

Stephan Ballhaus Fa. Puretecs GmbH

# Ultradünne Schutzbeschichtungen für elektronische Baugruppen

## Inhaltsangabe

- Wann kommen diese zum Einsatz?
  - Was sind die Schutzanforderungen?
  - Wann braucht man dick und wann dünn?
- Welche ultradünnen Beschichtungen stehen zur Verfügung?
  - Die Unterschiede in der Funktion
  - Was ist die Prozessabfolge?
  - Welche Anlagentechnik wird benötigt?
- Auswahlkriterien
  - Welche Schutzbeschichtung passt für meine Baugruppe?
  - Welcher Prozess passt in meine Produktion?
  - Was sind die Kostentreiber?

## Begriffsdefinition

- **Ultradünne Schutzbeschichtung < 25µm**
  - Oft als Nanobeschichtung bezeichnet. Kommt von der Dickenbezeichnung Nanometer und nicht von Nanopartikeln.
- **Wir sprechen hier von Beschichtungen im Gegensatz zum Lackieren mit Schutzlacken.**
  - Eine sprachliche Abgrenzung zu den üblichen Schutzlackverfahren.
  - Die Ultradünnen Beschichtungsmaterialien sind keine Lacke im ursprünglichen Sinn. Sie sind ganz unterschiedliche Stoffe und haben damit ganz unterschiedliche Beschichtungsverfahren.
- **Kontaktierfähig**
  - Bedeutet hier, dass auch Kontaktflächen beschichtet werden ohne das ein wesentlicher Übergangswiderstand beim Schließen des Kontaktes entsteht.
- **Reparierbar**
  - Die Baugruppe kann einfach repariert werden ohne die Schutzbeschichtung vorher entfernen zu müssen. Diese wird dadurch aber selektiv zerstört und sollte nachgebessert werden.

**Je nach Art der zu erwartenden Belastung wählt man den passenden Schutzhandschuh.**



Für die raue Umgebung.  
Nachteil: verringertes Tastgefühl.  
Der Verguss unter den Schutzlackierungen.



Wenn die Hand es nicht merken soll, dass ein Schutz vorhanden ist.  
Die ultradünne Beschichtung.

## Auswahl an Schutzbeschichtung

### Wann braucht man dünn und wann dick?

Bei extremen Umgebungsbedingungen brauchen wir einen dicken und festen Schutzmantel ohne Aussparungen.

Nachteil: Keine Kontaktiermöglichkeit,  
Abdeckung optischer Bauelemente,  
reparaturunfreundlich.

Ultradünne Beschichtungen  
Kontaktierbar (außer Parylene)  
sind optisch transparent,  
erlauben bewegliche Teile  
und Betrieb hoher Frequenzen.

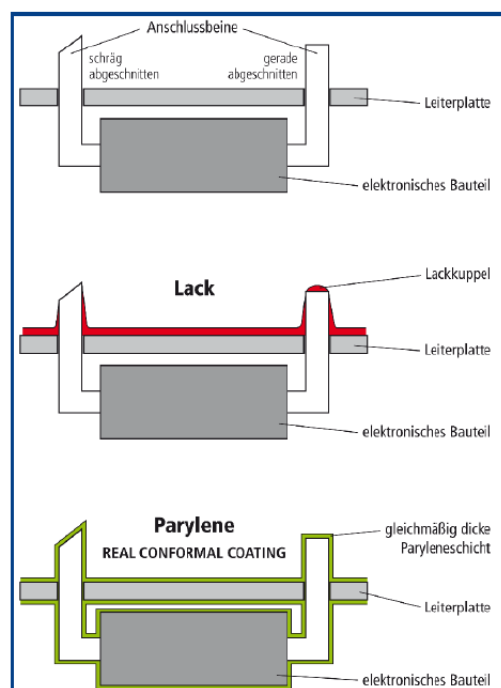
Dazwischen gibt es Abstufungen. Wie selektives Schutzlackieren.

## Unzulänglichkeiten der Schutzlackierung

z.B. bei der THT Bestückung

Fehlstellen im Lack

- durch Poren
- Kantenflucht
- Sprüschatten
- Entnetzung
- Stecker und schaltende Bauteile komplett aussparen



## Welche Arten von ultradünnen Beschichtungen sind auf dem Markt?

Folgende Produkte werden vorwiegend angeboten:

- Para-Xylylene (Handelsname Parylene)
  - Einsatz vor allem bei Medizintechnischen Produkten, Luft- und Raumfahrt, Elektronik mit hoher Feuchtebelastung und für die Konservierung von Artefakte.
- Fluorpolymere (Handelsnamen Certonal, Novec, FPC, Sureco, FluoroPel, Purocoat)
  - Einsatz vor allem für LED Produkte aller Art, Schaltungen im HF Bereich und Einsatz im Außenbereich, auch Offshore.
  -
- Softcoatings (Handelsnamen Titan und ANG)
  - Einsatz vor allem in der Automobilindustrie.

Quellen: Heicks Industrieelektronik GmbH  
Actnano USA, Acota UK, 3M DE,  
Electrolube UK, ASG JP, Cytonix USA

## Welche Schutzart schützt genug?

	Verguss	Parylene	Lackierung	Softcoating	Fluorpolymere
<b>Untertauchen</b>	x	x			
<b>Beregnen</b>	x	x		x	
<b>Tropfwasser</b>	x	x	x	x	
<b>Betauung</b>	x	x	x	x	x
<b>Hohe Luftfeuchtigkeit</b>	x	x	x	x	x
<b>Schadgase</b>	x	x	x	x	x
<b>Hochspannungs-isolation</b>	x	x	x		
<b>Aggressive Flüssigkeiten</b>	x	x			
<b>Mechanischer Schutz</b>	x				
<b>Verarbeitung</b>	Anspruchsvoll	Zeitintensiv	Machbar	Eingeschränkt	Einfach
<b>Kosten</b>	Mittelmäßig	Hoch	Niedrig	Mittelmäßig	Adäquat

## **Parylene**

Der Name PARYLENE ist der Oberbegriff für eine Familie von verschiedenartigen Polymeren und steht für ein hocheffizientes Beschichtungsverfahren. Aufgrund hervorragender Eigenschaften findet sie zunehmend Anwendung bei der Schutzbeschichtung von Elektronik-Baugruppen.

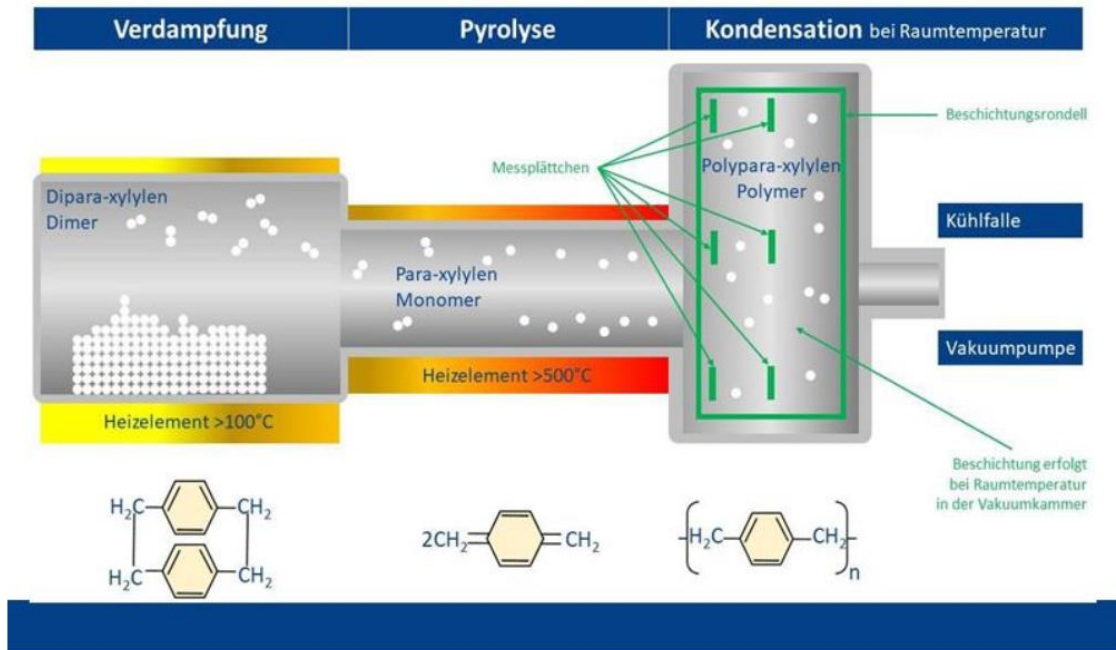
Parylene-Beschichtungen können auf nahezu allen Oberflächen wie Metall, Harz, Elastomer, Kunststoff, Keramik, Glas etc. in Schichtdicken von einigen hundert Angström bis 25 µm oder mehr aufgetragen werden.

Die transparente Schicht ist porenfrei (pin hole-free), je nach Typ strukturerhaltend (tatsächlich conformal) dauertemperaturbeständig von -190°C bis +160°C, und chemisch beständig gegen alle bisher untersuchten Lösemittel und Chemikalien und besitzt einen hohen spezifischen Oberflächen- und Volumenwiderstand.

## **Prozessreihenfolge**

1. Reinigung der Baugruppe ist Standard
2. Manuelle Maskierung der nicht zu beschichtenden Stellen
3. Kondensationsprozess in Vakuumkammer 12-20 Stunden durchführen
4. Manuelle Demaskierung der nicht beschichteten Stellen
5. Demaskierung der beschichteten Stellen mit Speziallaser ist möglich
6. Optische Kontrolle der Paryleneschicht

# Der Parylene Beschichtungsprozess



Quelle: Heicks Industrieelektronik GmbH

# Der Parylene Beschichtungsprozess



Typische Anlage

## Die Parylene Beschichtung im Detail

### ▪ Die Vorteile:

- hohe Spalt- und Kantengängigkeit
- kein Ausgasen von Lösungsmitteln oder Weichmachern
- homogene Schichtausbildung
- dünne, transparente Schicht
- biokompatible und biostabile Beschichtung
- wasserdicht ab einer gewissen Schichtdicke
- Zulassungen nach MIL und FDA

### • Die Nachteile:

- Vorbehandlung notwendig
- Bauteile müssen Vakuumfest sein
- sehr lange Prozesszeiten
- nicht kontaktierbar
- hoher Materialpreis
- aufwendige Anlagentechnik

## **Fluorpolymere**

- Bestehen aus langkettigen Molekülen mit Fluor-Carbon Verbindungen.
- Ähnlich dem PTFE
- Durch das Fluor ist eine gut wasserabweisende Oberfläche garantiert
- Die Moleküle sind chemisch stabil und sehr temperaturbeständig
- Ungiftig und nicht bio-akkumulativ
- Wird vorwiegend im Tauchbad verwendet
- Als Trägerflüssigkeit (Lösemittel) eignen sich fluorierte Lösemittel wie HFE (Hydrofluorether)
- HFE brennt nicht
- HFE verdunstet schnell
- HFE Gas kann aufgefangen und verflüssigt werden
  - Reduziert den Lösemittelverlust erheblich
- Keine Nachhärtung der Schicht notwendig

## **Prozessreihenfolge**

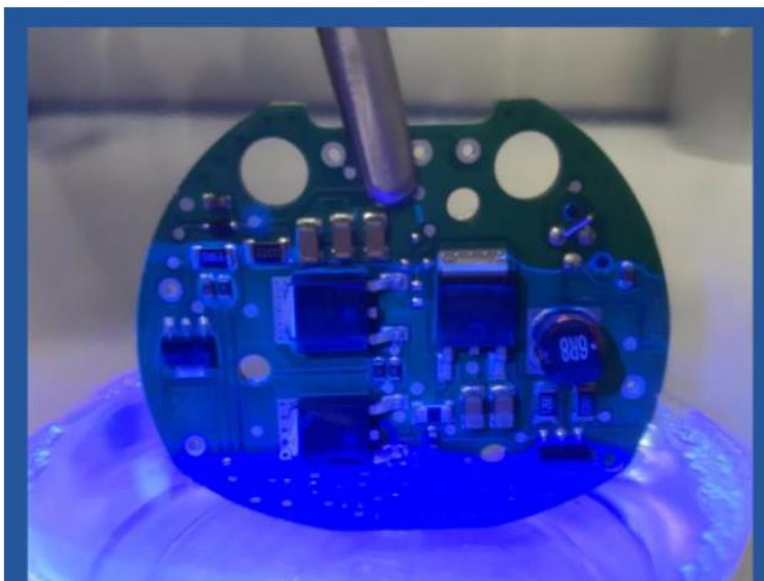
1. Reinigung bei nicht fettfreier Oberfläche
2. Eintauchen in HFE Bad mit 2% Polymerfeststoffen für 30 Sekunden oder weniger
3. Austrocknen in geschlossenem Behälter für sechs Minuten
4. Durch eine Kondensationsfalle im Behälter ist eine Rückgewinnung des Lösemittels möglich
5. Handhabung ist nach dem Prozessende sofort uneingeschränkt möglich
6. Optische Kontrolle mittels Testtinte oder Schwarzlicht möglich



## Tauchbad mit automatischen Lift und Kondensatfalle



Die UV Licht Reflektoren machen die Beschichtung sichtbar



## Die Fluorpolymer Beschichtung im Detail

Die Vorteile:

- keine Vorbehandlung erforderlich
- hohe Spalt- und Kantengängigkeit
- einfache Anlagentechnik
- homogene Schichtausbildung
- kurze Prozesszeiten
- dünne, hochtransparente Schicht
- auf flexiblen LP einsetzbar
- kontaktierbar
- reparierbar
- entfernbar mit Lösemittel
- wiederholen der Beschichtung ist möglich

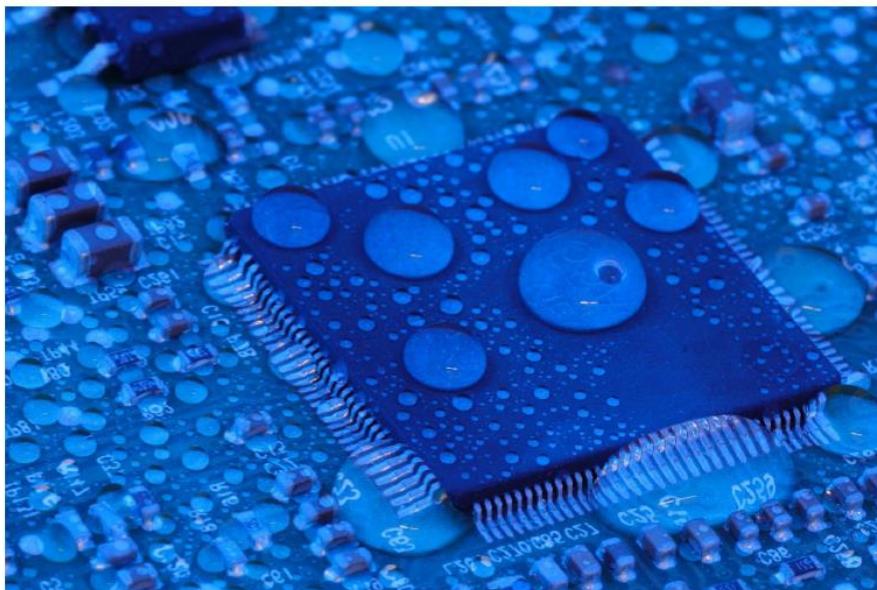
Die Nachteile:

- vertragen die Bauteile den Tauchvorgang?
- begrenzte Schutzwirkung gegen starke Beanspruchung
- höhere Materialkosten als herkömmliche Lacke

## Softcoating

- Softcoatings sind Beschichtungen, die nie den Zustand der festen Schicht erreichen
- Daher ist die Kontaktierung durch die Schicht immer möglich
- Unabhängig von der aufgetragenen Schichtdicke
- Es werden Silikone und Polyolefine verwendet plus Lösemittel Isoparaffin
- Aufsprühen mit Abstand über die gesamte Fläche
- Dosieren von Material für Underfilling
- Kurzes Ablüften der Lösemittel
- Keine Nachhärtung
- Wegen der weichen Oberfläche ist die weitere Handhabung stark zu reduzieren
- Am Besten sofort ins Gehäuse verbauen

## Softcoatings schützen vor Wassereintritt



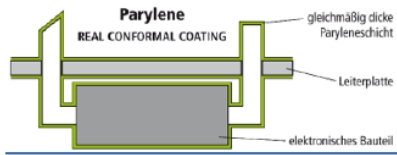
Die stark hydrophobe Eigenschaft des Silikons

## **Prozessreihenfolge**

1. Aufrühren des Materials
2. Wenn Underfilling gewünscht, Dosiernadel nehmen
3. Einsatz von Sprühpistole oder Selektivsprühanlagen
4. Aufsprühen mit ca. 10cm Abstand zur Oberfläche
5. Austrocknen an der Atmosphäre
6. Optische Kontrolle mittels Schwarzlicht möglich
7. Handhabung ist nach dem Prozessende nur an der Kante der Baugruppe möglich
8. Entfernenbar über Lösemittel

## Für alle ultradünnen Schutzschichten gilt:

- Homogene Schichtdicke bietet Rundumschutz



- Im Kantenbereich bleibt die gewünschte Schichtdicke erhalten
- Die Beschichtungen erreichen tiefe und enge Spalten und bedecken Spitzen
- Die Beschichtungen sind porenfrei
- Die Oberflächen sind sehr hydrophob und oleophob
- Die aufgetragenen Materialien verkräften einen sehr weiten Temperaturbereich

## Die wesentlichen Unterschiede sind:

### Parylene:

- Die Bauteile müssen für den Vakuumprozess geeignet sein
- Nicht dauerhaft UV-Licht beständig
- Sehr lange Prozesszeit
- Nicht kontaktierbar
- Teuer
- Beste Schutzwirkung

### Fluorpolymere:

- Niedrige Spannungsfestigkeit
- Geringere Schutzwirkung bei Wassertropfen
- Selektives Beschichten ist bedingt möglich
- Einfacher und schneller Prozess für Einzelstücke und Massenprodukte

### Softcoating:

- Material muss für den Sprühprozess eingestellt und gemischt werden
- Verluste durch Sprühverfahren aus großer Höhe
- Optimale Schutzwirkung durch Schichtdicke einstellbar
- Sensible Handhabung nach dem Beschichtungsprozess

## **Welche ultradünne Schutzbeschichtung passt für meine Baugruppe?**

- Zuerst die Schutzanforderungen festlegen
  - Gibt es Vorgaben, müssen Normen eingehalten werden oder festgelegte Tests bestanden?
- Auswahl der in Frage kommenden Materialien.
  - Gibt es eine Freigabeliste?
- Die verwendeten Bauteile auf Eignung prüfen (LED, Hohlkörper, Sensoren)
- Dürfen Kontakte überdeckt werden?
- Einseitig oder beidseitig beschichten?

## **Was für einen Prozess kann ich fahren?**

- Dienstleistung oder in Haus Prozess?
- Sind schon passende Anlagen dafür im Haus?
  - Für Parylene die Vakuumkammer, für Fluorpolymere ein Tauchbad, für Softcoating ein XY-Spraycoater.

## **Was sind die Kostentreiber?**

- Die ultradünnen Materialien sind auf Grund Ihrer Inhaltsstoffe nicht günstig.
- Je größer die Baugruppe, umso höher dieser Kostenanteil.
- Dagegen steht der geringere Verbrauch durch die dünnen Schichten.
- Seitens der Anlagenkosten sind die Unterschiede nicht gravierend. Mit Kosten zwischen €50T und €100T ist zu rechnen.
- Der Softcoating Sprayvorgang ist schnell, der Fluorpolymer Tauchprozess schneller. Parylene braucht Zeit. Frage: Was kosten Zeit?
- Die Energiekosten aller Verfahren sind moderat. Es werden keine großen Stromverbraucher verwendet.
- Die Prozess- und Anlagenbetreuungskosten sind beim Fluorpolymer Tauchprozess sicher am günstigsten. Das Verfahren und die Anlagen dazu sind extrem einfach gehalten. Der Serviceaufwand minimal. Es gibt keine Einrichtprozedur.
- Je komplexer die Anlagen und der Beschichtungsprozess, umso wichtiger ist geschultes Personal für Einstellen, Betrieb und Service, was die Kosten etwas erhöht.

## **Warum sollte ich mich für eine ultradünne Schutzbeschichtung entscheiden?**

- Fluorpolymer und Softcoating kann auch ganz ohne Anlagentechnik durchgeführt werden als reinen Handbetrieb in einem Tauchbehälter und per Sprühpistole.

**Der wahre Vorteil der ultradünnen Beschichtungen liegt aber in der hohen Sicherheit durch Parylene, dem exzellenten Schutz trotz Kontaktierfähigkeit beim Softcoating und dem nahezu überall einsetzbaren und schnellen Fluorpolymer Tauchverfahren.**

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

März 2023