

# Magnetron sputteren van dunne laag sensoren voor self-sensing composieten

Contactpersoon/begeleider [florian.cougnon@ugent.be](mailto:florian.cougnon@ugent.be)



Promotor [diederik.depla@ugent.be](mailto:diederik.depla@ugent.be)

*Trefwoorden : composieten, sensoren, en sputterdepositie*

## Inleiding

Vezelversterkte composieten hebben een hoge specifieke stijfheid en sterkte. Ze zijn daarom erg in trek voor lichtgewicht toepassingen in de transportsector, de sport- en recreatiesector en de lucht – en ruimtevaart. Vandaag de dag is er een toenemende vraag om deze composieten te voorzien van self-sensing eigenschappen. Onder een self-sensing composiet verstaan we een materiaal uitgerust met ingebedde sensoren die het mogelijk maken omgevingsfactoren zoals temperatuur, druk en belasting te monitoren. Dunne laag sensoren kunnen ingebed worden zonder grote impact op de levensduur, de integriteit, en de mechanische eigenschappen van het composiet. Dit is het belangrijkste verschil met de meer gebruikelijke vezel-, folie- of micro-sensoren. Deze veroorzaken geometrische en materiële discontinuïteiten wanneer ze in het materiaal ingebed worden. Om dunne laag sensoren te synthetiseren kan magnetron sputterdepositie gebruikt worden. Magnetron sputteren is een vacuümdepositietechniek met een dominante positie in de dunne-laag industrie. De georkestreerde samenwerking tussen magnetisme, plasma en elektrisch veld maakt het mogelijk om op metallische, oxide of nitride dunne lagen af te zetten. Tijdens het sputterproces wordt het bronmateriaal door een ionenbombardement tot een damp omgezet. Deze damp condenseert op een substraat onder de vorm van een dunne laag. De laagdikte varieert van enkele nanometers tot micrometers. Dunne lagen maken deel uit van je dagdagelijkse leven in toepassingen zoals touchscreen technologie voor je smartphone, TCO coatings voor zonnecellen, optische coatings voor warmtecontrole en energiebesparing in de glasindustrie, micro-elektronica en nog veel meer.



Figuur 1 : Een magnetron ontlading (links) Voorbeeld van een dunne laag reksensor (rechts)

## Doelstelling

Het doel van deze masterproef is de ontwikkeling van een dunne-laagreksensor voor het monitoren van de vervorming van een composiet onder invloed van belasting.

Om dit doel te bereiken zal de student(e) zich eerst verdiepen in de basiseigenschappen van magnetron sputteren en dunne-laaggroei, bijgestaan door theoretische modellen en analytische technieken zoals XRD en SEM. Deze kennis zal dan door de student(e) aangewend worden voor de sputterdepositie van een zelf ontworpen dunne-laagreksensoren. Finaal zullen deze sensoren in het composiet worden geïntegreerd om vervolgens getest te worden op zijn self-sensing eigenschappen.

Deze masterproef is opgebouwd uit een uitdagend takenpakket waarbij de student(e) vertrekkend van fundamenteel onderzoek zal toewerken richting applicatie met een evenwichtige afwisseling tussen theoretisch en experimenteel werk. We zijn op zoek naar een enthousiaste student(e), klaar om deze uitdaging aan te gaan en zijn/ haar creatieve en wetenschappelijke geest in volle overtuiging toe te wijden aan het leveren van een bijdrage aan deze nieuwe generatie composiet materialen. Naast koffie en een bureau in de onderzoeksgroep DRAFT kan de student(e) rekenen op intensieve ondersteuning om dit onderzoek tot een goed einde te brengen. Contacteer ons via mail of kom gerust eens langs voor een verkennend gesprek op Campus De Sterre, building S1, Krijgslaan 281, 9000 Gent.

We kijken er al naar uit jou te ontmoeten!

# Depositie van High Entropy Alloys als contactweerstand

Contactpersoon/begeleider : [robin.dedoncker@ugent.be](mailto:robin.dedoncker@ugent.be)



Promotor : [diederik.depla@ugent.be](mailto:diederik.depla@ugent.be)

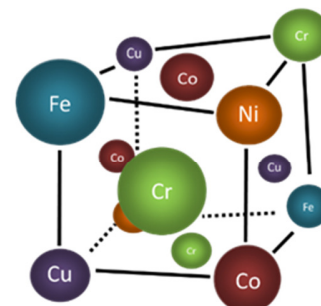
**Trefwoorden :** *contactweerstand, legeringen, en sputterdepositie*

## Probleemstelling

Schakelaars behoren tot de meest cruciale onderdelen in hedendaagse elektrische circuits. Deze elementen moeten enerzijds beschikken over een hoge elektrische geleidbaarheid en anderzijds erosiebestendig zijn. De meest gebruikte geleider is koper maar aangezien dit materiaal zacht is, degradeert het oppervlak snel tijdens het schakelen. Dit probleem kan opgelost worden door op het koper een dunne, goed geleidende én erosiebestendige deklaag aan te brengen, een zogenaamde coating die dienst doet als contactweerstand. Een veelbelovend concept zijn High Entropy Alloys (HEAs), waarvan het onderzoek op dunne lagen nog grotendeels onbekend terrein is.

## Doelstelling

High Entropy Alloys zijn legeringen bestaande uit ten minste vijf verschillende metalen in equimolaire hoeveelheden. Een voorbeeld is CoCrCuFeNi, maar door de grote vrijheid aan verschillende metalen is er een enorme mogelijkheid aan combinaties. Deze legeringen hebben veelbelovende eigenschappen zoals hoge elektrische en thermische geleidbaarheid, hoge hardheid, corrosiebestendigheid, etc. Deze eigenschappen worden bepaald door de compositie en microstructuur van de dunne laag. Hierdoor spelen de depositieomstandigheden een cruciale rol en is er onderzoek nodig om deze relaties te bestuderen

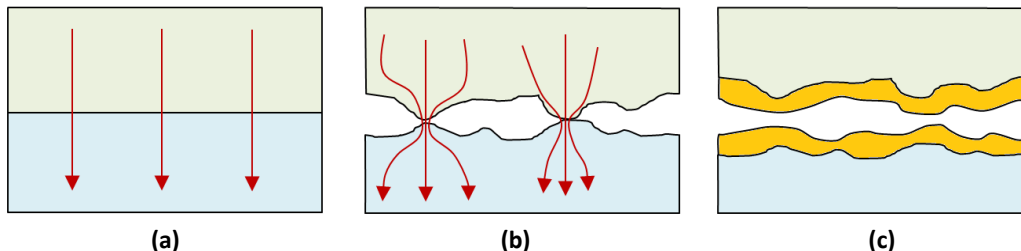


Grafische voorstelling van een CoCrCuFeNi-rooster

De lagen worden afgezet door middel van magnetron sputtering. Dit is een magnetisch geassisteerde techniek waar ionen de kathode (ook wel target genoemd) bombarderen. De kathode bevat het gewenste materiaal en door de impact van de ionen komen de atomen uit deze kathode vrij en belanden ze in de gasfase. De losgekomen atomen botsen uiteindelijk op een substraat, waardoor er zich na bepaalde tijd een dunne film vormt. Om dunne films van HEAs te maken wordt gebruik gemaakt van poedertargets. De compositie van de target is perfect te controleren en het afwegen, mengen en persen van een nieuwe target neemt amper tijd in beslag. Deze flexibele techniek laat toe om in een onderzoekomgeving snel vele combinaties te onderzoeken en is bovendien schaalbaar naar industriële toepassingen.

De contactweerstand is de weerstand die een elektrische stroom moet overkomen wanneer het door een gesloten contact vloeit. Ideale, perfecte vlakke contacten hebben geen contactweerstand. De onderstaande figuur toont de twee belangrijkste effecten die bijdragen aan de contactweerstand. De oppervlakteruwheid en de hardheid van de film zorgen voor een klein, effectief contactoppervlak waardoor een constrictieweerstand

optreedt. Daarnaast is het oppervlak van de film meestal bedekt door een geadsorbeerde oxide- of sulfidel laag die minder geleidend is en een filmweerstand veroorzaakt. De contactweerstand is de som van de filmweerstand en de constrictieweerstand.



Figuur 2: (a) Het ideale (onrealistische) geval: een gesloten contact met perfecte oppervlakken, zonder contactweerstand. (b) Een beperkt aantal effectieve contactpunten zorgen voor een vernauwing van de stroomlijnen: de constrictieweerstand. (c) Een geadsorbeerde laag verlaagt de geleidbaarheid van het contactmateriaal: de filmweerstand.

Om vertrouwd te geraken met poedertargets en magnetron sputteren worden eerst enkele referentiematerialen bestudeerd. Daarna wordt de stap gemaakt naar HEAs, om uiteindelijk de relaties tussen de eigenschappen van de dunne films en de contactweerstand te onderzoeken. Om hiervan een volledig beeld te krijgen wordt de microstructuur in kaart gebracht met behulp van onder andere XRD, SEM, EDX en XRR.

## Samenvatting

We zoeken een enthousiaste student(e) met zin voor experimenteel werk. Interesse in onderzoek naar nieuwe materialen is een pluspunt. Tijdens de thesis komen zowel fundamentele onderzoeksvragen gerelateerd aan de eigenschappen van deze materialen aan bod, en je scherpt via het gebruik van en de aanpassingen aan experimentele opstellingen ook je experimentele (ingenieurs)kwaliteiten aan. We geven jou, naast een plaats en bureau, een leuke omgeving om samen te werken met verschillende onderzoekers. Samen met je begeleider zullen zij voor voldoende ondersteuning zorgen.

# Ruimtelijk geresolveerd in situ bepaling van de targettoestand tijdens reactief sputter depositie

Contactpersonen/begeleiders : [Koen.Strijckmans@ugent.be](mailto:Koen.Strijckmans@ugent.be)

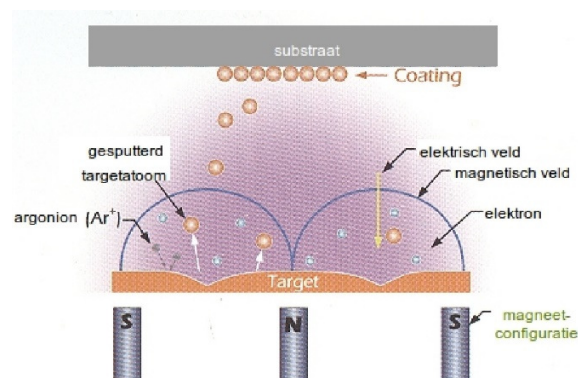


Promotor : [diederik.depla@ugent.be](mailto:diederik.depla@ugent.be)

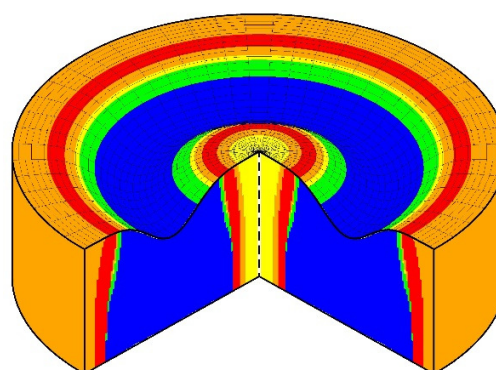
*Trefwoorden : experimentele plasmafysica, sputterdepositie, en simulaties*

## Reactief sputterdepositie

In de hedendaagse wereld zijn dunne deklagen of coatings technologisch onmisbaar geworden. De voornaamste reden hiervoor is het belang van het oppervlak bij de interactie tussen een materiaal en zijn omgeving. Er bestaan verschillende depositietechnieken voor het aanbrengen van zulke deklagen met elk hun voor- en nadelen. Magnetron sputterdepositie neemt hier onbetwist een prominente positie in. Deze techniek is gebaseerd op een magnetisch geassisteerde gasontlading. De gevormde ionen in het plasma bombarderen de kathode of target waardoor atomen uit de target worden losgeslagen. Deze 'gesputterde' atomen propageren vervolgens naar het substraat en condenseren tot een deklaag. Bij reactief sputteren worden ook niet-inert gasen zoals zuurstof of stikstof aan de gasontlading toegevoegd. Hierdoor kunnen ook oxiden en nitriden als deklaag met aangepaste stoichiometrie gevormd worden.



Schematische voorstelling van het magnetron sputterproces



RSD simulatie van de targetoxidatie.

## Probleemstelling

De reactieve gasen interageren echter niet enkel op het substraat, maar ook op het oppervlak van de target zelf. Dit geeft aanleiding tot drastische wijzigingen in zowel de depositiecondities als in de eigenschappen van de afgezette deklaag. Fundamenteel onderzoek zowel op industrieel als op academisch niveau is hierdoor van cruciaal belang.

Binnen de onderzoeksgroep DRAFT wordt zowel op experimenteel als modelleer vlak toonaangevend onderzoek verricht naar de complexiteit van het reactief sputterproces. Dit leidde tot de ontwikkeling van een RSD model dat het proces van reactief sputter depositie beschrijft. Resultaten van dit model zijn soms echter moeilijk experimenteel te verifiëren. Zo is de gemodelleerde dynamiek van target oxidatie nog niet experimenteel bevestigd.

Een mogelijke manier is om het stroomprofiel langsheen de target op te meten en zo de oxidatie graad te bepalen. Tijdens het oxideren veranderen namelijk de elektrische eigenschappen van de target wat een weerslag heeft op de gemeten stroom. Door deze stroom nu ruimtelijk geresolveerd te meten, wordt bijgevolg belangrijke informatie over de oxidatietoestand van de target verkregen. Dit stelt ons dan in staat het model verder te verfijnen en een beter begrip te krijgen over de fysica van deze depositietechniek.

### **Doelstelling:**

Deze thesis is tweeledig. Enerzijds vormt de experimentele bepaling van het stroomprofiel een belangrijke uitdaging. Hiervoor zal de student(e) eigenhandig een bestaande opstelling moeten aanpassen. Handigheid, creativiteit en een probleemoplossend denkvermogen zijn hierbij zeker een troef. Deze opstelling laat dan toe om in niet-reactieve mode, de correlatie tussen het erosieprofiel en het stroomprofiel na te gaan, waarna vervolgens op een indirecte manier in reactieve mode het oxidatie profiel kan worden bepaald.

Anderzijds kunnen de bekomen resultaten aan verschillende modellen worden getoetst. Hiervoor staat de RSD-software en een plasmacode ter beschikking dat indien nodig door de student kan aangepast of uitgebreid worden. Het fitten van de modellen aan de experimentele resultaten kan belangrijke informatie opleveren over experimenteel moeilijk te bepalen parameters. Op die manier kan het werkstuk een belangrijke bijdrage vormen tot een beter begrip en beschrijving van het reactief sputter proces.

We zoeken een enthousiaste student met zin voor experimenteel en computationeel onderzoekswerk. We geven jou, naast een plaats en een bureau, fijne collega's en een leuke omgeving om te werken rondom en met verschillende onderzoekers. Samen met je begeleiders en promotoren werk je toe naar een vernieuwend en volwaardig werkstuk.