

Elektrische Impedantietomografie opstelling met geïntegreerde Microfluidica

Janssen Jordi

Liefsoens Daan

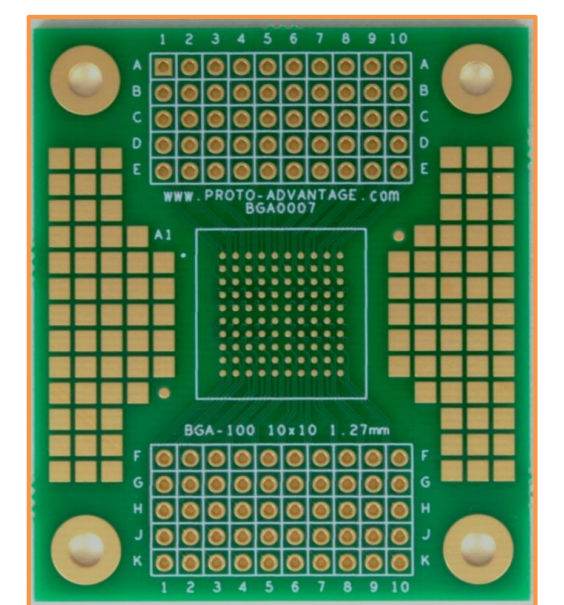
Master IW energie - automatisering

Master IW energie - automatisering

Principe

De onderzoeksgroep **BDE** (Biomedical Device Engineering) van **IMO-IMOMEC** (Institute for Materials Research in MicroElectronics) doet onderzoek naar biosensoren en apparaten om deze sensoren uit te lezen. Eén van deze sensoren in ontwikkeling maakt gebruik van **elektrische impedantietomografie (EIT)**, een niet-invasieve beeldvormingstechniek aan de hand van de impedantie van het object. Bij algemeen gangbare EIT-opstellingen is er een **beperkte nauwkeurigheid** door de cirkelvormige plaatsing en het beperkt aantal meetelektroden (acht of zestien).

Deze masterproef doet onderzoek naar het verhogen van de nauwkeurigheid door de elektroden in een matrixvorm te plaatsen. Dit wordt gedaan m.b.v. een **micro-elektrode array** (figuur 1). Door het grote aantal elektroden (100) is het mogelijk om meer metingen te doen, op een kleiner oppervlakte van 25 mm². Hierdoor is de verwachting dat er een nauwkeuriger beeld kan gemaakt worden. Bovendien is het mogelijk om precies te bepalen waar het object zich op de matrix bevindt.



Figuur 1: micro-elektrode array [1]

Doelstellingen

- De bestaande proefopstelling en aansturing testen en eventuele fouten opsporen,
- Het ontwikkelen van een **flowcell** voor het *in-line* meten van microfluidica,
- Het testen van de **limieten** van de opstelling door metingen uit te voeren op microfluidica
- Het uitdenken van **verschillende meetmethodes** die de nauwkeurigheid ten goede komen,
- Het ontwerpen van één geheel voor de **sensoropstelling**.

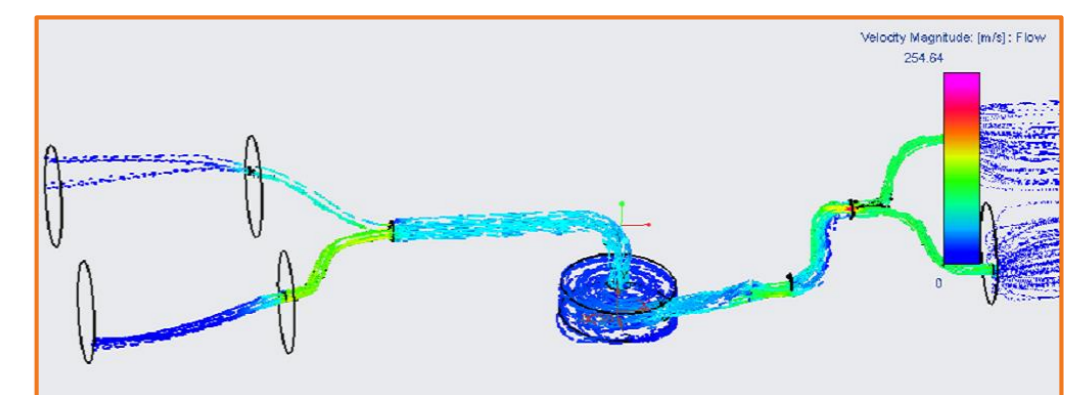
Methode

Eerst werd de werking van de bestaande meetmethodes uitgezocht waarbij de elektrodes in een **cirkelvorm** stonden. Hierdoor is er meer inzicht bekomen in impedantiemetingen en de probleemstelling. Vervolgens is het bestaande **printed circuit bord (PCB)**, nodig voor het aansturen van de micro-elektrode array, gecontroleerd en uitgebreid. Dit is getest door het uitvoeren van verschillende metingen tussen de elektrodes. Dan zijn er **twee flowcells ontworpen**, waardoor het mogelijk is om vloeistoffen over de micro-elektrode array te laten stromen en het bijhorend **impedantiebeeld** te creëren. Hierdoor zijn de limieten van de opstelling vastgesteld. Tot slot is er een **behuizing** ontworpen zodat er één geheel gevormd wordt voor de sensor.

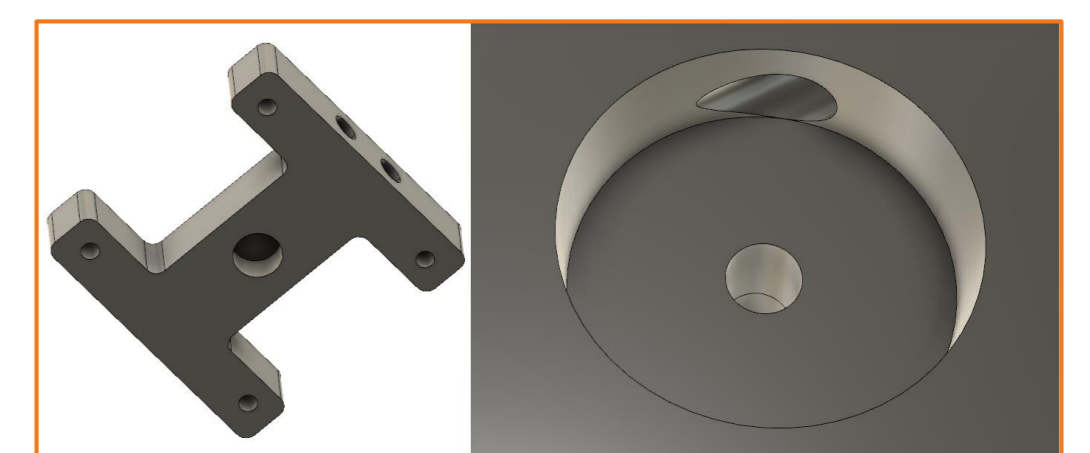
Flowcell

Er zijn twee verschillende ontwerpen gedesignd voor de flowcell. Het eerste ontwerp is een modulaair ontwerp dat uit verschillende lagen is opgebouwd (figuur 6). Het tweede ontwerp is **3D geprint** (figuur 4). Bij het modulaair ontwerp zijn de vloeistofkanalen m.b.v. **laser cutting** uitgesneden uit de verschillende lagen. In beide ontwerpen is het de bedoeling om **zo veel mogelijk turbulentie** te creëren omdat turbulentie een goede menging van de vloeistof boven de micro-elektrode array garandeert.

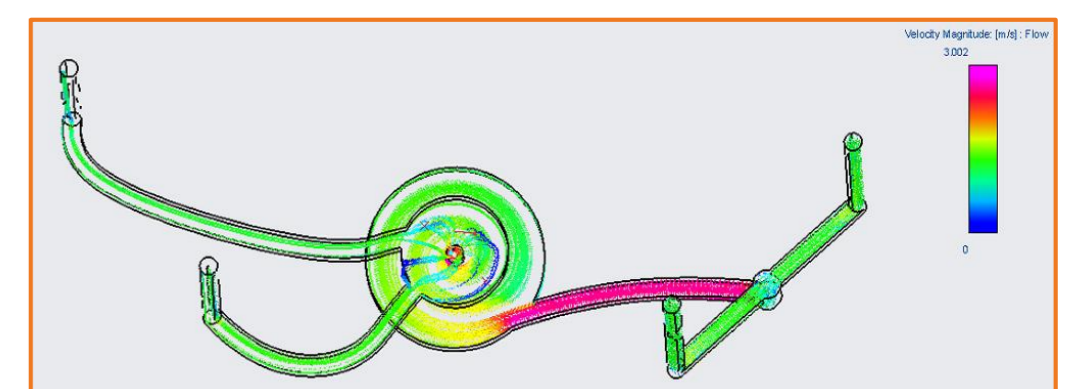
Voor de controle van turbulentie zijn er een **flowsimulaties** voor beide ontwerpen met **Creo Flow Analysis** uitgevoerd. De simulaties tonen de snelheid van de vloeistof doorheen de flowcell. Deze zijn terug te zien in figuren 3 en 5.



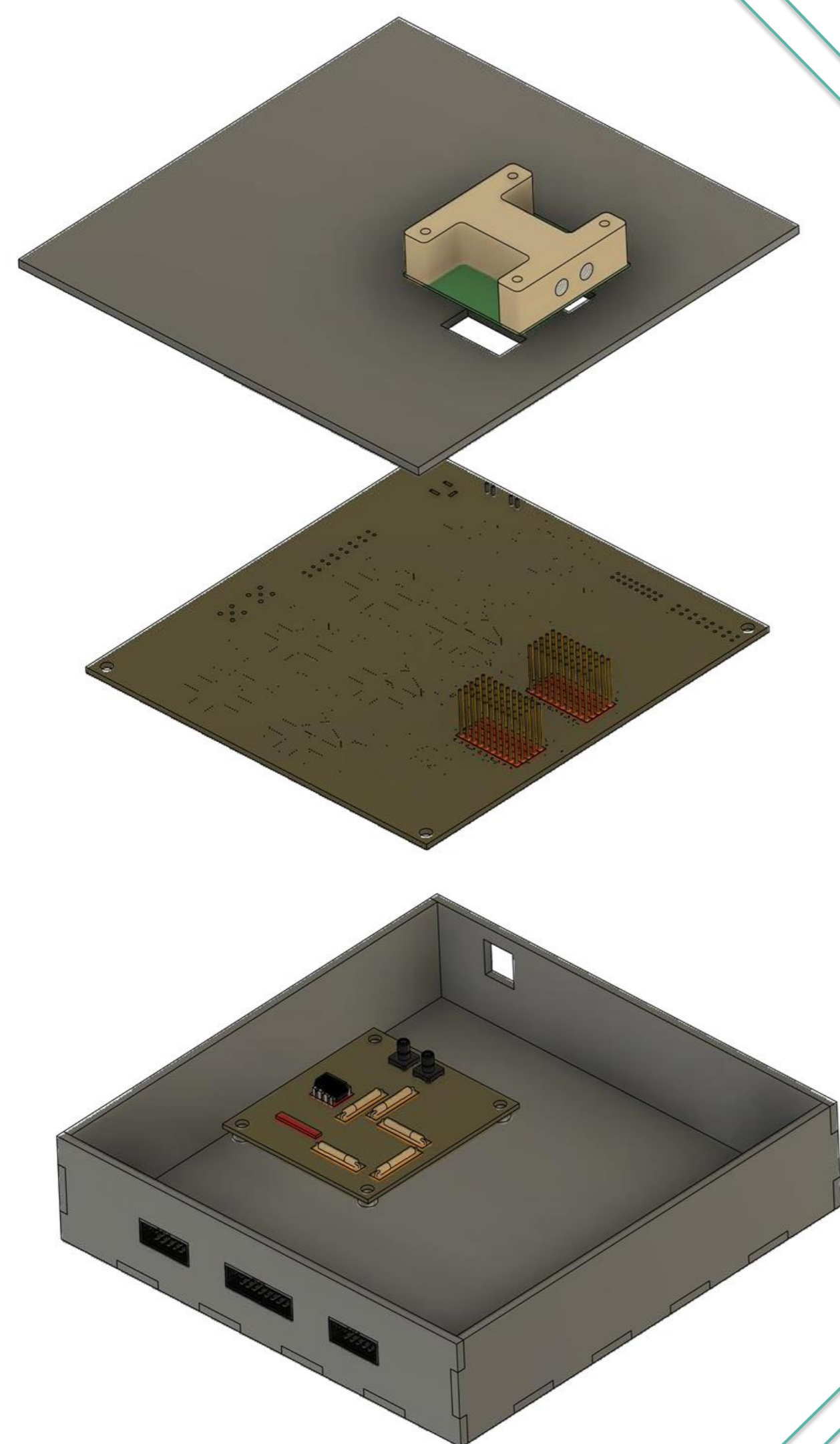
Figuur 3: flowsimulatie 3D geprint ontwerp



Figuur 4 links: onderaanzicht 3D geprinte flowcell, rechts: close-up van de vloeistofkamer



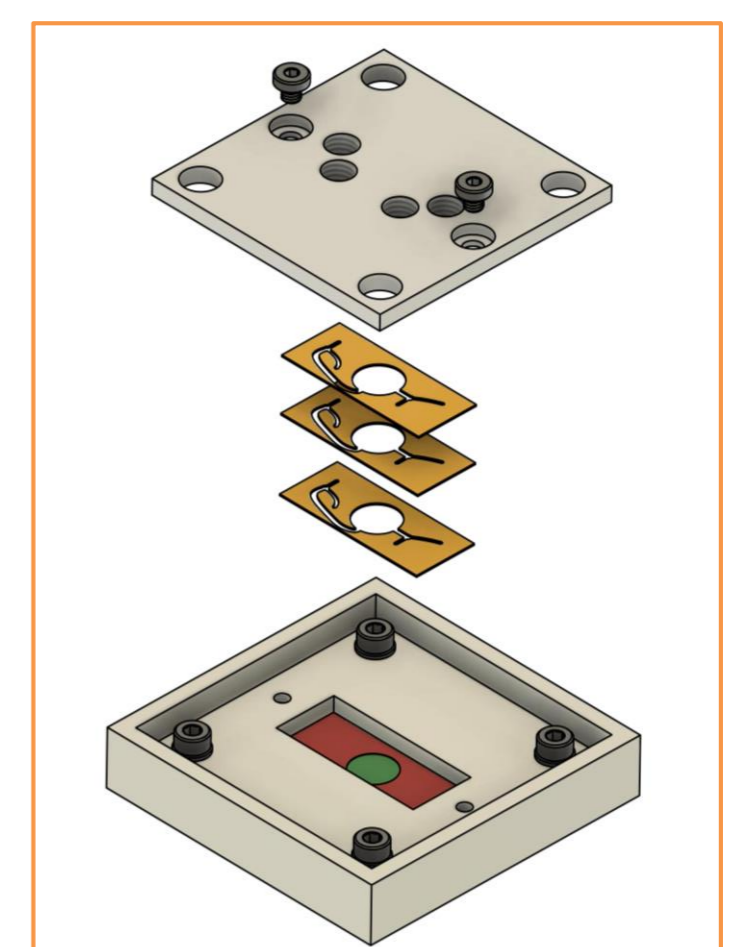
Figuur 5: flowsimulatie modulaair ontwerp



Figuur 2: Exploded view van de sensor

Resultaten / Conclusie

- In de software en de hardware waren nog enkele fouten gevonden, deze zijn opgelost zodat er een werkend geheel gevormd werd. In figuur 2 is de volledige sensoropstelling weergegeven. De gebruikte flowcell hierbij is de **3D geprinte flowcell**. Met deze opstelling kunnen er impedantie-metingen gebeuren op een vloeistof in een microkanalen. Doordat de opstelling 100 elektroden telt, kunnen er met de gebruikte meetmethode 342 metingen uitgevoerd worden over een oppervlakte van 25 mm². Dit zorgt voor een **hogere precisie** en **resolutie van 4 pixels/mm²**. Uit deze metingen kunnen we concluderen dat dat de **nauwkeurigheid is verbeterd**.
- Uit de uitgevoerde flowsimulaties blijkt dat beide modellen **voldoende turbulentie** bezitten. Beide ontwerpen hebben hun voor- en nadelen. Zo is het 3D-geprint ontwerp **niet aanpasbaar** zonder het geheel opnieuw te printen (figuur 4). Anderzijds is er een **goede afdichting** gewaarborgd. Bij het modulaair ontwerp moet enkel het ontwerp van de gele lagen (zie figuur 6) aangepast worden indien om de vloeistof op een andere manier de vloeistofkamer in moet stromen. Door de verschillende lagen is er echter meer risico's op lekkage.
- Ten slotte is er een nieuwe innovatieve meetmethode bedacht. Hierbij worden er één of meerdere elektroden overgeslagen tijdens de meting. Dit resulteert in een diepere meting in het materiaal. Door het overslaan van de elektroden, kan er in **verschillende vloeistoflagen** gemeten worden. Een tweede innovatie is dat er tussen iedere elektrodepaar een PT100, rekstrookje of capaciteit geplaatst kan worden. Op die manier kan er een beeld van **temperatuur, krachten of capaciteit** gevormd worden. Dit resulteert in een flexibele sensor die in verschillende toepassingen of situaties kan gebruikt worden.



Figuur 6: modulaire flowcell

[1] "Proto Advantage - BGA-100 SMT Adapter (1.27 mm pitch, 10 x 10 grid)." [Online]. Available: http://www.proto-advantage.com/store/product_info.php?products_id=4000007. [Accessed: 18-Nov-2019].