

Bijlage A Model projectplan bij aanvraagformulier R&D  
samenwerkingsprojecten met minimaal verplichte onderdelen

Grafeen Vensters:  
*Schaalbare productie en integratie van grafeen  
vensters*  
**versie [09-09-2020]**

## 1. Achtergrond, probleemstelling, doelstelling, belang voor de sector

### Achtergrond en probleemstelling: Noodzaak voor grafeen vensters

De productie van grafeen heeft grote stappen gemaakt sinds de eerste experimenten in 2004. De eerste experimenten zijn veelal uitgevoerd met kleine vlokjes grafeen die met plakband van een stuk grafiet getrokken zijn. Applied NanoLayers (ANL) heeft inmiddels een betrouwbare en schaalbare productiemethode ontwikkeld. Een chemical vapour deposition (CVD) proces wat grafeen op 200mm wafers deponeert en in chipproductie kan worden gebruikt. De toepassingen van grafeen zijn legio: druksensoren, gas sensoren, IR detectoren, optische schakelingen op chips, dunne elektrodes en dunne membranen.

Zo'n dun membraan (<1 nm) kan worden gebruikt als venster voor TEM grids of speciale in-situ TEM grids. Dit zijn in-situ MEMS preparaatdragers met een minuscuul chemisch reactorvat voor gas of vloeistof, waar druk, temperatuur, spanning, etc kunnen worden beïnvloed. Hiermee kan men chemische processen of biologische moleculen op atomair niveau bekijken in een Transmission Electron Microscope (TEM) onder verschillende condities. Deze MEMS preparaatdragers noemen we verder **TEM chips**. Het venster moet zo dun mogelijk zijn om er met een elektronen-straal door heen te 'kijken'. En het moet ook voldoende sterk zijn om drukverschillen tot 1 bar op te vangen en voldoende geleidend zijn om de warmte (door botsing met elektronen) als ook geabsorbeerde elektronen te kunnen afvoeren. Deze vensters moeten 5 tot 100 micron kunnen overbruggen en dit kan met een monolaag grafeen of 3-laags grafeen (<1nm) worden gerealiseerd, afhankelijk van de druk specificaties.

DENS heeft zich volledig toegelegd op het maken van speciale (SMART) preparaatdragers voor in situ TEM en voor CryoEM. DENS wil voor het venster graag grafeen gebruiken in plaats van of in aanvulling op het huidige silicium nitride venster om daarmee de transparantie, elektrische geleiding (afvoer van electronen) en de kwaliteit van het oppervlak (uniformiteit en reinheid) van de preparaatdragers te verbeteren. Door het afvoeren van de elektronen is een veel betere resolutie te halen en is er veel minder beïnvloeding op chemische reacties door deze elektronen (**radiolysis effect**). **Dit laatste maakt het mogelijk om real-time processen in vloeistoffen te bekijken op nanometer resolutie.** Dit is van enorm belang voor research in de topsectoren Life Science en Health, HTSM en biobased en energie.

### Beoogde resultaten en doelstellingen

[Redacted content]

[REDACTED]

Belang voor de sector

Dit voorstel valt onder de High Tech Systemen en Materialen topsector. Specifiek sluit het aan bij het thema High Tech Materials waarin grafeen expliciet genoemd wordt. Ook het thema Semiconductor Equipment and Nanotechnology is van toepassing. De afnemers van DENS' TEM chips zijn juist de topbedrijven en universiteiten in andere topsectoren: Agri en Food; Chemie, biobased en energie; Life, Science en Health; en Water. De regio Delft is een van de vier hotspots voor de topsector HTSM.

## 2. Technologische vernieuwing of wezenlijk nieuwe toepassingen

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

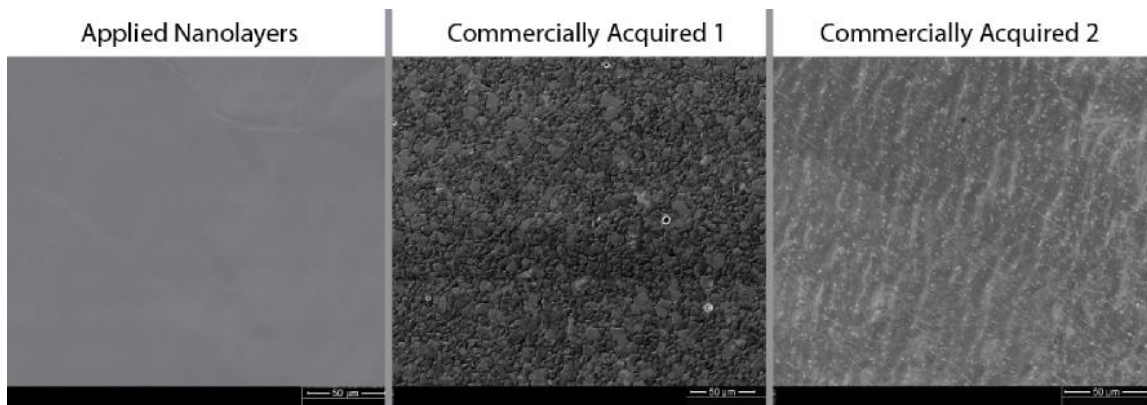
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



**Figuur 1** SEM beeld van Applied Nanolayers CVD grafeen vergeleken met andere bronnen. Verschillen in aantal defecten en morfologie zijn gemakkelijk te herkennen.

Vernieuwing 1: [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Vernieuwing 2: [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Vernieuwing 3: [redacted]

[redacted]

Vernieuwing 4: [redacted]

[redacted]

Vernieuwing 5: [redacted]

[redacted]

Vernieuwing 6: [redacted]

[redacted]

[redacted]

Risico's en mitigatie mogelijkheden

[redacted]

Alternatieven voor grafeen vensters

Grafeen vensters zijn superieur t.o.v. de huidige beryllium, poly-silicium en silicium nitride vensters. Grafiet en CNT (Carbon Nano Tubes) vensters zijn ook in ontwikkeling, maar zullen altijd gevoeliger zijn voor waterstof-moleculen. Vensters van metaal-silicium worden ook onderzocht, maar zullen altijd minder transparant zijn. Als deze metaal-silicium vensters goedkoper gemaakt kunnen worden en dicht bij de gevraagde specificaties kunnen komen, dan kunnen deze wel enige prijserosie veroorzaken voor de grafeen vensters. [REDACTED]

Belang van het project voor de partners

[REDACTED]

### 3. Economische waarde

Strategische doelstellingen

[REDACTED]

Dit project past ook binnen de strategische ontwikkelingen van de topsector HTSM, zoals het groeien van de sector, verbeteren van technologieën en het verlagen van de productiekosten. Het project zelf zorgt al voor het aannemen van extra personeel. De verwachting is ook dat dit na het project zal leiden tot nog meer high-tech banen bij de partners. [REDACTED]

Grafeen venster markt

De markt voor grafeen vensters is zeer divers. Behalve de speciale TEM chips van DENS, kan het ook worden toegepast op standaard TEM grids. De markt van standaard TEM grids loopt in de tientallen miljoenen per jaar. De verkoopwaarde van **grafeen vensters** voor TEM grids en TEM chips zal naar schatting op termijn 2 M€ bedragen. Eigenlijk kan het als venster voor alle electro-magnetische straling worden gebruikt. Verder marktonderzoek is nodig om deze markt in kaart te brengen.

[Redacted text block]

TEM en CryoEM chip markt

DENS begeeft zich in de markt van TEM chips. Dit is een zeer gespecialiseerde markt, waarin DENS zich goed weet te onderscheiden. DENS heeft zelfs recent de “Microscopy Today 2020 Innovation Award” gewonnen. DENS heeft momenteel 4 verschillende producten op de markt welke allemaal een silicium nitride venster hebben. Het ligt in de lijn der verwachtingen dat als dit project succesvol is, dat alle deze producten worden opgevolgd door een grafeen versie met een verbeterde specificatie met betrekking tot transparantie, contrast en chemische stabiliteit. DENS heeft momenteel een omzet van 5 Mio Euro en verwacht door te groeien naar een omzet van [Redacted]

[Redacted text block]

Concurrentie

ANL’s competitie is een gefragmenteerde groep bestaande bedrijven die of kleine vlokjes grafeen of grafeen gebaseerd op groei op metaalfolies of vergelijkbaar CVD grafeen op wafers aanbieden. Het eerste is geen schaalbaar proces en het tweede is moeilijk om betrouwbaar genoeg te maken voor gebruik van grafeen in de halfgeleiderindustrie waar de applicaties met hoge toegevoegde waarde liggen. Ook ligt het aantal defecten in de productie gemiddeld te hoog en zijn de resultaten te inconsistent voor industriële klanten. Voor sommige toepassingen zoals bijvoorbeeld in touchscreens waar deze defecten niet problematisch zijn, kunnen deze processen wel haalbaar zijn. Tenslotte, zijn er de concurrenten met een vergelijkbaar CVD-proces. We zien dat zij incidenteel wel stukjes goede kwaliteit grafeen kunnen leveren, maar dat zij niet in staat zijn om dit consistent op alle plekken op de wafer te bereiken en dit ook weer op elke wafer kunnen herhalen. ANL heeft hier een duidelijke voorsprong op de concurrentie en wil deze graag behouden.

DENS is al de marktleider in intelligente preparaatdragers voor in-situ TEM analyse met als belangrijkste concurrent Protochips. Concurrentie zal echter intensiveren. Daarom zal DENS continue ontwikkelingen blijven doen om welke concurrentie dan ook altijd minstens een stap voor te zijn.

ANL is een nieuwkomer en levert betere kwaliteit grafeen dan de concurrentie tegen een hogere prijs. ANL focust daarmee momenteel op applicaties met strikte kwaliteitseisen. ANL moet eerst een ‘economy-of-scale’ bereiken alvorens het zal proberen de concurrentie ook op prijs de loef af te steken.

Met dit project verwachten wij de volgende financiële doelstellingen te realiseren, waarbij als markt de totale TEM/CryoEM grid markt wordt genomen, terwijl de omzet en winstverwachting alleen betrekking hebben op producten gerealiseerd met dit project.

| KPI's                                    | ANL : Grafeen TEM/CryoEM venster | DENS: TEM/CryoEM chips |
|--|----------------------------------|------------------------|
| Huidige omzet per jaar                   | [Redacted]                       | [Redacted]             |
| Marktgrootte (incl. standaard TEM grids) | [Redacted]                       | [Redacted]             |
| Verwacht marktaandeel                    | [Redacted]                       | [Redacted]             |
| Type markt waar u zich op richt          | [Redacted]                       | [Redacted]             |

|   |            |            |
|---|------------|------------|
| Omzetverwachting (1 jaar na einde project)  | [REDACTED] | [REDACTED] |
| Winstverwachting (1 jaar na einde project)  | [REDACTED] | [REDACTED] |
| Omzetverwachting (3 jaar na einde project)  | [REDACTED] | [REDACTED] |
| Winstverwachting (3 jaar na einde project)  | [REDACTED] | [REDACTED] |
| Kosten t/m commercialisatie (incl. Project) | [REDACTED] | [REDACTED] |
| Verwachte terugverdientijd                  | [REDACTED] | [REDACTED] |

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 4. Kwaliteit van de R&D samenwerking

##### Partners

Penvoerder Applied Nanolayers B.V. (ANL) (website: [www.appliednanolayers.com](http://www.appliednanolayers.com)) legt zich toe op de productie van grafeen op industriële schaal. Daarvoor maakt ANL gebruik van 200 mm wafer technologie met speciaal ontwikkelde processen en CVD systemen. ANL's visie is **DE** toeleverancier voor grafeen en andere 2D materialen te worden. Momenteel heeft ANL zijn eerste 200 mm tool voor grafeen operationeel. ANL is een nieuwkomer als grafeen-producent en richt zich op applicaties met hoge kwaliteitseisen.

Deelnemer DENSolutions B.V. (DENS) (website: [www.densolutions.com](http://www.densolutions.com)) is gespecialiseerd in TEM chips. Deze bevatten onder meer MEMS chips (met kanaaltjes voor gassen of vloeistoffen en electrodes), die als minuscule chemische reactor dienen. Ook zullen een of meerdere huidige klanten van DENS worden betrokken in het project om de prototypes in hun TEM opstellingen te testen.

##### Samenwerking en top-sector relaties

ANL heeft de expertise betreffende de grafeen groeiprocessen, transfer processen en kwaliteitsanalyse in huis. DENS heeft de expertise voor het maken van MEMS-chips voor de TEM monsterhouders en is in staat om de eisen voor het venster op te stellen. Het kan ook aanpassingen aan de MEMS-chips realiseren. Verder heeft DENS ook zelf een TEM om applicatie-tests uit te voeren.

Het project is relevant voor alle toekomstige gebruikers van hoge kwaliteit grafeen (bijvoorbeeld NXP, Thermo Fisher, ASML, Phillips, TNO, IMEC, andere onderzoeksinstituten en universiteiten). Enkele van deze partijen hebben al interesse uitgesproken of werken op dit moment samen met ANL.

Verschillende partijen zijn ook al klant van DENS.

##### Organisatie

Dit project zal gemanaged worden door ANL's CTO, [REDACTED] (projectleider). [REDACTED] zal in direct contact staan met ANL's experts en DENS experts voor de uitvoering van dit project. Door de fysieke nabijheid kan snel en vaak overleg plaatsvinden. HR en administratie wordt uitgevoerd door CFO, [REDACTED]

Intellectueel Eigendom

Applied Nanolayers (ANL) is de eigenaar van het intellectueel eigendom van een aantal belangrijke processen in groei en transfer van grafeen. Dit proces gerelateerde eigendom zal bij ANL blijven. DENS heeft het intellectueel eigendom van de eventuele aanpassingen die het zelf realiseert betreffende de integratie van een grafeen venster in hun MEMS chips.

### 5. Niet conventionele sector-overstijgende combinaties

ANL behoort tot de topsector High Tech Systemen & Materialen. DENS begeeft zich in de topsector Life, Science en Health. De TEM chips van DENS maken **veel nieuwe essentieel onderzoek mogelijk in andere topsectoren, wat zonder deze chips niet mogelijk is**. Klanten van DENS zijn werkzaam in de volgende sectoren: Agri en Food ; Chemie, biobased en energie; Life, Science en Health; Water; en natuurlijk ook High Tech Systemen & Materialen.

Deze klanten gebruiken de TEM chips voor het analyseren van bijvoorbeeld: complexe chemische processen, processen van micro-organismes in water, Dendriet vorming op electrodes in batterijen en nog vele andere zaken.

[REDACTED]

### 6. Plan van aanpak

|            |            |            |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

[Redacted content]

[Redacted content]

**7. Begroting**

7.1 Projectkosten

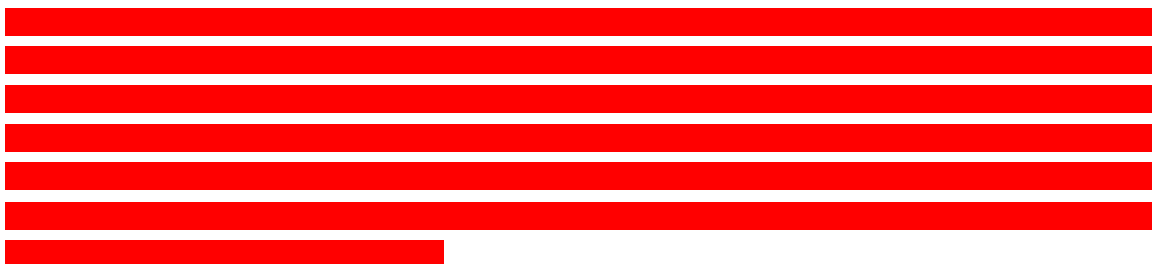
7.1.1. Begroting per kostensoort

| Projectkosten naar kostensoort                                | ANL             | DENS            |
|---|-----------------|-----------------|
| a. Personeelskosten   |                 |                 |
| b. kosten van apparatuur en uitrusting                        |                 |                 |
| c. kosten gebouwen en gronden                                 |                 |                 |
| d. kosten contractonderzoek, kennis en octrooien              |                 |                 |
| e. bijkomende algemene kosten en andere operationele uitgaven |                 |                 |
| Opbrengsten (-/-)   |                 |                 |
| <b>Totale subsidiabele kosten excl. btw*</b>                  | <b>€280,500</b> | <b>€216,000</b> |
| Niet subsidiabele projectkosten                               |                 |                 |



|                                    |          |          |
|------------------------------------|----------|----------|
| Totale projectkosten exclusief btw | €280,500 | €216,000 |
|------------------------------------|----------|----------|

#### 7.1.2. Toelichting op de begrotingsposten



### 7.2. Financiering

#### 7.2.1. Financiering per deelnemer

8.

| Begroting per financieringsbron     | ANL             |
|-------------------------------------|-----------------|
| Eigen bijdrage                      | €182,325        |
| Overige financiering (Privaat)**    |                 |
| Overige financiering (Publiek)**    |                 |
| Gevraagde subsidie MIT Zuid-Holland | €98,175         |
| <b>Totaal financiering</b>          | <b>€280,500</b> |

| Begroting per financieringsbron     | DENS            |
|-------------------------------------|-----------------|
| Eigen bijdrage                      | €140,400        |
| Overige financiering (Privaat)**    |                 |
| Overige financiering (Publiek)**    |                 |
| Gevraagde subsidie MIT Zuid-Holland | €75,600         |
| <b>Totaal financiering</b>          | <b>€216,000</b> |

#### 7.1.2 Toelichting op de projectfinanciering



## 8. Staatsteun

Er wordt voldaan aan artikel 25 'Steun voor onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten' van de algemene groepsvrijstellingsverordening (Verordening (EU) Nr. 651/2014). De administratie van de uren gebeurt door middel van tijdschrijven (timesheets). Timesheets worden maandelijks ingevuld en goedgekeurd door leidinggevers. Binnenkomende facturen van materialen en externe diensten worden aan het project toegewezen. Gebruik machines door middel van afschrijvingen. De administratie is toegankelijk voor de subsidieverstrekker. De MIT-subsidie is onderdeel van het financieringsplan van de deelnemers en betreffende aandeelhouders zijn op de hoogte van deze subsidie.

## 9. Kengetallen voor de financiële analyse van de aanvrager en deelnemer(s)

| Onderneming : ANL  | Boekjaar 2019 | Prognose boekjaar 2020 |
|--|---------------|------------------------|
| <b>Tabel volledig invullen (euro's) s.v.p.</b>   |               |                        |
| <b>Winst- en verlies rekening</b>  |               |                        |
| Omzet  |               |                        |
| Bruto Marge  |               |                        |
| Netto Resultaat<br>(na belastingen)  |               |                        |
| <b>Balans: Activa</b>  |               |                        |
| Vaste activa   |               |                        |
| Vlottende activa   |               |                        |
| Cash (Liquide middelen)  |               |                        |
| Balans totaal  |               |                        |
| <b>Balans: Passiva</b>   |               |                        |
| Eigen Vermogen   |               |                        |
| Agioreserves   |               |                        |
| Winst- en dividend uitkeringen   |               |                        |
| Kortlopende schulden   |               |                        |
| Langlopende schulden (>1 jaar)   |               |                        |
| FTE (aantal medewerkers)   |               |                        |
| Eventuele toelichtingen op financiële gegevens, die van belang zijn voor de beoordeling van de MIT aanvraag? |               |                        |

| Onderneming : DENS   | Boekjaar 2019 | Prognose boekjaar 2020 |
|--|---------------|------------------------|
| <b>Tabel volledig invullen (euro's) s.v.p.</b>   |               |                        |
| <b>Winst- en verlies rekening</b>  |               |                        |
| Omzet  |               |                        |
| Bruto Marge  |               |                        |
| Netto Resultaat<br>(na belastingen)  |               |                        |
| <b>Balans: Activa</b>  |               |                        |
| Vaste activa   |               |                        |
| Vlottende activa   |               |                        |
| Cash (Liquide middelen)  |               |                        |
| Balans totaal  |               |                        |
| <b>Balans: Passiva</b>   |               |                        |
| Eigen Vermogen   |               |                        |
| Agioreserves   |               |                        |
| Winst- en dividend uitkeringen   |               |                        |
| Kortlopende schulden   |               |                        |
| Langlopende schulden (>1 jaar)   |               |                        |
|  |               |                        |
| FTE (aantal medewerkers)   |               |                        |
| Eventuele toelichtingen op financiële gegevens, die van belang zijn voor de beoordeling van de MIT aanvraag? |               |                        |