

## Doorontwikkelen van een innovatieve Spray-on-Screen-technologie voor het afzetten van ultradunne coatings

Deveux Nathan

master IW Elektromechanica

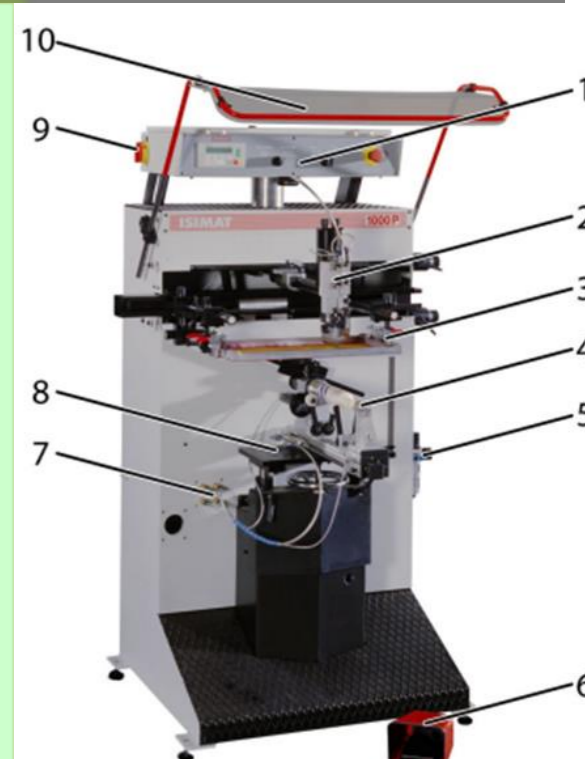
### Inleiding

Spray-on-Screen(SoS)-technologie is een innovatieve, roll-to-roll verenigbare coatingstechniek die uniforme, homogene en ultradunne coatings afzet met een dikte kleiner dan 15 nm en gepatenteerd is bij IMO-IMOMECE. Het afzetten van ultradunne coatings op grote oppervlakken wordt veelal toegepast in de automobiel-, lucht- en ruimtevaart-, elektronische-, sensor-, verf- en emaille-, biomedische- en verpakkingsindustrie en bij lichtgevend devices (OLED's). De technologie combineert de microdruppelgeneratie van Ultrasonic Spray Coating (USSC) met de coatingvorming van een screenprintingmesh. Deze masterproef doelt enerzijds op het automatiseren van de proof-of-principleopstelling van de technologie en anderzijds op het onderzoeken van de optimaal in te stellen parameters voor het afzetten van ultradunne, homogene PEIE-coatings.

De automatisering bestaat uit vijf delen:

- een screenfixatie om een vaststaande mesh te verkrijgen;
- een openingsvariatie tussen mesh en substraat, aangezien het vloeipatroon variabel is;
- een substraathouder zodat het substraat niet aan de mesh blijft plakken;
- een krachtmodule om de mesh tegen het substraat aan te drukken en zo dynamische bevochtiging te forceren;
- een substraatcollector om de gecoatete substraten te verzamelen.

Het experiment optimaliseert volgende zes parameters: mesh-substraatopening, type bevochtiging, flowrate, nozzlehoogte, tijd van krachtaanlegging en tijd van bevochtiging. Hierna zet het experiment coatings af met de geautomatiseerde opstelling ingesteld met de optimale zes parameters. Ten slotte worden deze coatings getest op uniformiteit, homogeniteit en dikte.

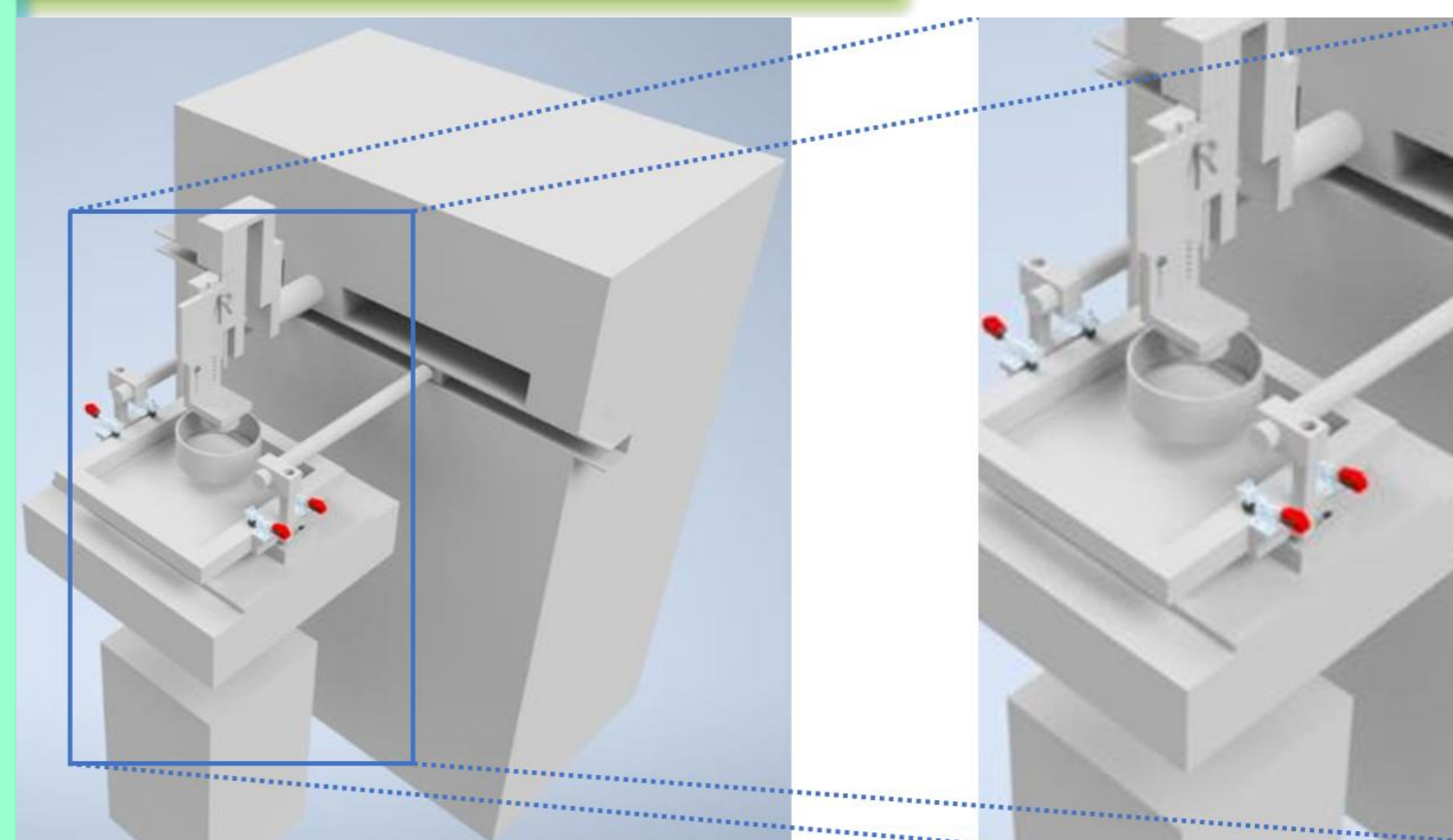


Figuur 1: Screenprinter ISIMAT 1000 p [1]

### Materiaal en methode

De geautomatiseerde SoS bestaat uit een ISIMAT 1000 p screenprinter, een ultrasone vortex nozzle, een ECHO Ultrasonic Generator en een syringe pump van Sono-Tek, een doe-het-zelfstuurkast samen met elektrische kabels, pneumatische slangen, een draadstang en ge-3D-geprinte onderdelen. Figuur 1 geeft de screenprinter weer die alle 5 te automatiseren functies bevat. Maar de screenprinter bevat aanvankelijk geen USSC-nozzle en geen krachtmodule. Daarom is er in Autodesk Inventor een ontwerp gemaakt om een USSC-nozzle en de krachtmodule te implementeren. Figuur 2 geeft het ontwerp weer. De nozzle zijn aansturing vraagt een bepaalde coatingoplossing die wordt aangevoerd door een syringe pump, een ultrasone generator die de nozzle op een frequentie van 120 kHz doet trillen en een aanvoer van shroudgas om de microdruppeltjes naar de mesh te leiden en de nozzle te koelen. In deze elektro-pneumatische aansturing staat een doe-het-zelfstuurkast centraal die werd hertekend in EPLAN.

Het experiment coat glazen substraten van 2,5x2,5 cm<sup>2</sup> met een IPA-PEIE-oplossing met 1,13 vol% PEIE. Het experiment beslaat twee fases. In de eerste fase varieert het de zes parameters bij het manueel aanleggen van de externe kracht op de mesh. Op het einde van deze fase bepaalt het experiment de optimale instelling voor elk van de zes parameters op basis van twee kenmerken, namelijk een schatting van de grootte van de gecoatete oppervlakte van het substraat in percentage en een schatting van de hoeveelheid meshpatronen in de coating in percentage. In de tweede fase coat het experiment substraten met optimale instellingen en een machinaal aangelegde externe kracht op de mesh. De inschatting van de gecoatete oppervlakte en de hoeveelheid meshpatronen gebeurde op basis van optische microscoopbeelden. SEM (Scanning Electron Microscopy) geeft de oppervlaktetopografie van de coating weer. DektakXT geeft een inschatting van de dikte van de coating. AFM (Atomic Force Microscopy) geeft zowel de oppervlaktetopografie als de dikte van de coating weer.



Figuur 2: Grafisch ontwerp van de geautomatiseerde opstelling in Autodesk Inventor met een uitvergroting op de USSC-nozzle en krachtmodule



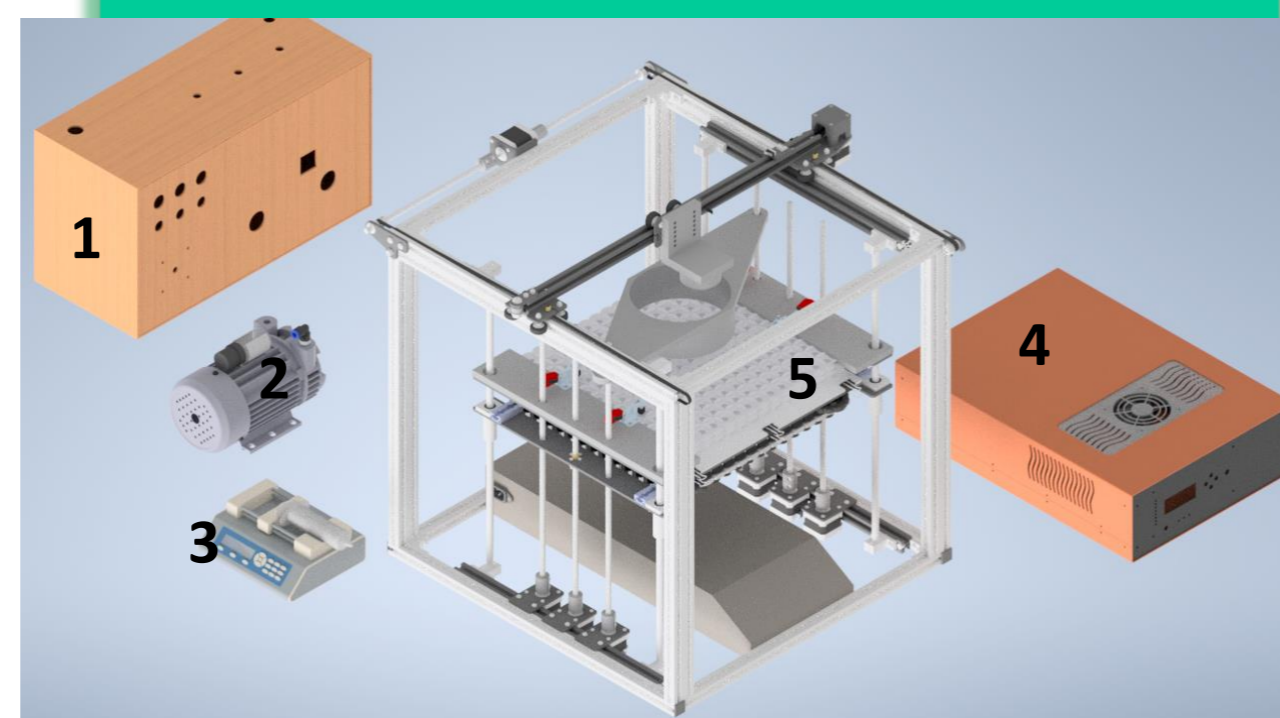
Figuur 3: De geautomatiseerde opstelling na assemblage

### Resultaten

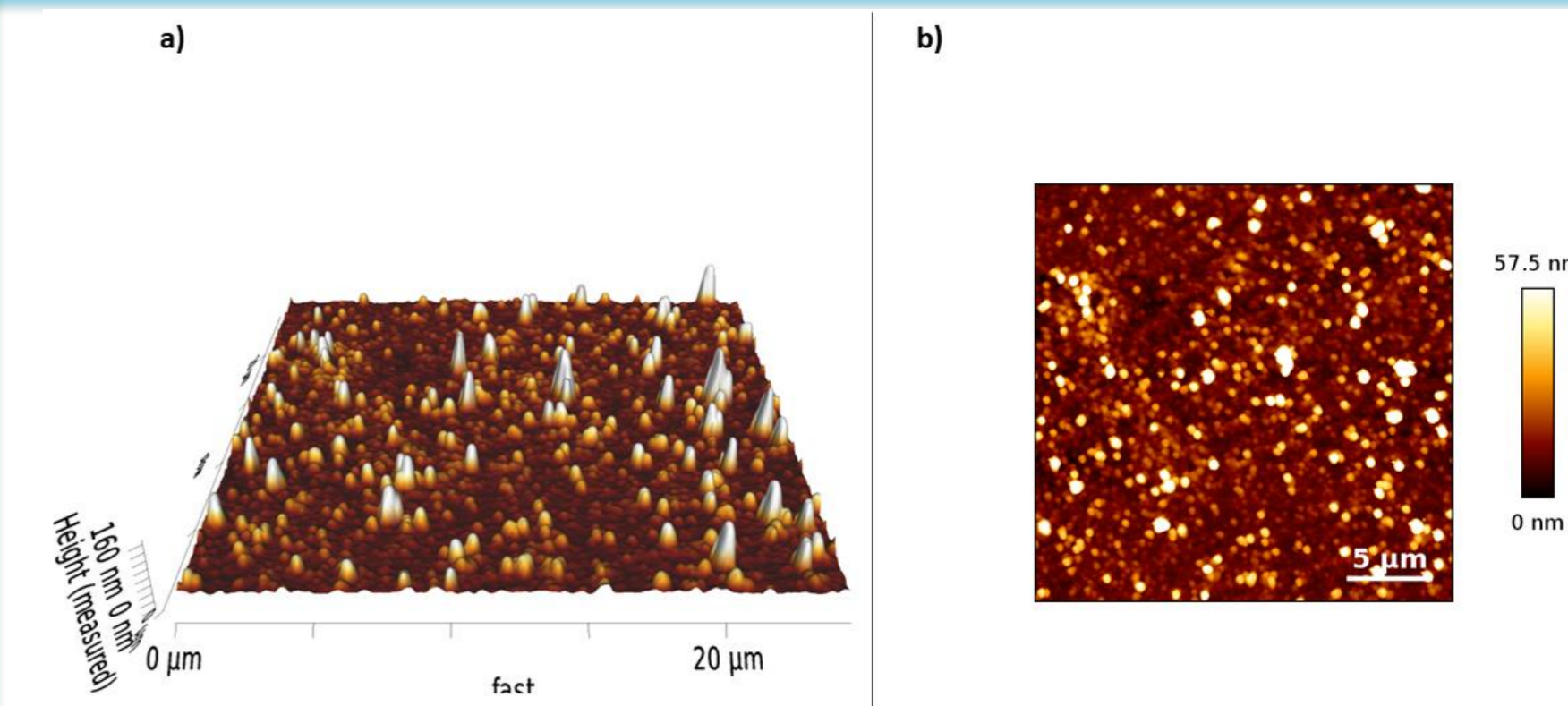
De proof-of-principleopstelling werd succesvol geautomatiseerd. De geautomatiseerde opstelling elimineerde de afhankelijkheid van de operator zoals in de proof-of-principleopstelling. De opstelling zet uniforme, homogene PEIE-coatings af met een gemiddelde dikte van 40 ± 20 nm. Deze gemiddelde dikte werd bepaald door metingen met DektakXT volgens eenzelfde rekenproces als de diktebepaling met AFM. Figuur 4 bewijst dat de laag homogeen is. De witte pieken zijn standaard en stellen PEIE-agglomeratie voor. Daarenboven wordt de opstelling in staat geacht ultradunne, uniforme en homogene PEIE-coatings te reproduceren af te kunnen zetten, aangezien de meest dunne coating die werd afgezet een dikte had van 9,00 ± 1,83 nm. Hiervoor werd er een kras gemaakt in de coating. Vervolgens geeft het verschil van de gemiddelde hoogte van de coating en de bovenzijde van het glazen substraat, de dikte van de coating. Deze diktemeting werd tien keer herhaald over de kras om vervolgens de mediaan met bijhorende standaarddeviatie als dikte van de coating te geven. Figuur 5 geeft de diktemeting met AFM weer.

### Conclusie en toekomstig onderzoek

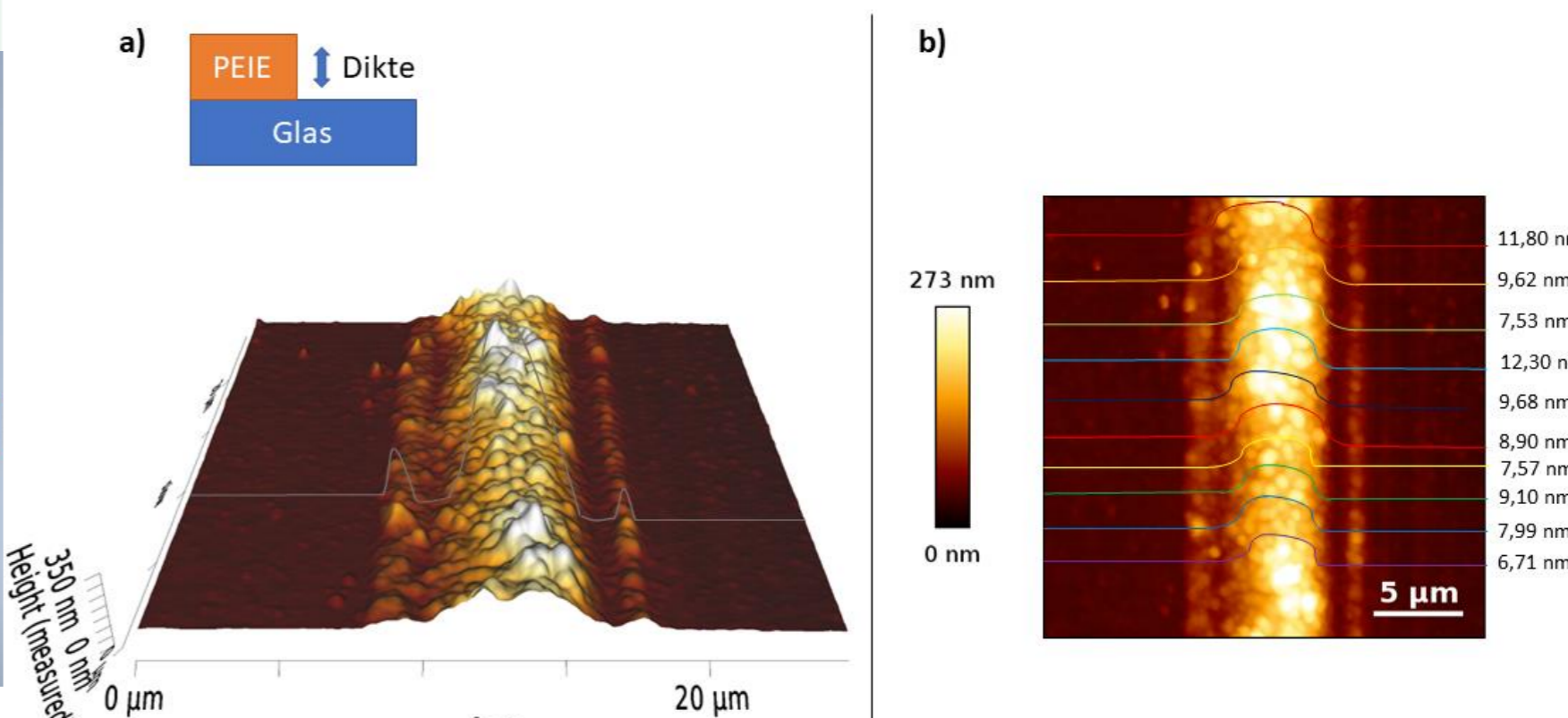
De geautomatiseerde opstelling zet homogene, uniforme PEIE-coatings af op glazen substraten met een gemiddelde dikte van 40 ± 20 nm. Optische microscopie gaf echter aan dat de dikte van de samples variëren en dat er ook ultradunne coatings werden afgezet. Het verlagen van het gehalte PEIE in de coatingoplossing, bijvoorbeeld van 1,13 vol% naar 0,4 vol%, zal in de toekomst het reproduceren van ultradunne coatings wellicht verzekeren. De huidige opstelling is ontworpen voor screenprinting en niet volledig geschikt om te coaten op nanoschaal. Daarom is een voorstel tot het ontwerp en de assemblage van een SoS-specifieke opstelling de logische volgende stap. Figuur 6 geeft een mogelijk ontwerp weer van SoS-specifieke opstelling.



Figuur 6: Grafisch ontwerp van een SoS-specifieke opstelling in Autodesk Inventor met 1) de doe-het-zelfstuurkast, 2) een vacuumpomp, 3) een syringe pump, 4) een ultrasone generator en 5) een 3D-printerachtige constructie met USSC-nozzle, krachtmodule en verwarmde vacuümsubstraathouder



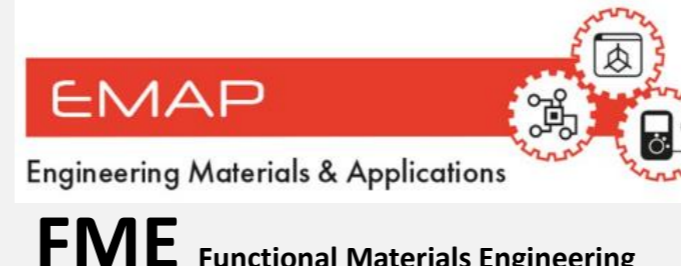
Figuur 4: AFM-beeld van het coatingoppervlak met a) 3D en b) 2D [2]



Figuur 5: AFM-beeld van het coatingoppervlak ter hoogte van een kras met a) 3D en b) 2D [2]

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders

Prof. dr. ir. Wim Deferme  
Drs. Shabnam Ahadzadeh



### Referenties

- [1] ISIMAT GmbH Siebdruckmaschinen, Operating manual screen printing machine 1000 p [handleiding], Ellwangen: ISIMAT GmbH Siebdruckmaschinen, 2007.
- [2] Dr. Rachith Shanivarasanth Nithyananda Kumar op de AFM-microscoop van Prof. dr. Frank Renner te IMO-IMOMECE.