

Kom verder

SAXION

3D MID

In product design

Innovatief Materialen Platform Twente

26-06-2013

biomimicry/NL

IDC
Industrial Design Centre

SAXION

supported by
Twente

regio
Twente

provincie
Overijssel

Inleiding:

Door de ontwikkelingen in de techniek wordt er steeds vaker elektronica verwerkt in een product. De elektronica wordt veelal losstaand ontwikkeld op een printplaat (ook wel printed circuit board of PCB genoemd). Vervolgens wordt er een behuizing ontworpen waar deze printplaat ingezet wordt. Producten worden als het ware “om de techniek heen” ontworpen, de techniek staat centraal en de vorm van het model wordt in zekere mate bepaald door de elektronica die er in verwerkt moet worden. Door de opkomst van 3D MID technieken (3D Molded Interconnect Device) ontstaat er veel meer vormvrijheid. Deze technieken brengen de elektronica ‘direct’ op het (3D gevormd!) product aan. Dus geen printplaat met behuizing, maar behuizing en printplaat worden één. Dit vergt een andere manier van werken.



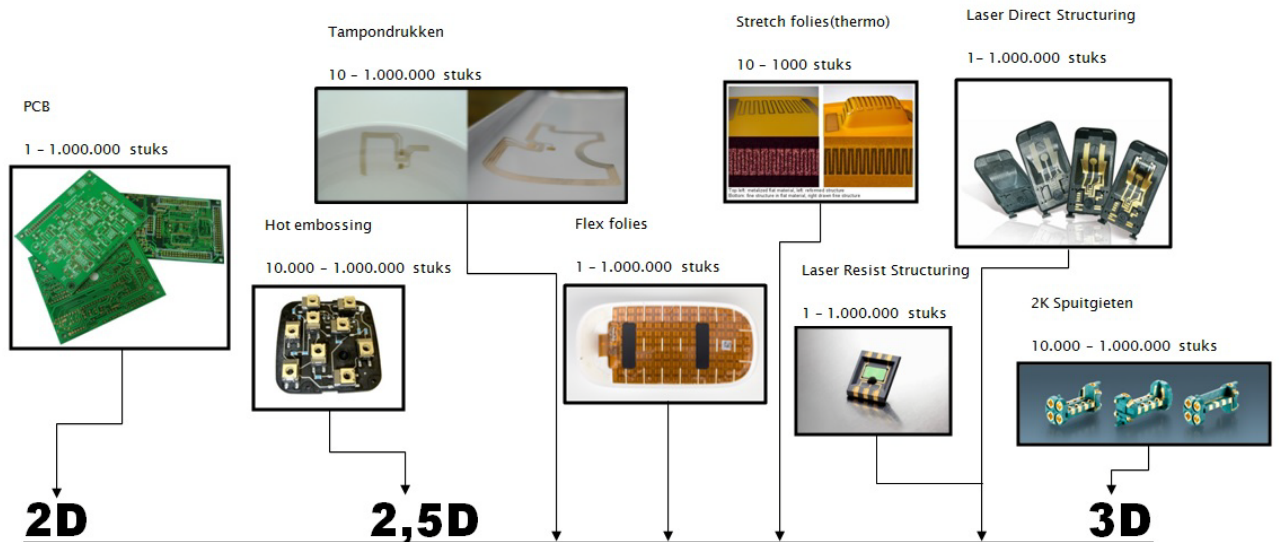
Figuur 1: 3D MID product (TNO samples)

In dit document worden verschillende technieken uitgelegd om een 3D MID te maken. De volgende technieken worden in de PCMIEP structuur behandeld:

- Laser Direct Structuring (LDS)
- 2 componenten (2K) spuitgieten
- Tampondruk
- Hot Embossing
- Geleidende folies
- Laser Resist Structuring (LRS)



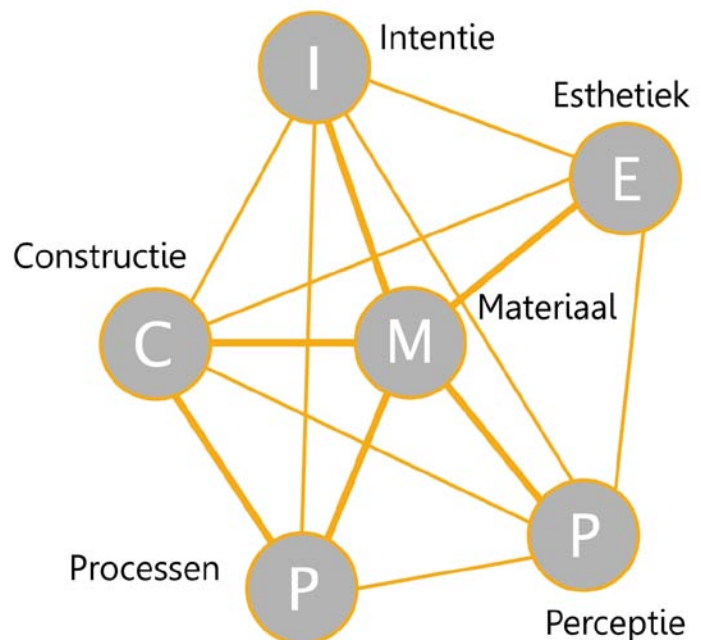
Op deze pagina is een overzicht te zien waarbij wordt weergegeven bij elke vormvrijheid en productiehoeveelheid het beste een bepaalde 3D MID productiemethode gebruikt kan worden.



Figuur 2: Indeling productietechnieken op vormvrijheid en seriegrootte

PCMIEP

Dit document is ingedeeld met de PCMIEP structuur waarvan de indeling is te zien op de afbeelding hiernaast. De verschillende 3D MID technieken (processen uit het model) zijn als uitgangspunt genomen. Bij iedere techniek worden de andere facetten toegelicht. Informatie die gelijk is voor de verschillende processen wordt in het hoofdstuk algemeen toegelicht.



Figuur 3: PCMIEP structuur



Inhoudsopgave

| | |
|---------------------------------------|----|
| Inleiding: | 1 |
| Algemeen | 5 |
| Constructie..... | 5 |
| Verbinding..... | 5 |
| Software | 6 |
| Intentie..... | 7 |
| Esthetiek..... | 10 |
| Perceptie | 10 |
| Laser direct structuring (LDS) | 12 |
| Materiaal | 12 |
| Processen | 13 |
| Shaping | 13 |
| Surface treatment..... | 13 |
| Constructie..... | 15 |
| 2K (2 componenten) spuitgieten: | 17 |
| Materiaal | 17 |
| Processen | 18 |
| Shaping | 18 |
| Surface treatment..... | 18 |
| Constructie..... | 18 |
| Tampondruk: | 20 |
| Materiaal | 20 |
| Processen | 20 |
| Shaping | 20 |
| Surface treatment..... | 20 |
| Constructie..... | 21 |



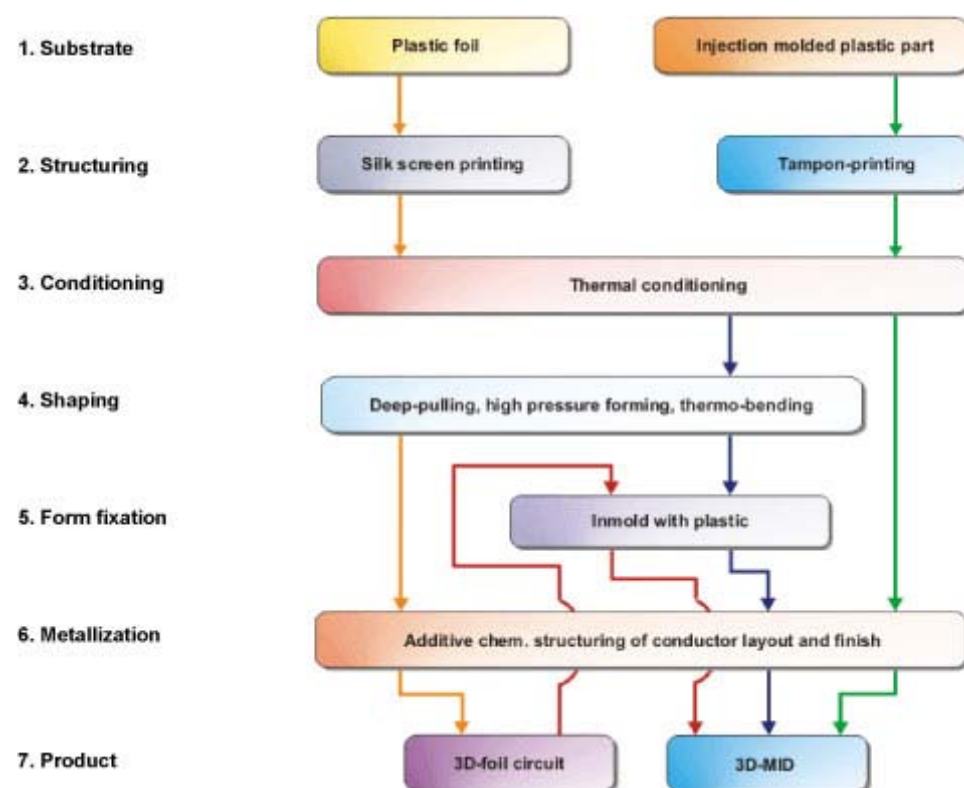
| | |
|---------------------------------|----|
| Hot embossing: | 22 |
| Materiaal | 22 |
| Processen | 23 |
| Shaping | 23 |
| Surface treatment | 23 |
| Constructie | 24 |
| Geleidende folies: | 25 |
| Materiaal | 25 |
| Processen | 26 |
| Shaping | 26 |
| Surface treatment | 27 |
| Constructie | 27 |
| Laser Resist Structuring: | 30 |
| Materiaal | 30 |
| Processen | 30 |
| Shaping | 30 |
| Constructie | 30 |
| Bronnen | 33 |



Algemeen

Constructie

Een 3D MID product kan op verschillende manieren gerealiseerd worden, zo ik het mogelijk de sporen direct op het 3D gevormde product aan te brengen. Het is echter ook mogelijk om de sporen bijvoorbeeld eerst op een drager (folie) aan te brengen en dit daarna op en een 3D product aan te brengen. De verschillende routes om een 3D MID product te realiseren worden hieronder weergegeven.



Figuur 4: Productieroutes

Verbinding

Verbindingstechnieken die bekend zijn uit de PCB-industrie kunnen ook worden toegepast bij MID. Voorbeelden zijn:

- **trough hole** (doorlopend geleidend gat).
- **Surface Mounting Device (SMD)** (op het oppervlak).

Belangrijk is dat de smeltemperatuur van het materiaal boven de 220°C ligt. Dit in verband met (reflow) solderen!



In een 3D MID onderdeel is het mogelijk een **connector** te integreren om een verbinding te kunnen maken met een ander component. Zo is er geen bedrading meer nodig. Zie Figuur 5.

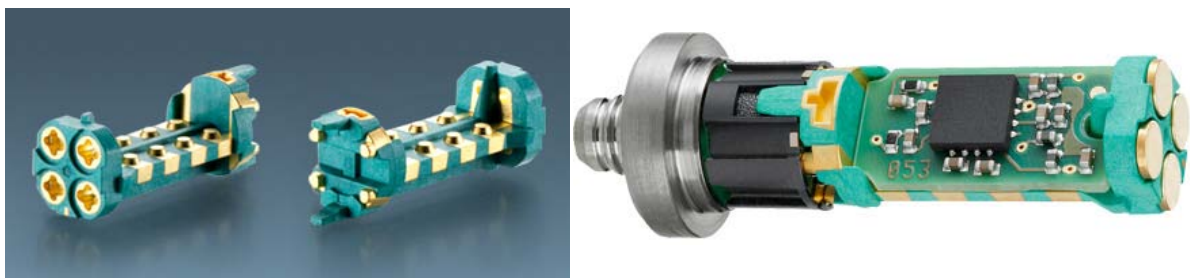


Figuur 5: Geïntegreerde connector (bron TNO)



Figuur 6: Connector in gehoorapparaat

Door het gebruik van geleidende verbindingen in bijvoorbeeld klikkers of elkaar rakende delen bij een bepaalde bevestiging is het mogelijk al een elektrische link te creëren tussen twee verschillende onderdelen. Door een mechanische verbinding te creëren waarbij er al gebruik is gemaakt van elektrische connectoren die al geïntegreerd zijn in het product zelf is het niet nodig de verschillende onderdelen te verbinden door middel van kabeltjes of losse connectoren. Zie Figuur 7.



Figuur 7: Links: 3D MID connector (druksensor). Rechts: PCB op 3D MID connector

Software

Elektrische circuits worden doorgaans met software in 2D ontworpen. Dit kan bij 3D MID nog steeds op dezelfde manier worden gedaan. De 2D ontwerpen worden als dxf-bestand opgeleverd. Vervolgens kan dit bestand via de engineeringafdeling op een 3D oppervlak worden geprojecteerd. Dit proces wordt “mapping” genoemd. Vervolgens kan er een step of iges file worden gemaakt, deze kunnen doorgaans voor de lasers worden gebruikt bij LDS.



Intentie

Een 3D-MID (Molded Interconnect Device) is eenvoudigweg een 3D printplaat. Printplaten/PCB's (Printed Circuit Board) worden al vanaf circa 1950 gebruikt, de nadelen zijn echter dat een PCB plat is en vaak "zweeft" en los staat in een ontwerp. Er is een groeiende vraag naar grotere vormvrijheid van producten met elektronica. 3D-MID's spelen hier op in; grotere vormvrijheid en nauwere samenwerking tussen de elektronica en vorm in het product. Het gevolg hiervan is dat er ook nauwere samenwerking en kennis moet zijn van verschillende vakgebieden. Nu worden behuizingen als het ware "om de techniek/PCB heen" ontworpen. De techniek staat centraal en de vorm van je model wordt in zekere mate bepaald door de elektronica die er in verwerkt moet worden. Groot voordeel van 3D-MID is dat het ontwerp niet meer wordt beperkt door een PCB.

Kortom: tot op heden is de elektronica leidend voor de vorm van een product. 3D-MID zorgt ervoor dat de elektronica de vorm van een product volgt.

Belangrijk is om vroeg in het ontwerpproces te besluiten om wel/geen 3D-MID met de daarbij behorende productiemethode te gaan gebruiken. Vormrestrictie ("Geen 3D, dan geen MID maar PCB")

Voordelen 3D MID in vergelijking met 2D PCB's

- Geen draden die apart verbonden moeten worden van de PCB naar componenten in de 3D behuizing. (knoppen kunnen bijvoorbeeld direct in de behuizing verwerkt worden)
- Minder onderdelen
- Lagere cyclus tijden en kortere procesketen door minder handelingen
- Grote vormvrijheid
- Dunnere constructie omdat het product zelf als het ware de printplaat is
- Dichte constructie mogelijk, voor hygiëne en waterdichtheid is dit een voordeel
- Kleinere producten mogelijk
- Reductie materiaalgebruik
- Functies integreren in behuizing
- Data matrix codes, kunststof informatie en tekst in koper "uitschrijven"
- Het gericht plaatsen van LED's in verschillende hoeken op een product.



Nadelen 3D MID in vergelijking met 2D PCB's

- Veel kennis nodig van diverse vakgebieden (elektrotechniek, mechanica en productie kennis) Bij grote bedrijven kan de samenwerking tussen afdelingen problemen opleveren
- Relatief nieuwe technologie, dus minder ver uitontwikkeld dan de PCB's
- Assemblage van componenten duurt langer i.v.m. 3D pick and place robot (Minder snel als 2D)

Toepassingsrichtingen:

- Ergonomische systemen waar de vorm leidend is (handgrepen met knoppen, autostuur, bol toetsenbord)
- Telecommunicatie (één onderdeel en ramp-up serie mogelijkheden maakt het aantrekkelijk, tevens kan met golflengtes worden gespeeld door de LDS techniek te gebruiken, ook bij bolle vlakken en gaten)
- Automotive (geen beperkingen aan de vorm)
- Medische apparatuur (dicht/gesloten ontwerp: hygiënische voordelen)
- Warmte elementen (slimme manier om, door gebruik van de weerstand, plaatselijk op te warmen in één kunststof deel)
- RFID (transponders en antenne)
- Spoel functies in het product zelf
- Touch functie: Ook is het mogelijk het circuit aan de achterzijde van een product te maken om zo 'touch functies' te maken. Voorbeelden van ('touch') traploos instellen zijn de iPod en de Magic Mouse. De Magic Mouse is een goed voorbeeld van een complexe geometrie (dubbel gekromd) met elektronica. Er is echter voor gekozen om een folie met insnijdingen te gebruiken. Zie Figuur 8.



Figuur 8: Magic Mouse



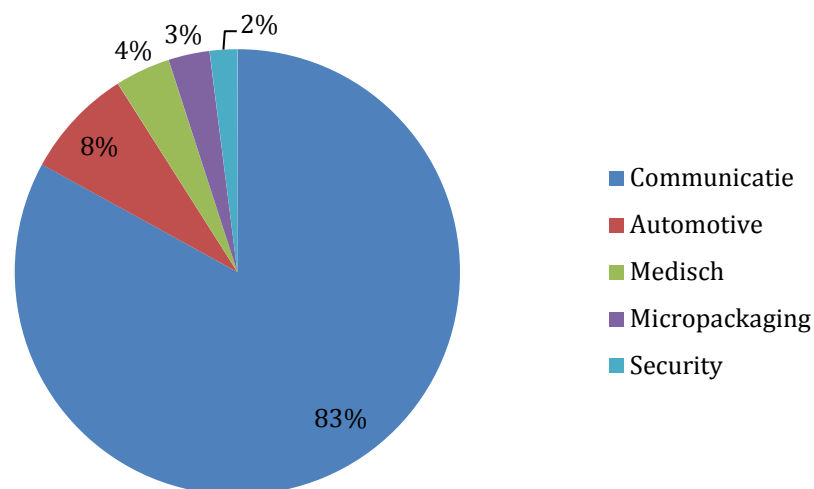
Voorbeeld 3D-MID producten:

- Chirurgie pincet om aderen dicht te schroeien (voordeel: weerstand om warmte op te wekken in het product verwerkt)
- Gehoorapparaat (voordeel: betere ergonomie)
- Bediening motorstuur (voordeel: betere ergonomie)
- BlackBerry (voordeel: antenne in het product verwerkt)
- Zonnestand meter Hella (voordeel: duurzaamheid, hier kan nu de warmte weg en is het toch afgesloten van de buitenwereld, ook kan er zich geen vuil ophopen)

Nieuwe toepassingsrichtingen uit brainstorm:

- golfbal met sensor
- autohelm (formule 1)
- skibril met warmte data
- tandenborstel
- elektronica in de waterkraan
- touch afstandsbediening in de bank
- tv met gekromd oppervlak
- gekromde zonnepanelen
- horloge op arm

Markt MID



Figuur 9: Huidige verdeling 3D MID markt



Esthetiek

Wat bij een brainstorm naar voren kwam is dat de koperlijnen ook een esthetische functie kunnen vervullen. *'Het is net een klein kunstwerk'*. Ook kan het gehele oppervlak worden gemetalliseerd voor esthetische doeleinden.



Figuur 10: MID als verfraaiing (samples van TNO)

Ook is het mogelijk om met de geleidende laag oppervlaktes te metalliseren die niet van toevoeging zijn voor het circuit, maar puur als esthetische toevoeging gelden. Denk hierbij aan het logo van een bedrijf, nummers of tekst. Zie Figuur 10 (logo TNO).

Perceptie

Black box principe:

Het idee bij 3D MID is dat dit wordt toegepast in een product met een vorm die voorheen als onmogelijk werd gezien. Dit als gevolg van de beperking in vormvrijheid van een PCB. Er gaat een input in het (complex gevormde) product en het geeft een output, maar hoe de output ontstaat is onbekend.

Complexe kleine producten:

De methode maakt het mogelijk om kleinere producten te gaan ontwerpen waarin elektronica in de behuizing zit verwerkt. Elektronica kan op verschillende manier in de behuizing verwerkt zitten, zo kan het op de wanden van het product aangebracht zijn maar ook binnen in het product gegoten zijn. Er zijn vormen van connectoren of complete circuits verwerkt in de producten.

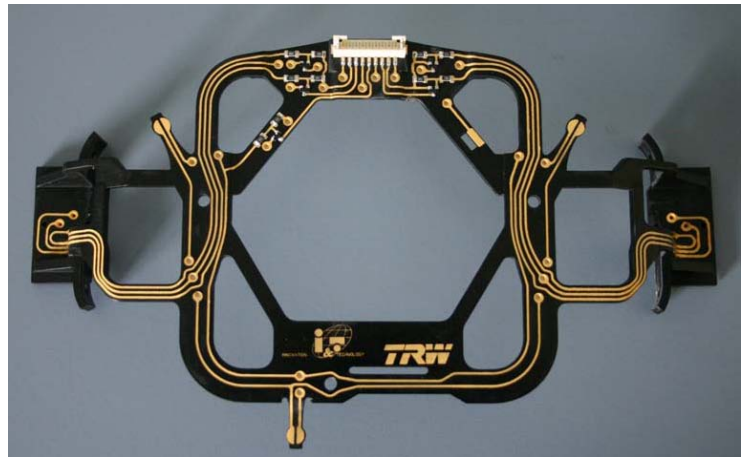


Enkele voorbeelden van kleine complexe producten die gemaakt (kunnen) worden m.b.v. 3D MID technieken zijn:

- mini gehoorapparaten
- pick-up naalden
- medische instrumenten
- automotive onderdelen
- telecom producten
- mini sensoren



Figuur 11: Mini gehoorapparaat



Figuur 12: 3D MID ter vervanging van kabelboom in stuur

Hightech look:

3D MID maakt het mogelijk producten te realiseren die een hightech look hebben, dit is te realiseren met deze methodes omdat de vorm van het product leidend is. Men kan na het bedenken van een vorm de elektronica gaan plaatsen binnen het product. Er hoeft niet zoals voorheen rekening gehouden te worden met de vorm van een PCB (printed circuit board).



Laser direct structuring (LDS)

De eerste en meest gebruikte techniek die we in dit document behandelen is Laser direct structuring. Bij deze methode lasert men sporen in een product die nadien door behandeling voorzien kunnen worden van spoortjes.

Materiaal

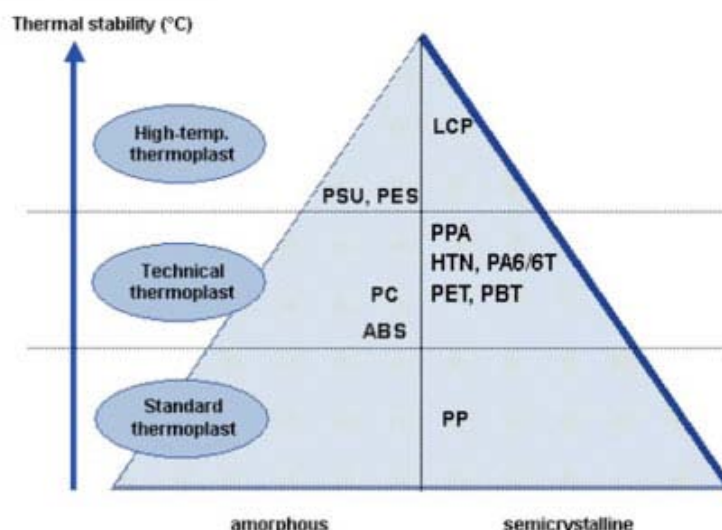
Er zijn een aantal kunststoffen speciaal ontwikkeld voor LDS (activeren met laser). Dit zijn variaties van de (veelvoorkomende) kunststoffen (PA6, PA4, PA10, PBT, PET/PBT blend, PC, PC/ABS, LCP, PEEK, PPE, COP en PPA) waar een metaal additief aan toegevoegd is. Aan dit additief hechten zich de sporen door behandeling in verschillende baden. Belangrijk om te vermelden is dat de kunststoffen in het verleden altijd grijs of zwart waren. Momenteel zijn er ontwikkelingen op de markt waarbij gekleurde kunststoffen met additief¹ verschijnen waardoor een mooier uiterlijk gerealiseerd kan worden.

Kortom: de drager is kunststof met additief, de geleidende laag kan opgebouwd worden uit Koper, Nikkel, Tin en Goud.

Het is niet mogelijk een thermoharder kunststof met een additief te verkrijgen. Een overzicht van LDS materialen leveranciers staat op de website van LPKF.²

Portfolio of polymer materials and suppliers for the LPKF-LDS method

3



Figuur 13: Overzicht LDS materialen

¹ <http://www.lpkf.com/newsletter/mid/2012/april/365.htm> (laatst geraadpleegd op 5-4-2013)

² <http://www.lpkfusa.com/mid/materials.htm> (laatst geraadpleegd op 11-4-2013)

³ <http://www.selectconnecttech.com/how-to-select-the-proper-lds-material> (laatst geraadpleegd op 5-4-2013)



Processen

Shaping

Processtappen:

- Vormen van kunststof product (spuitgieten, extruderen, vacuümvormen, etc.)
- Activeren van circuit door middel van laserbehandeling (zie laser⁴ geschikt voor MID)
- Aanbrengen van geleidende lagen in verschillende baden (koper, goud, tin, nikkel)

Prototype:

Het is mogelijk om een prototype van een 3D-MID product te maken. Er is nu 'LDS-verf' beschikbaar. Zo kan een prototype op de gewenste manier worden gemaakt (3D printen, frezen, draaien ed.) en vervolgens gecoat worden met een airbrush en deze verf (+/- 400 euro). Deze laag kan met LDS worden geactiveerd en vervolgens in een (table top) plating machine worden gelegd om te metalliseren (ongeveer 30 min voor 5 μm Cu).

Surface treatment

In de polymeermatrix zitten metaalatomen. Er wordt met een laser op de gewenste plaatsen materiaal weggehaald, waardoor de metaaldeeltjes negatief geladen worden. Dan wordt hier een dunne laag metaal op aangebracht in verschillende baden. Een typische laag bestaat uit 5-8 μm Cu (bij antennes tot 15 μm), 4 μm Ni en 0,1 -0,2 μm Au (flashgold). Het aanbrengen van deze lagen kost ongeveer 1,5 uur voor 8 μm . De geleiding van deze lagen is minder (60%) dan die van PCB's. De dikte van het koper is aanpasbaar en het is mogelijk om heel exact koperlijnen te laten hechten.

⁴ <http://www.lpkfusa.com/mid/microline.htm> (laatst geraadpleegd op 5-4-2013)



Laseractivatie:

De laser activeerbare thermoplasten heeft een additief in de vorm van een organisch metaalcomplex, dat geactiveerd wordt door middel van een fysisch-chemische reactie wanneer het bestraald wordt door een gefocuste laserstraal. Door dit proces openen de toegevoegde complexe verbindingen, waardoor de metaal-atomen bloot komen te liggen. Deze blootliggende atomen fungeren nu als kiemen voor de koperlaag.

Naast dat de laser de metaaldeeltjes blootlegt wordt ook het oppervlak onregelmatig, de laser creëert namelijk microscopische putjes en ondersnijdingen waar de koperlaag zich zelf aan kan verankeren. Een groot voordeel van LDS is dat er relatief eenvoudig wijzigingen in het spoorpatroon kunnen worden aangebracht. Het materiaal is overal voorzien van het additief, waardoor op elke gewenste plaats een spoor kan worden aangebracht. Het laserpatroon hoeft alleen te worden veranderd, niet de matrijs!

Metallisatie:

Nadat de sporen gelaserd zijn worden deze eerst schoongemaakt, waarna het onderdeel in een spanningsvrij koperbad wordt gedoopt, waardoor er zich koper hecht op de sporen.

Baden van dit type voegen meestal een spoordikte van 3-5 micrometer per uur toe. Indien men een grotere dikte van de koperlaag wil hebben, kan dit bereikt worden met behulp van een standaard elektrolytisch bad. Toepassing specifieke coatings zoals Ni, Au, Sn, Sn / Pb, AG, AG / PD, etc., kunnen ook worden aangemaakt.



Constructie

Afmetingen sporen:

Kleinste pitch: 150 μm (75 μm breedte lijn, 75 μm tussenruimte) op vlak stuk!
Standaard pitch: 200 μm (100 μm breedte lijn, 100 μm tussenruimte).

Afmetingen zijn afhankelijk van de beschikbare laser machine. In de machine is het mogelijk om een geleidend object met de grootte van 160mm x 160 mm x 24 mm te produceren. De dikte van de geleidende laag is afhankelijk van het materiaal.

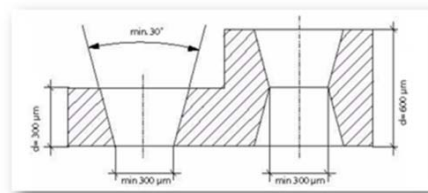
Standaard dikte circuit

Koper (6–8 μm)

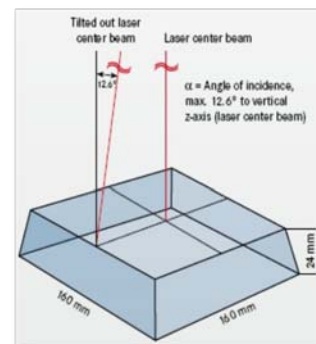
Nikkel (4 μm)

Goud (0.1 μm)

Gaten met koper geleiding



Laser werkgebied



Meer ontwerpregels op: <http://www.lpkf.com/landing/advertisement/mid/lds-design.htm>



Ontwerp van circuit:

In tegenstelling tot PCB ontwerpen moet er bij 3D-MID vermeden worden te werken met 90° en 45° hoeken. Door te werken met curven gaat het laseren sneller (de laser hoeft niet steeds te stoppen bij de hoeken) en krijgt het product meer mechanische stevigheid.

Voorbeeld:



Figuur 14: Antennes mobiele telefoon



2K (2 componenten) spuitgieten:

2K spuitgieten is een methode waarbij 2 verschillende materialen door middel van spuitgieten tot een product worden gegoten. Door nabehandeling kan een van de beide materialen van een gemetalliseerde laag worden voorzien.

Materiaal

Bij 2K spuitgieten selecteer je één materiaal zonder additief en één materiaal met additief. Zoals bij conventioneel 2K spuitgieten hechten niet alle kunststoffen aan elkaar. In de onderstaande tabel is te zien welke kunststoffen wel en niet aan elkaar hechten. Wanneer er een andere combinatie (twee kunststoffen die niet chemisch hechten) is gewenst kan er gebruik gemaakt worden van een vormgesloten verbinding (zie afbeelding hieronder). Doordat de grijze kunststof om de oranje kunststof heen wordt gespoten blijven deze toch aan elkaar vast zitten.



Figuur 15: Vormslot

Na het spuitgieten gaat het onderdeel in een metallisatie bad waar de kunststof met additief geactiveerd wordt, zodat er een geleidende laag ontstaat. Zie Tabel 1.

1^e stap, wordt gemetalliseerd

5

| | PC/ABS | PBT | SPS | PA46 | LCP | PPA | PPS | PEI |
|--------|--------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| PC/ABS | | - | + | + | + | - | - | - |
| PBT | + | | + | + | + | - | - | - |
| SPS | + | - | | + | + | - | - | - |
| PA46 | - | - | - | | - | - | - | - |
| LCP | + | - | + | + | | - | - | - |
| PPA | + | - | + | + | + | | - | - |
| PPS | + | - | + | + | + | - | | - |
| PEI | + | - | + | + | + | - | - | |

2^e stap – wordt niet gemetalliseerd

Tabel 1: Overzicht materiaalcombinaties 2K

⁵ Presentatie TNO, Barend Vermeulen



Processen

Shaping

Processtappen:

- Spuitgieten van eerste component (met sporen)
- Activeren van additief in eerste component
- Omspuiten met tweede component
- Aanbrengen van geleidende lagen in verschillende baden (koper, goud, tin, nikkel)

Alternatief:

Ook is het mogelijk in plaats van spuitgieten met 2 componenten om een metalen circuit heen te gieten, of door middel van film overmoulding een product uit 2 componenten te verkrijgen. Film overmoulding houdt in dat er met een flexibele drager over een folie in de matrijs heen gesputgiet wordt.

Surface treatment

Metallisatie

Omdat de MID uit twee componenten geproduceerd is, waarvan er één laag metalliseerbaar is moet het product na het spuitgieten nog in verschillende baden. In deze baden worden de geleidende sporen van koper, goud, tin of nikkel toegevoegd. Deze metalen laag hecht alleen daar waar het metalliseerbare kunststof bloot ligt, waardoor er dus alleen het spoor geleidend gemaakt wordt.

Constructie

Afmetingen sporen:

Bij 2K spuitgieten zijn zowel de spoorbreedte als de tussenruimte tussen de sporen beide 250 μm , met een dikte van 6 μm tot 8 μm .

Ontwerp van circuit:

Met de 2K techniek is het ook mogelijk om een (door en door) gat te metalliseren en zo twee zijden met elkaar kan verbinden. Hierdoor is het kruisen van verbindingen mogelijk. De grootst mogelijke verhouding (diameter: diepte) is 1:10. Bij een niet door en door gat is deze verhouding 1:4.



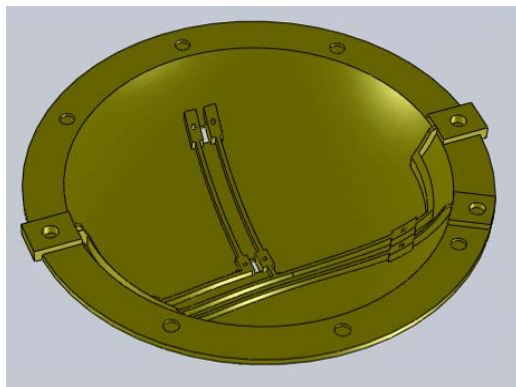
2K spuitgieten is vooral een uitkomst wanneer:

- er een grote seriegrootte gewenst is.
- er een complexe vormgeving aanwezig moet zijn.
- grote oppervlakken gemetalliseerd moeten worden.

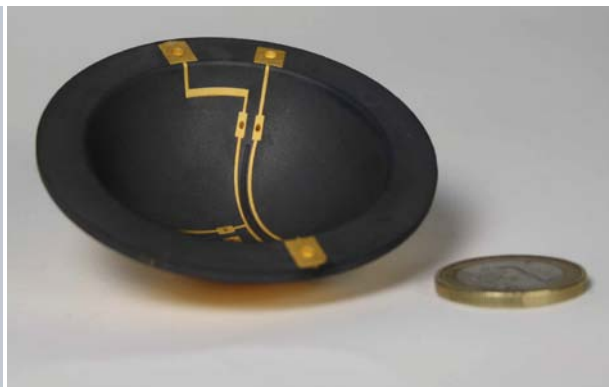
Voorbeelden:



Figuur 16: Eerst kunststof met additief, activeren, dan omspuiten, ten slotte metalliseren



Figuur 17: Omspuiten en activeren



Figuur 18: Kunststof met additief (banen)



Tampondruk:

Bij tampondrukken wordt met behulp van een stempel een spoorpatroon op een product gedrukt.

Materiaal

Voor het tampondrukken kunnen verschillende plastics gebruikt worden, vervolgens worden op deze plastics geleidende coating gedrukt. Voor de geleidende laag wordt er gebruik gemaakt van een geleidende inkt, meestal gebruikt men hier zilver- of koolstofinkt. De inkt wordt vooral gebruikt op temperatuur gestabiliseerd polyester, dit is mede omdat de kunststof nadien nog behandeld wordt op 125°C. Tampondrukken is mogelijk op thermoharders, vaak wordt er dan gebruik gemaakt van inhibitielagen, dit zijn lagen waarbij vaak een palladium toevoeging is gebruikt.

Processen

Shaping

Processtappen:

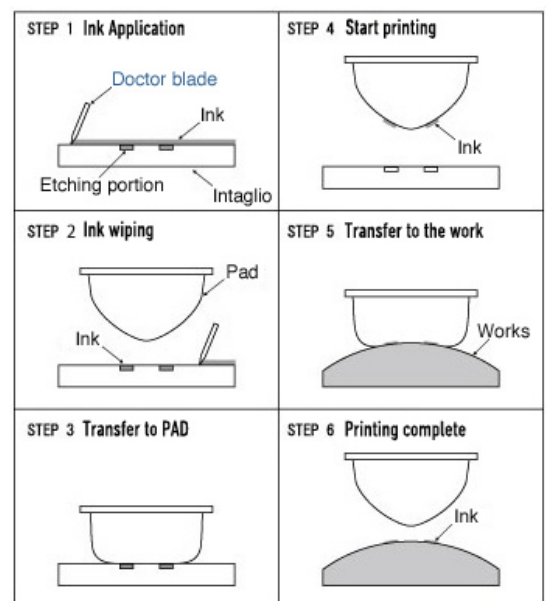
- Vormen van kunststof product (spuitgieten, extruderen, vacuümvormen, etc.)
- De vorm van het circuit wordt uit een blokje geëtsd, waar vervolgens de inkt wordt gestreken
- Een siliconen stempel neemt de inkt over van het blokje
- Daarna brengt de stempel de inkt over op het product
- Ten slotte een half uur 'curen' op 125 °C.

Surface treatment

Nadat de inkt op het product is aangebracht moet de inkt nog verwarmd worden, zodat de zilverblokken die zich in de inkt bevinden over elkaar heen gaan liggen. Het 'curen' van de inkt gebeurt onder een UV-lamp.

Er zijn Nano pasta's beschikbaar die direct geleidend zijn en met een laagdikte van 10µm direct worden aangebracht.

Bij gebruik van inkt met additief (polypyrrole/ ppy), moet later nog met een laagje worden gemetalliseerd in verschillende baden.



Figuur 19: Productiestappen tampondrukken



Constructie

Afmetingen sporen:

De breedte van de sporen die met tampondruk normaal gesproken te halen is 40 μm , met een dikte van 10 μm . Er zijn ook tampondrukmachines waar een dikte van 20 μm mee te realiseren is, maar dit is zeer kostbaar.

Ontwerp van circuit:

Het ontwerp kan in allerlei verschillende vormen worden gemaakt, het maakt hierbij voor de productietijd niet uit of je curves of hoeken maakt aangezien het er toch tegelijkertijd gedrukt wordt. Wel kost het minder inkt wanneer men met curves werkt. De geleiding van curves is ook sneller aangezien hierbij een kortere weg wordt afgelegd.

Voorbeeld:



6

Figuur 20: Tampondrukken op 3D oppervlak

⁶ <http://tokuabe.com/en/new-tech/pad-print-conductive-pattern/> (laatst geraadpleegd op 11-4-2013)



Hot embossing:

Hot embossing is een proces waarbij men een gemetalliseerde folie heeft en een hete stempel in de vorm van het product. Op deze stempel zitten de gewenste sporen. De sporen worden door de hete stempel uit het folie op het product overgebracht.

Materiaal

Hot embossing kan worden toegepast op verschillende thermoplastische materialen, zoals: polyamide (PA), Polybutyleentereftalaat (PBT), Polyfenyleensulfide (PPS), etc.

Als geleidende laag wordt er gebruik gemaakt van hot embossing folie (veelal polyimide), dit is een folie met aan de onderkant een ruwe laag die zich makkelijker aan het onderdeel hecht, en aan de bovenkant een flexibele geleidende laag, deze bestaat vaak uit koper, nikkel, of een tin/goud legering. Deze folie is beschikbaar in verschillende diktes van tussen de 12 µm tot 100 µm.

Tabel 2: Metalliseerbare kunststoffen

| Materiaaloverzicht metalliseerbare kunststoffen voor MID toepassing | | | | | | | |
|---|-----------------------------|-----------|------------------|---------------|-----------------|----------------|-------|
| Kunststof groep | Materiaal | Afkorting | Hechtingssterkte | | Soldeerbaarheid | | Prijs |
| | | | Chemisch | Hot embossing | Reflow | Selectief | |
| | | | | | Normaal | Laag smeltpunt | |
| Gewone Kunststof -> Technische Kunststof -> Hoger Temperatuur Kunststof | Polypropreen | PP | + | + | - | 0 | + |
| | Acrylonitrilbutadienstyreen | ABS | + | + | - | - | + |
| | Polycarbonaat | PC | + | + | - | + | + |
| | Polyetheentereftalaat | PET | - | + | - | 0 | + |
| | Polybutyleentereftalaat | PBT | + | + | 0 | + | + |
| | Polyamide | PA | + | + | 0 | + | + |
| | Polyphenyleensulfide | PPS | + | - | + | + | + |
| | Polysulfon | PSU | + | - | 0 | + | + |
| | Polyethersulfon | PES | + | + | + | + | + |
| | Polyetherimide | PEI | + | + | + | + | + |
| | Vloeibare kristalpolymeren | LCP | + | 0 | + | + | + |

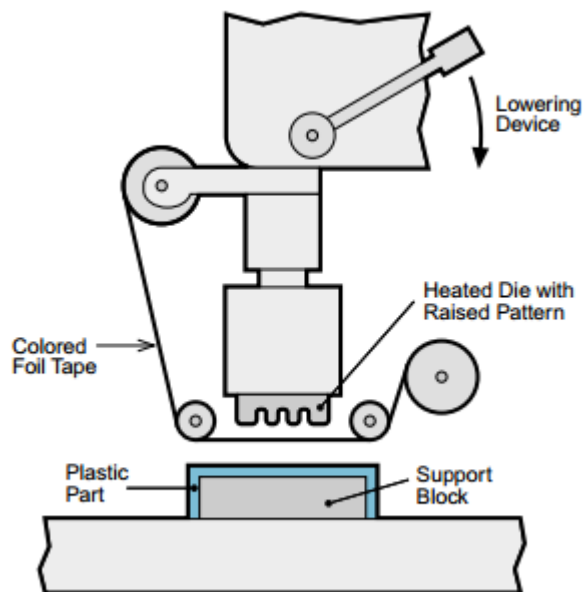


Processen

Shaping

Processtappen:

- Vormen van kunststof product (spuitgieten, extruderen, vacuümvormen, etc.)
- Vervolgens wordt er een stempel gemaakt in de vorm van het circuit
- Product voorverwarmen in vacuüm
- Boven het product wordt een folie aangevoerd
- patroon wordt aangebracht vanuit koperfolie met lijmlaag met een heet stempel van 130 tot 280°C.



7

Figuur 21: Hot Embossing stempel

Surface treatment

De folie wordt door middel van een hete stempel op het product gedrukt, nadat dit gebeurd is moet het alleen nog maar afkoelen om de twee materialen definitief te laten hechten.



Constructie

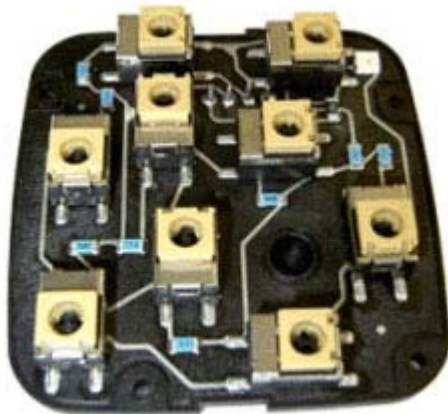
Afmetingen sporen:

Door middel van een voorverwarmde stempel wordt er op een spuitgegoten onderdeel een geleidend circuit gedrukt. De diktes van deze sporen zijn afhankelijk van de dikte van de gedrukte folie. Voor een folie dat met een dikte van $25\mu\text{m}$ is een spoordikte van minimaal $400\mu\text{m}$ vereist. Folies zijn verkrijgbaar in diktes tussen de $18\mu\text{m}$ en $70\mu\text{m}$.

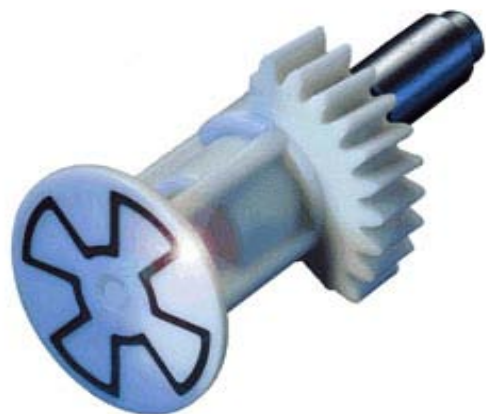
Ontwerp van circuit:

Ook maakt het bij deze techniek niet uit of je de sporen van het circuit in een curve of in rechte hoeken ontwerpt, het wordt namelijk toch op hetzelfde moment gedrukt. Een 2,5D vorm, dus met lichte curve is mogelijk. Geheel 3D niet. Men kan met hot embossing de beste resolutie verkrijgen in vergelijking met de andere technieken.

Voorbeelden:



Figuur 22: Turbo regelaar



Figuur 23: Stoelaanpassingsregelaar



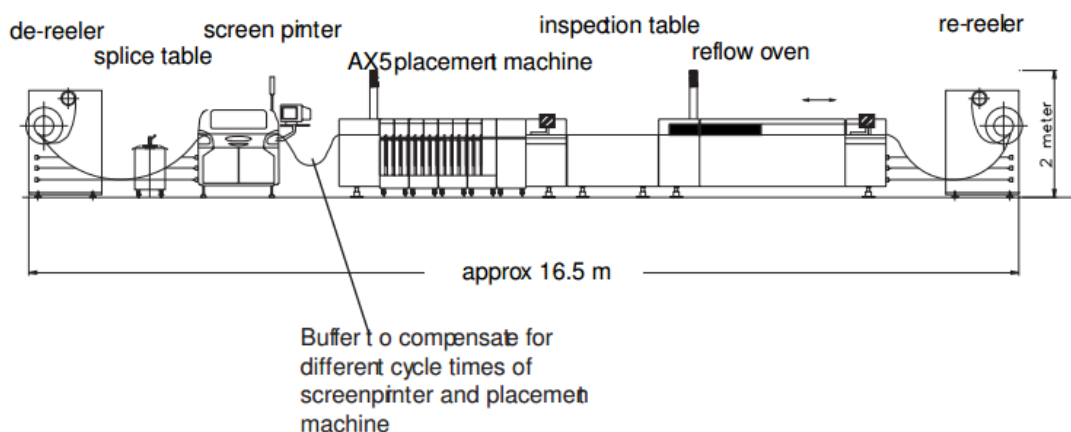
Geleidende folies:

Geleidende folies kunnen gebruikt worden in 3D MID omdat ze buigbaar of zelfs rekbaar zijn. Het zijn in feite sporen die aangebracht zijn op een buig-/ rekbare ondergrond. Deze folies kunnen met verschillende technieken op een product aangebracht worden.

Materiaal

Flexfolies:

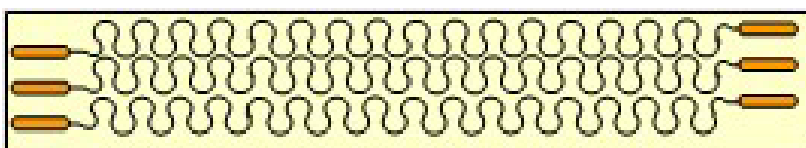
De materialen die voor de folie het best bruikbaar is zijn polyester (PET), polyimide (PI), polyethyleen naphthalate (PEN), Polyetherimide (PEI), en verscheidene fluropolymere (FEP) waarvan zowel thermoplastische als thermoharder versies beschikbaar zijn. De geleidende laag op de folie is opgebouwd uit nikkel, koper en goud, die als pasta op het product gestreken worden door middel van zeefdrukken.



Figuur 24: Productieproces flexmateriaal

Stretch PCB:

Rekbare PCB's worden nog op de conventionele manier gemaakt dus net als de flexfolies door middel van zeefdrukken. Het verschil zit hem in het basismateriaal en de vorm van de sporen, deze maken het mogelijk dat de PCB rekbaar is.



Figuur 25: Rekbaar spoorpatroon

⁸ <http://alexandria.tue.nl/repository/books/599047.pdf> pagina 6 [laatst geraadpleegd op 12-4-2013]



Processen

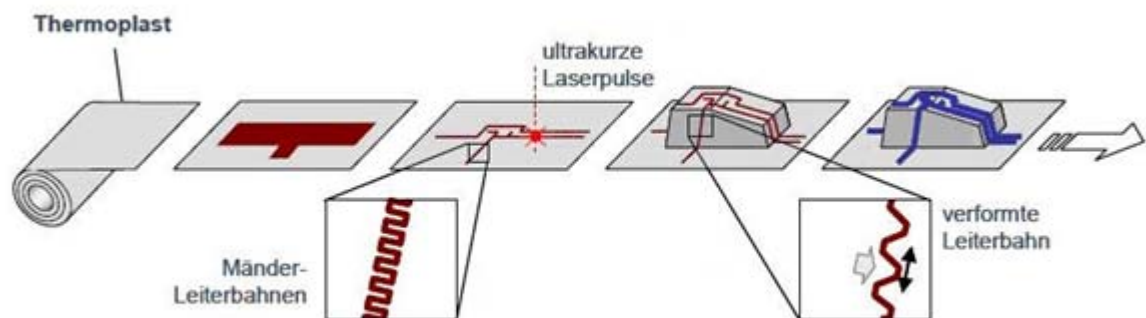
Shaping

Flexfolie & stretch PCB:

Processtappen:

- Vormen van kunststof product (spuitgieten, extruderen, vacuümvormen, etc.)
- Folie wordt van een grote rol afgerold
- Vervolgens wordt er door middel van zeefdrukken soldeerpaste aangebracht in de vorm die het circuit moet hebben
- Hierna kunnen de eventuele componenten op de plaats gelegd worden
- Waarna het doorgevoerd wordt in de oven
- Om daarna weer tot een rol opgerold te worden
- Tot slot kan de folie mee worden gespuitsgiet, of het kan in het product gelijmd worden

Stretch PCB:



Figuur 26 Vacuümvormen met stretchpatroon

Dit is een techniek waarbij men gebruik maakt van een thermoplast waarop men een spoor aanbrengt met een rekbaar patroon. Het patroon wordt er opgebracht door middel van een laser die het (meegegoten) additief activeert in het kunststof waarna in een koperbad de spoortjes hechten aan het additief. Verder is er nog de mogelijkheid voor een rekbare/elastische ondergrond waardoor een elastisch spoorpatroon kan ontstaan.



Surface treatment

Nadat de pasta op de folie wordt gestreken door middel van zeefdrukken worden de componenten op de plaats gezet, waarna het folie vervolgens door een oven heen geleid wordt.

Constructie

Flexfolie:

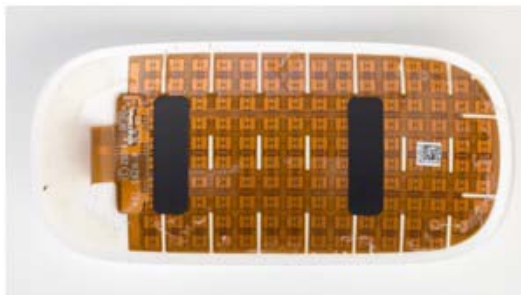
Afmetingen sporen:

Bij deze techniek is de meest gangbare afmeting voor zowel de sporen als de tussenruimte 25 μm . Kleinere ruimtes zijn wel mogelijk, maar is vormafhankelijk (vlak of gekromd). Gaten door de folie heen worden mogelijk gemaakt door een laser, de kleinste mogelijke diameter is 25 μm

Ontwerp van circuit:

Het is mogelijk om met deze techniek alle vlakken van je ontwerp te bereiken, wel moet dan gerealiseerd worden dat het dan als één lijn om je ontwerp heen moet lopen, omdat het folie gevouwen kan worden of in een holle/bolle vorm kan komen te staan.

Voorbeeld:



Figuur 27: Magic Mouse

Door slim gebruik te maken van de uitsparingen in het flexfolie heeft Apple er voor gezorgd dat het folie over een curve te gebruiken is. Deze folie is na het spuitgieten van het onderdeel aan de binnenkant van de muis vast gelijmd.



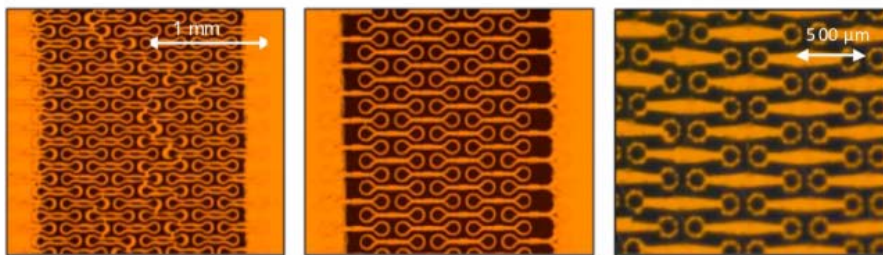
Figuur 28: Camera (Olympus)

De camera is ook een mooi voorbeeld van een handig gebruik van uitsparingen in een flexfolie waardoor het in een 3d vorm geplaatst kan worden.



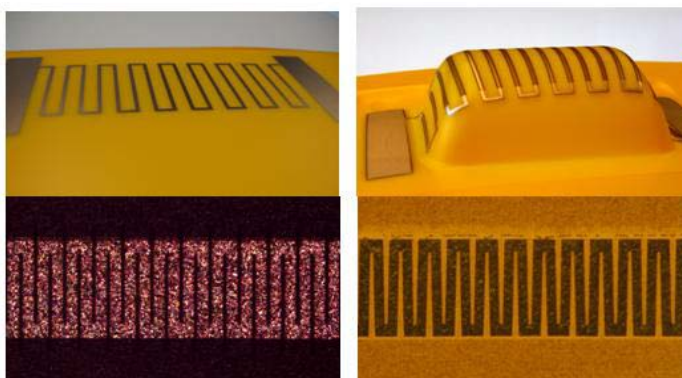
Stretch PCB:

Een alternatief voor flexfolie zijn 3D-flexsys en sporen aanbrengen op rekbare folies. Hieronder is te zien hoe dat patroon er uit kan zien. De sporen zijn zo ontwikkeld dat wanneer er een verandering in de vorm van het basismateriaal zal zijn de sporen met deze vorm mee veranderen.



Figuur 29: Detail stretchsporen

Een gebruikte manier om sporen op een 3d vorm te krijgen is het vacuümvormen van bepaalde onderdelen waar de sporen al op zitten. Voor producten met deze toepassingen is dus een thermoplast gebruikt als basismateriaal die de eigenschap heeft onder invloed van warmte te kunnen vervormen.

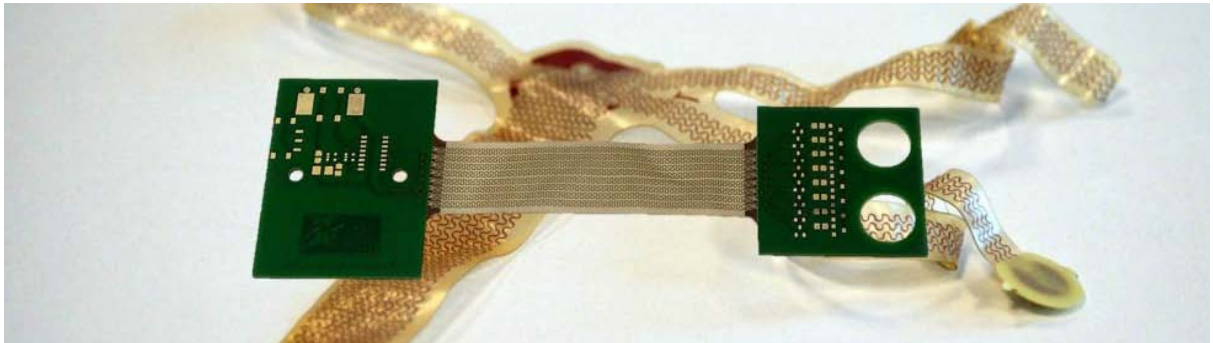


Top left: metalized flat material, left: reformed structure
Bottom: fine structure in flat material, right drawn fine structure

Figuur 30: Vacuümvormen met stretch sporen op thermoplast plaat



Momenteel worden er veel ontwikkelingen gedaan op het gebied van Rekbare PCB's ook wel SCB (Stretched Copper Board) genoemd. Dit zijn PCB's waarbij gebruik is gemaakt van een rekbaar basismateriaal van polyurethaan en een kronkelend spoorpatroon waardoor een rek tot 30% gerealiseerd kan worden.



Figuur 31: Stretch verbinding / kabel

Mogelijke toepassingen:

- Functionele kleding
- Medische applicaties
- Intelligent verband
- Moeilijk positioneren van sensoren
- 3 Dimensionale vormen van auto interieurs
- Het overwinnen van toleranties⁹

⁹ http://www.qpigroup.com/stream/public/site/downloads/qpi_spec_es_1208_2011_str.pdf
geraadpleegd op 12-4-2013]



Laser Resist Structuring:

Laser resist structuring is vergelijkbaar met het LDS proces alleen wordt hierbij het hele product gemetalliseerd waarna de het metaal weggelaserd wordt waar het niet gewenst is.

Materiaal

Het laser resist product is opgebouwd uit verschillende lagen. De drager is een kunststof (zie LDS) met additief. Daarop wordt een elektrisch geleidende laag aangebracht, vaak opgebouwd uit koper (6–8 μm), Nikkel (4 μm) en Goud (0.1 μm).

Processen

Shaping

Processtappen:

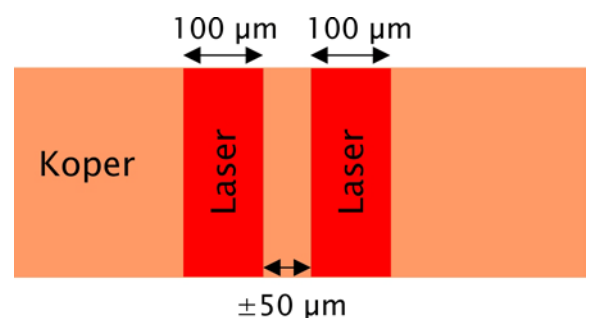
- Vormen van kunststof product (spuitgieten, extruderen, vacuümvormen, etc.)
- Gehele oppervlakte metalliseren
- Optie 1:
 - Aanbrengen van etch resist layer (“etsbestendige laag”)
 - Weglaseren van etch resist layer, daar waar geen koper gewenst is
 - Etsen (verwijderen) van koperlaag
- Optie 2:
 - Direct weglaseren van gemetalliseerde laag

Eerst wordt het gehele product gemetalliseerd in additiebaden waar het materiaal wordt toegevoegd. Wanneer dit is gebeurd wordt het overschot aan geleidende laag, daar waar het niet gewenst is weggelaserd of geëtsd.

Constructie

Afmetingen sporen:

Bij deze techniek zijn in vergelijking met de andere lasertechnieken kleinere sporen te verkrijgen, deze zijn nu namelijk niet afhankelijk van de dikte van het laserspoor, maar afhankelijk van de nauwkeurigheid van de laser. De minimale dikte die men kan krijgen is kleiner dan 50 μm .



Figuur 32: Smalle sporen mogelijk bij LRS



Ontwerp van circuit:

Vergelijkbaar met LDS. Het circuit moet daarna omgezet worden naar een negatief, zodat de laser het materiaal rond het circuit weghaalt. Koper buiten het vrijgemaakte circuit, kan blijven zitten. Dit scheelt veel laser/bewerkingstijd.

Deze techniek is het best te gebruiken wanneer men een grote hoeveelheid koper op het onderdeel wil hebben. Ook is deze techniek uitstekend te gebruiken wanneer zeer dunne sporen gewenst zijn.

Schematisch:

1. Injection mold plastic part



2. Surface activation



3. Electroless copper



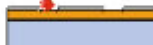
4. Full-build electroplate copper



5. Electroplate etch resist



6. Laser structuring of etch resist



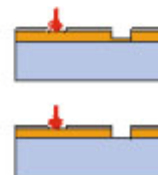
7. Etch copper



8. Surface finish



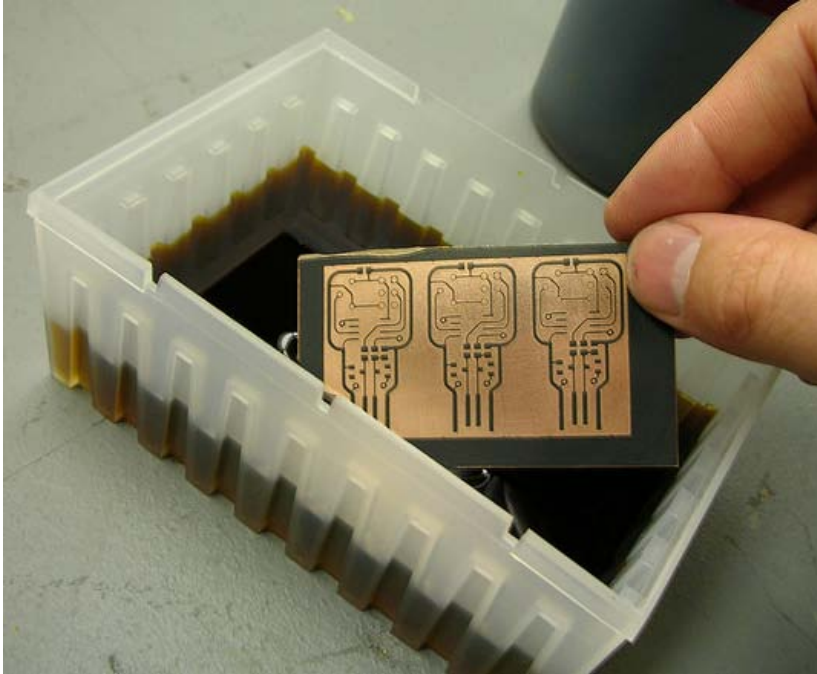
Instead of applying an etch resist, the copper may also be directly structured. Some plastics require that a copper layer remains which is subsequently etched off.



Figuur 33: Productiestappen LRS



Voorbeelden:



Figuur 34: Etsen van koper



Figuur 35: Onderdeel mobiele telefoon, groot gemetalliseerd oppervlak



Bronnen

[Links laatst geraadpleegd op 12-4-2013]

Tampondrukken:

- www.screen70.nl
- https://server.creativematerials.com/datasheets/DS_118_43.pdf

Flexfolie:

- <http://www.microconnex.com/services/flex-and-rigid-flex-circuits/>
- http://www.lzh.de/en/publications/news/2010/hannover_messe/electronic_switch
- <http://www.qpigroup.com>

Stretch PCB:

- <http://www.qpigroup.com/producten-en-services/pcb-technologieen/rekbare-printplaat-technologie>

Laser resist:

- <http://www.lasermicronics.com/services/laserstructuring.htm>
- <http://www.flickr.com/photos/macetech/3405862846/>
- <http://electronics.macdermid.com/cms/products-services/molded-interconnect-devices/final-finishing/index.shtml>

Overig:

- <http://www.3d-mid.de/>
- http://www.rainbowmold.com/_d268790765.htm