

## Optimalisatie van procesparameters voor krasbestendige en anti-reflecterende coatings via ultrasoon spraycoaten van nanokristallijne diamanten deklagen

Nicolas DEROM

Brecht JANSSEN

Master IIW elektromechanica

Master IIW energie

### Situering

Diamant heeft unieke eigenschappen voor een **breed spectrum aan toepassingen**, gaande van optische, thermische, elektrische tot mechanische aspecten. Het bezit een hoge hardheid, goede thermische geleidbaarheid, hoge brekingsindex, brede bandgap, lage wrijvingscoëfficiënt, en de hoge doorlaatbaarheid in een breed spectrum van UV-, VIS-, en IR straling. Dit maakt het geschikt voor gebruik in de semiconductor, gereedschap en optische industrieën. Deze masterproef onderzoekt de haalbaarheid van een **ultrasoon spraycoat proces voor diamant afzetting** zodat deze ingezet kan worden op industriële schaal. Dit onderzoek, behorende tot het ULTRAHARD project, is in samenwerking met de onderzoeksgroep Functional Materials Engineering (FME) aan het instituut voor materiaalonderzoek (IMO-IMOMECE), en het Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films (IST).

### Doelstellingen

Het doel van dit onderzoek is de technologie omtrent ultrasoon spraycoaten op te **schalen naar industrieel niveau**. Hiervoor dienen resultaten gelijkaardig aan een spincoat proces behaald te worden. Men dient een **homogeen dekkende laag** van beperkte ruwheid te verkrijgen. Deze moet vrij zijn van defecten zoals: pinholes, clusteringen, vloeigedrag, oneffenheden of afschilfering. Hierbij tracht men de cyclustijden en productiekost te verlagen op een **ecologisch verantwoorde wijze**. Er wordt geoptimaliseerd voor het glassoort **Corning Eagle 2000** door gebruik te maken van een op water of aceton gebaseerde inkt.

### Methode en materiaal

#### Inkt

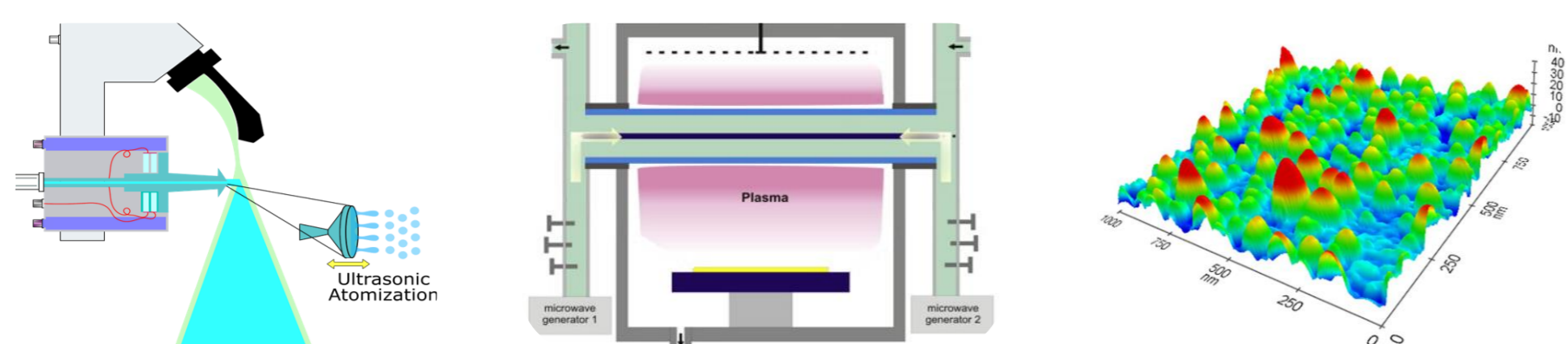
De **nanoschaal diamanten** moeten worden opgelost in een inkt. Het gekozen solvent hiervoor bepaalt in sterke mate het verdampingsgedrag. Een solvent met een hoge warmtecapaciteit, hoge latente warmte, en hoog kookpunt zal voor lange cyclustijden zorgen. Aceton heeft hierin zeer goede eigenschappen en zorgt bijgevolg voor **lage cyclustijden**. Water vraagt veel verdampingsenergie maar is **milieuvriendelijker**. Daarnaast hebben eigenschappen zoals dichtheid en oppervlaktespanning een belangrijk effect op de **druppelformatie** in de nevel.

#### Substraat

De belangrijke eigenschappen van het substraat zijn: de **oppervlakte energie**, glastransitietemperatuur en thermische expansiecoëfficiënt. Het substraat wordt voor het coaten gereinigd via een reeks **ultrasoonbaden**. Het substraat ondergaat verschillende stappen van **reiniging om contaminatie** te minimaliseren. Nadien worden de substraten behandeld om de **bevochtigbaarheid** te verbeteren door middel van een **UV-Ozon- of zuurstofplasma proces**.

#### Proces

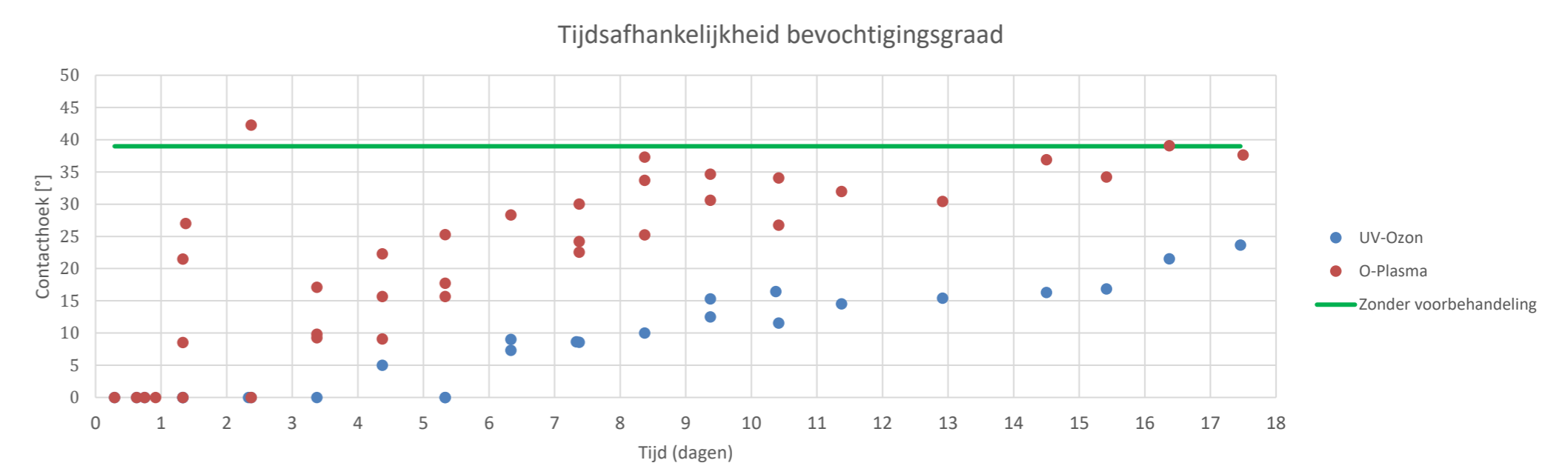
De inkt dient zeer fijn op het substraat beneveld te worden, hiervoor wordt gebruik gemaakt van een **ultrasone spraycoater**. Deze kan zeer gecontroleerd de diamanten afzetten op het oppervlak. Nadien worden de diamanten op het substraat in een plasmakamer geplaatst. Hierbij groeien de diamantzaadje in grootte zodat een volledig **dekkende laag** bekomen wordt. Langer groeien zorgt voor dikkere lagen. Tot slot wordt het substraat met de opgegroeide laag **gekaracteriseerd op basis van optische en mechanische karakterisatie**.



Figuur 1: (links) ultrasoon spraycoater; (centraal) Linear antenna microwave reactor; (rechts) Atomic force microscopy [1-3]

### Resultaten

Om het coatingproces te vergemakkelijken is een voorbehandeling aangewezen. UV-O3 en zuurstofplasma zorgen voor een betere bevochtiging van het oppervlak. Hierbij geniet UV-O3 als minder agressieve behandeling met langer houdbare bevochtigbaarheid.

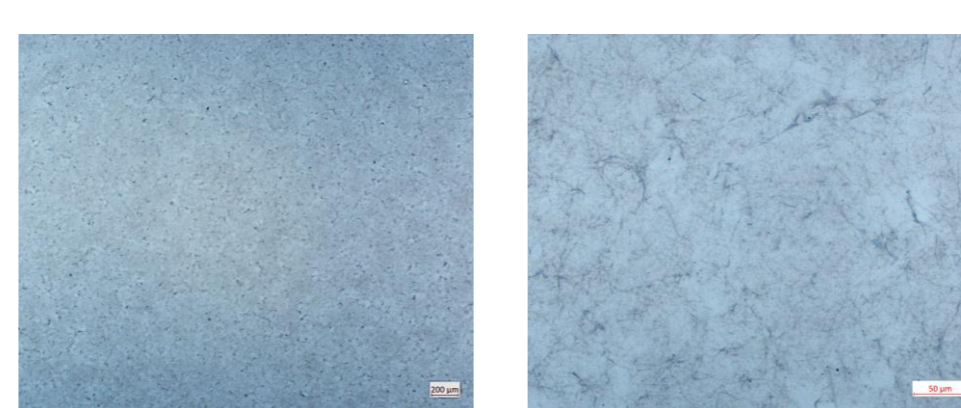
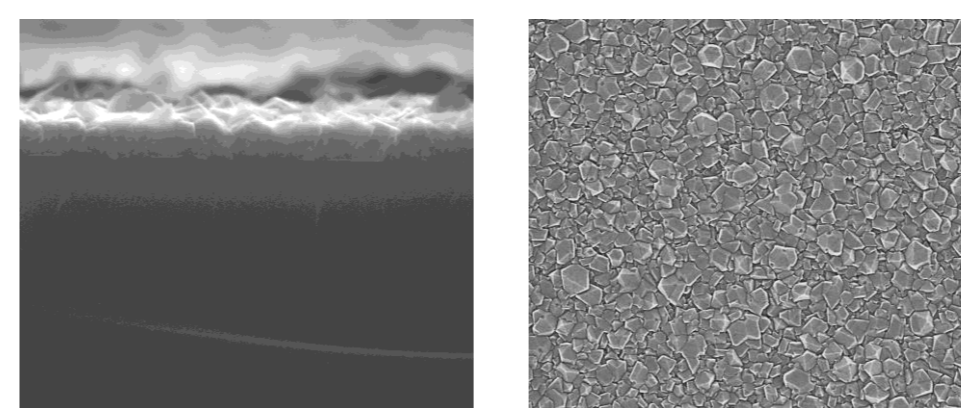


Figuur 2: resultaten tijdsafhankelijkheid verschillende voorbehandelingen, de contacthoek in functie van de tijd

Een homogene laag is verkregen voor water en aceton, beiden zijn bruikbaar in het ultrasoon proces.

#### Water

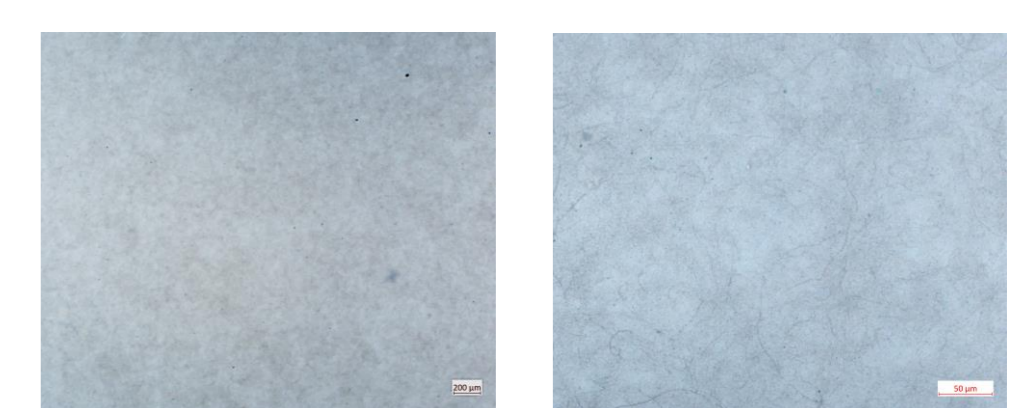
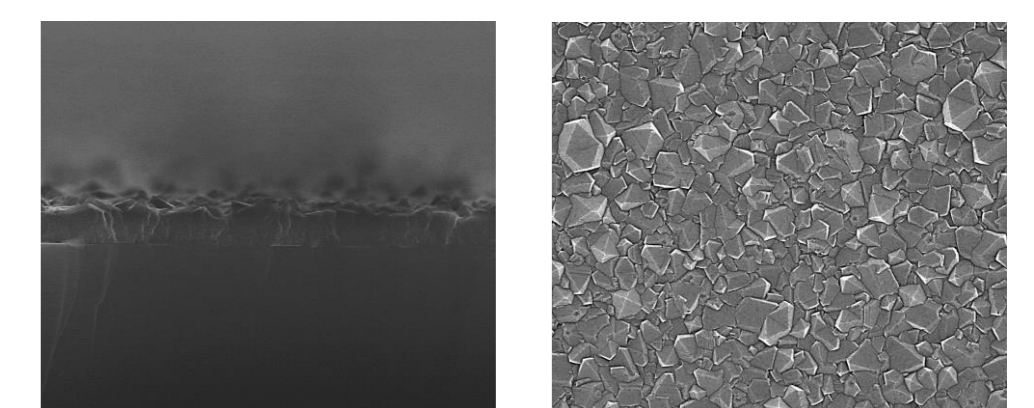
- korte cyclustijden
- minder vloeigedrag



Figuur 3: resultaten morfologische karakterisatie SEM en optische microscoop; (links) optimalisatie, water; (rechts) optimalisatie, aceton;

#### Aceton

- ecologisch
- langere cyclustijden



### Conclusie en toekomstig

Uit dit onderzoek is gebleken dat de voorbehandeling op basis van UV-Ozon de bevochtiging veel langer laat aanhouden. Dit heeft een zeer gunstig effect op het coatingproces voor de verschillende inksamenstellingen. Resultaten gelijkaardig aan spincoating werden bekomen via ultrasoon spraycoaten. Deze nieuwe technologie maakt industriële implementatie haalbaar, en opent onderzoek naar 3D oppervlakken, nieuwe substraten, of opschaling. Dit geeft aanleiding tot een nieuwe generatie deklagen, met eigenschappen superieur aan wat momenteel commercieel beschikbaar is.

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders

Prof. dr. ir. Wim DEFERME  
ing. Pieter VERDING

[1] P. Verding, W. Deferme, and W. Steffen, "Velocity and size measurement of droplets from an ultrasonic spray coater using photon correlation spectroscopy and turbidimetry," *Appl. Opt.*, vol. 59, no. 25, pp. 7496-7503, 2020/09/01 2020, doi: 10.1364/AO.402579.[2]  
[2] A. Kromka, O. Babchenko, T. Izak, K. Hruska, and B. Rezek, "Linear antenna microwave plasma CVD deposition of diamond films over large areas," *Vacuum*, vol. 86, no. 6, pp. 776-779, 2012/01/27/ 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2011.07.008>.  
[3] U. o. M. Amherst, "Atomic Force Microscopy (AFM) : Core Facilities : UMass Amherst," ed, 2020.