit speziellen Schutzmasken
- Manuelles Entfernen der Schutzmaske nach der Parylenebeschichtung
- Demaskierung der beschichteten Stellen mit **Speziallaser**



# Agenda

- **Was...**  
passiert durch Feuchteeinwirkung?
- **Womit ...**  
werden zu beschichtende Flächen/Teile geschützt?
- **Wie...**  
findet der Paryleneprozess statt?
- **Wodurch...**  
zeichnet sich die Parylenebeschichtung aus?
- **Wo...**  
werden Parylenebeschichtungen eingesetzt?
- **Wieviel...**  
kostet eine Parylenebeschichtung?

# Parylenebeschichtung

## Eigenschaften

- Hydrophobe (wasserabweisende) Oberfläche
- Chemisch resistent mit Barrierewirkung gegenüber organischen und anorganischen Medien (Säuren, Laugen, Gasen, Wasserdampf)
- Elektrisch isolierend, hohe Spannungsfestigkeit (5 kV bei 25 µm Parylene „C“)
- Biokompatible und biostabile Beschichtung
- Dünne, transparente und pinholefreie Schicht ab 0,2 µm
- Sehr hohe Spalt- und Kantengängigkeit (zu 99% der Schichtdicke) für komplexe Substrate
- Hervorragender Korrosionsschutz
- Homogene Schichtausbildung
- Kein Ausgasen von Lösungsmitteln oder Weichmachern
- Abriebfest 92 A Shore
- MIL spezifiziert MIL-I-46058C
- FDA Zulassung (behördliche Lebensmittelüberwachung durch die Arzneimittelzulassungsbehörde der Vereinigten Staaten)

# Parylenebeschichtung

## Parylenetypen

- **C** = sehr gute elektrische und physikalische Eigenschaften, hohe Barrierewirkung < 110°C
- **N** = hohes Dielektrikum und größte Beschichtungs-Penetration < 70°C, sehr gute Spaltgängigkeit
- **D** = hohe Barrierewirkung (Quellverhalten) und Temperaturschutz < 150°C
- **F** = gute elektrische Eigenschaften und Temperaturschutz > 350°C, gute Spaltgängigkeit, geringer Reibungskoeffizient
- **AF** = hohe UV-Beständigkeit, gute elektrische Eigenschaften > 350°C, hohe Barrierewirkung, sehr gute Spaltgängigkeit, geringer Reibungskoeffizient
- **HT** = Markenname Firma Special Coating Systems
  - USP CLASS VI ISO-10993-6
  - FDA: MAF 1176
  - MIL Specifications: MIL-I-46058C

# Agenda

- **Was...**  
passiert durch Feuchteeinwirkung?
- **Womit ...**  
werden zu beschichtende Flächen/Teile geschützt?
- **Wie...**  
findet der Paryleneprozess statt?
- **Wodurch...**  
zeichnet sich die Parylenebeschichtung aus?
- **Wo...**  
werden Parylenebeschichtungen eingesetzt?
- **Wieviel...**  
kostet eine Parylenebeschichtung?

# Parylenebeschichtung

## Anwendung

- Elektronikindustrie, speziell Leiterplatten
- Luft- und Raumfahrt
- Kunststoff- und Metallindustrie
- Medizintechnik z.B. Herzkatheter und Stents
- Automobilindustrie
- Dokumentenschutz
- Insektenpräparation

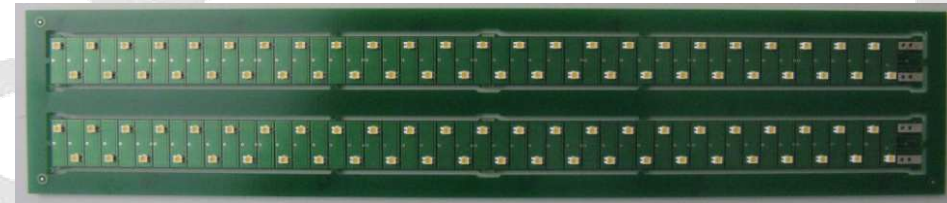
Alle vakuumtauglichen Materialien sind für die Beschichtung geeignet

- Gummi
- Glas
- Metalle
- Keramik
- Kunststoffe
- Silikone



# Parylenebeschichtung

## Anwendungsbeispiel(1)



HIMA Paul Hildebrandt GmbH + Co KG



HIMA Paul Hildebrandt GmbH + Co KG

# PCBs



# Parylenebeschichtung

## Anwendungsbeispiel(2)



Elektronikfertigung und Parylenebeschichtung  
für UAVs (Ferngesteuerte Drohne)



# Parylenebeschichtung

## Anwendungsbeispiel(3)

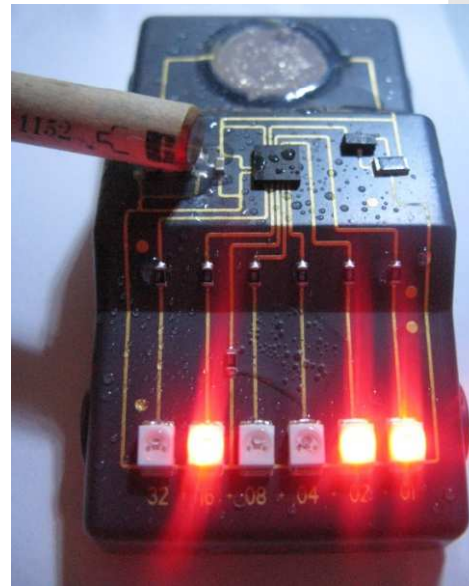
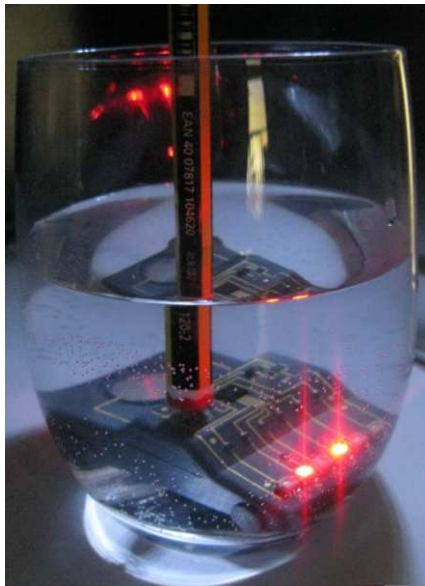


Elektronikfertigung und Parylenebeschichtung  
für UAVs (Ferngesteuerte Drohne)



# Parylenebeschichtung

## Anwendungsbeispiel(4)



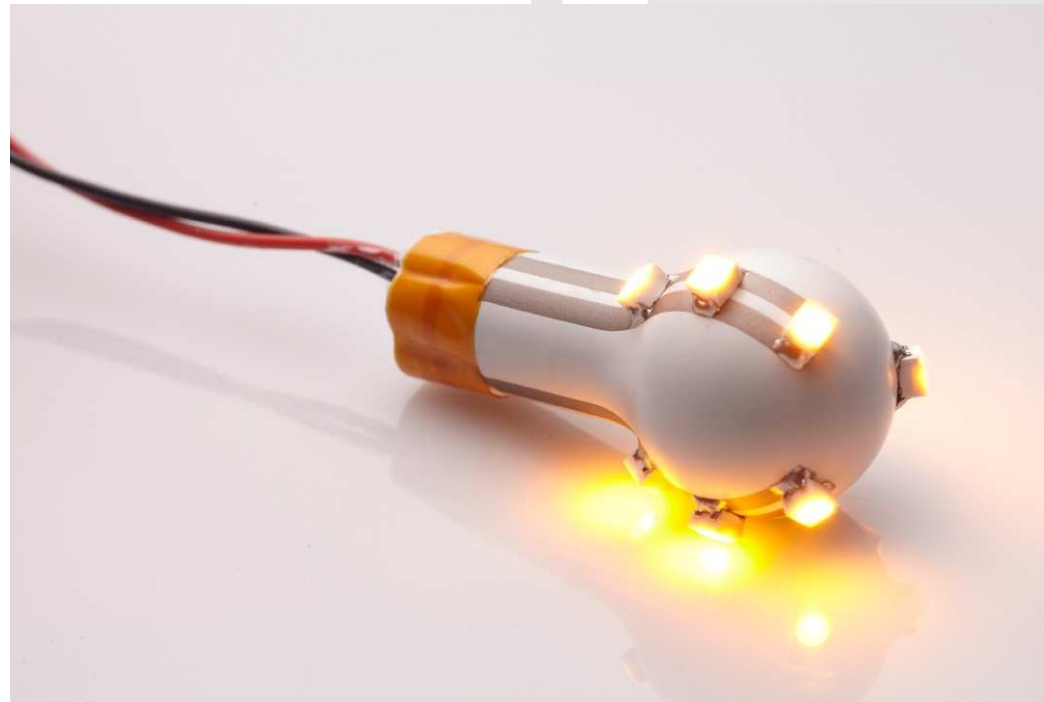
## 3-D MID (Molded Interconnect Device) Demonstratoren

Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V.  
FAPS – Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik



# Parylenebeschichtung

## Anwendungsbeispiel(5)

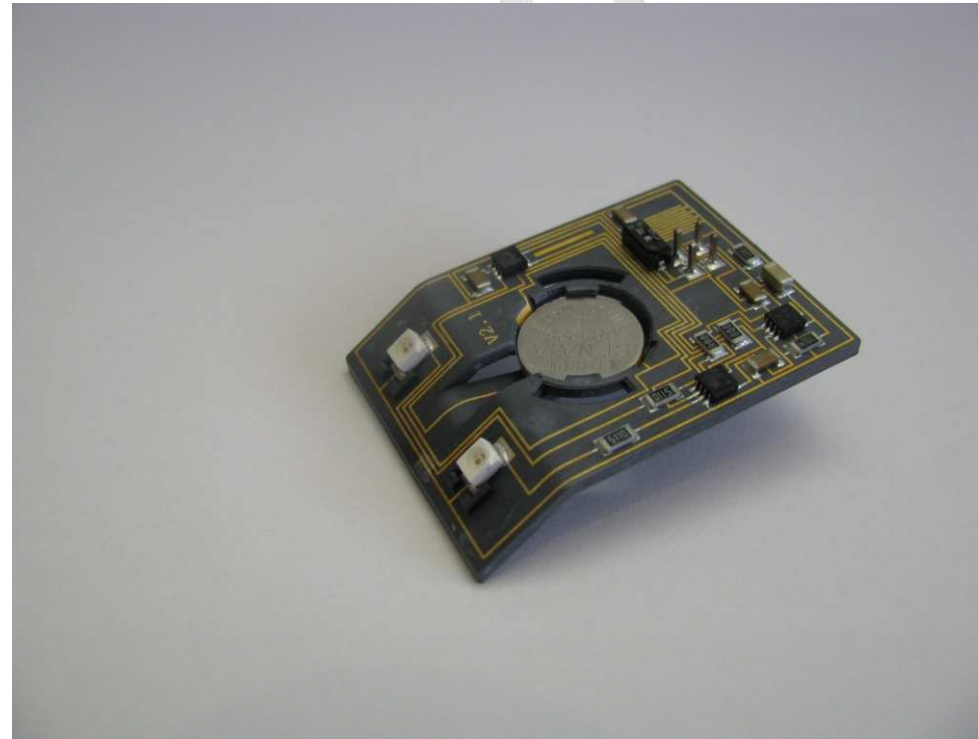


### 3-D MID (Molded Interconnect Device) Demonstrator

Aluminiumspritzgussteil mit Elektronikbauteilen bestückt in Form einer „Glühlampe“ mit Leiterbahnen aus Pulverlack  
LPKF

# Parylenebeschichtung

## Anwendungsbeispiel(6)



### 3-D MID (Molded Interconnect Device) Demonstrator

2E mechatronic GmbH & Co. KG

# Parylenebeschichtung

## Anwendungsbeispiel(7)



Schmetterlinge und Käfer

# Agenda

- **Was...**  
passiert durch Feuchteeinwirkung?
- **Womit ...**  
werden zu beschichtende Flächen/Teile geschützt?
- **Wie...**  
findet der Paryleneprozess statt?
- **Wodurch...**  
zeichnet sich die Parylenebeschichtung aus?
- **Wo...**  
werden Parylenebeschichtungen eingesetzt?
- **Wieviel...**  
kostet eine Parylenebeschichtung?



# Parylenebeschichtung

## Kosten

- Paryleneprozess findet in räumlich begrenzter Vakuumkammer statt
- Anzahl der nicht zu beschichtenden Stellen bestimmt entscheidend den Preis
- Preis des verwendeten Parylenepulvers (N,C,D,F,AF) bestimmt entscheidend den Preis
- Paryleneprozess ist in der Regel teurer als Lackieren
- Paryleneprozess ist in der Regel preiswerter als Vergießen

# Vielen Dank für Ihr Interesse



Heicks Parylene Coating GmbH

Am Schwarzen Weg 25 – 31

D – 59590 Geseke

Tel. 0 29 42 / 9 79 26 – 0

Fax 0 29 42 / 9 79 26 – 150

[info@heicks.de](mailto:info@heicks.de)

[www.heicks.de](http://www.heicks.de)

Es folgt:

**Innovatives Laserverfahren für die MID-Technologie**

Bernd Niese, Bayrisches Laserzentrum GmbH