

### 3 Camera's voor de CXRS Spectrometer Prototype



Figuur 1 De Prototype Spectrometer

Binnen het werkpakket WP1– UPV (Upper Port Viewer) van ITER NL is er een Prototype Spectrometer ontworpen, gefabriceerd en getest, zie figuur 1. Deze high-resolution spectrometer heeft een etendue van  $1 \text{ mm}^2 \cdot \text{sr}$  en drie kanalen voor drie golflengte banden in het zichtbare gebied. De Spectrometer bestaat uit 3 subsystemen; a) Front Optics (FO), b) 3-Channels (CH) en c) de Kernel. Het spectrometer prototype is gerealiseerd in 2010.

De Front Optics (FO) bestaat uit een 20 tal optische componenten op een vlakke plaat met een fiberingang en 3 spleten aan de uitgang. De functie hiervan is om het inkomende licht vanuit de fibers te scheiden in 3 banden en ze af te beelden op de 3 spleten. Deze spleten vormen de ingang voor de 'Kernel' van de spectrometer. De Kernel bestaat uit een Grating (tralie) welke zorgt voor de dispersie van het licht. Via een collimatorlens en 2 spiegels wordt het licht doorgevoerd naar de Channel-objectieven. Elk Channel-objectief focuseert de inkomende bundel op een bij het Channel horende 2D-array-detector met een f getal van F/1,2. Het geheel is bevestigd op een basisplaat van  $2,2 \times 0,9 \text{ m}^2$ . De FO en 3-Channels modules zijn op zichzelf staande submodules.

Deze spectrometer is getest op de experimentele fusie reactor TEXTOR. Uit de testen op TEXTOR blijkt dat de huidige camera's voldoen aan de eisen voor ITER, tenminste voor zover er slechts een spectrum per camera gemeten hoeft te worden. Komend jaar wordt er gemeten op ASDEX en later op JET. Om beter gebruik te maken van dit prototype spectrometer m.b.t. wetenschappelijk relevante metingen willen de wetenschappers een upgrade van de camera's. Huidige camera's zijn niet snel genoeg. De eisen aan de camera worden hieronder beschreven. Er zullen maximaal 3 camera's worden aangeschaft.

Door de hoge etendue van de spectrometer is het mogelijk op iedere camera 70 verschillende fibers af te beelden en zodanig 70 individuele spectra te meten, gecombineerd met een hoge tijdsresolutie. Hierdoor kunnen gedetailleerde metingen gemaakt worden van de temperatuurprofielen in een fusie-reactor evenals de dichtheidsprofielen van de fusiebrandstof en het geproduceerd helium.

### Eisen aan Camera 1 & 2:

Parameter	Conditie	Opmerking
1. Sensor Oppervlakte	$\geq 13 \times 13 \text{ mm}^2$	Dit is het image area van de spectrometer
2. Radiale Kanalen	$\geq 30$	Aantal verschillende spectra per camera
3. Frame rate	$\leq 100 \text{ Hz @ } 30$ kanalen	Tijd om (evt. na binning) alle radiale kanalen uit te lezen
4. Quantum Efficiency @468 nm	$> 40 \%$	Effectieve QE: rekening houdend met verhouding exposure time/readout time, verliezen door fill-factor, of acceptatie hoek.
5. Pixel size	$\leq 25 \times 25 \text{ }\mu\text{m}^2$	Dit bepaalt de spectrale resolutie
6. Readout noise	$< 2 \text{ e}^-$	
7. Dark current	$\leq 0.1 \text{ e/p/s}$	
8. Dynamic range	$> 11 \text{ bit}$	
9. Full well capacity	$\geq 25000$	
10. Sensor afstand t.o.v. bevestigingsvlak	$\leq 5 \text{ mm}$	Door de constructie van de spectrometer, moet de sensor dicht tegen het objectief aan geplaatst worden. Hierdoor mag de sensor niet meer dan 5 mm achter het front plate van de camera liggen.
11. Afmetingen	$\leq 120 \times 135 \times 160 \text{ mm}^3$	
12. Interfacing		Doordat een specifieke mechanische interface aan voorzijde camera benodigd is, is mechanische aanpassing vereist

### Eisen aan Camera 3:

Parameter	Conditie	Opmerking
1. Sensor Oppervlakte	$\geq 13 \times 13 \text{ mm}^2$	Dit is het image area van de spectrometer
2. Radiale Kanalen	$\geq 30$	Aantal verschillende spectra per camera
3. Frame rate	$\leq 100 \text{ Hz @ } 30$ kanalen	Tijd om (evt. na binning) alle radiale kanalen uit te lezen
4. Quantum Efficiency @468 nm	$> 85 \%$	Effectieve QE: rekening houdend met verhouding exposure time/readout time, verliezen door fill-factor, of acceptatie hoek.
5. Pixel size	$\leq 25 \times 25 \text{ }\mu\text{m}^2$	Dit bepaalt de spectrale resolutie
6. Readout noise	$< 10 \text{ e}^-$	
7. Dark current	$\leq 0.1 \text{ e/p/s}$	
8. Dynamic range	$> 12 \text{ bit}$	
9. Full well capacity	$\geq 500000$	
10. Sensor afstand t.o.v. bevestigingsvlak	$\leq 5 \text{ mm}$	Door de constructie van de spectrometer, moet de sensor dicht tegen het objectief aan geplaatst worden. Hierdoor mag de sensor niet meer dan 5 mm achter het front plate van de camera liggen.
11. Afmetingen	$\leq 148 \times 148 \times 200 \text{ mm}^3$	
12. Interfacing		Doordat een specifieke mechanische interface aan voorzijde camera benodigd is, is mechanische aanpassing vereist

\*De Frame rate wordt bepaald door de uitleestijd en de belichtingstijd. Deze moeten zo gekozen kunnen worden dat er a) geen onacceptabel smearing effecten zichtbaar zijn en b) de grootst mogelijke hoeveelheid licht gedetecteerd kan worden.

Naast bovengenoemde camera eigenschappen zijn er ook nog een paar eisen aangaande de data acquisitie en interfacing van de camera. Deze zijn:

- camera settings zijn programmeerbaar met een C, C++ API of vergelijkbare library die aan te roepen is vanuit C
- de API moet beschikbaar zijn voor een Windows-7 gebaseerde PC (bij voorkeur 64-bit).
- de camera moet extern getriggerd kunnen worden (zowel een voorgeprogrammeerde frame reeks adl een externe aangestuurde meetreeks van meerdere frames)
- ondersteunt continue metingen en direct uitlezen van individuele frames uit de camera met een tijdsresolutie van 10 ms voor tenminste 30 verticale bins en gedurende tenminste 20 seconden
- De camera heeft de mogelijkheid om uitgelezen te worden door een standaard (geef hier gewenste type en/of voorbeelden) interface naar een framegrabber die gekoppeld kan worden aan gangbare FPGA borden (geef gewenste typen en voorbeelden).

#### **Randvoorwaarden en selectiecriteria:**

1. Aantoonbare omzet in high performance camera's voor wetenschappelijke toepassingen
2. Geen doorverkoop
3. Targetprijs voor het totaal van 3 camera's is 85 k€
4. Onafhankelijk evaluatie van resultaten van de partners binnen het project is belangrijk. Daarom kunnen bedrijven die momenteel werkzaam zijn in WP1-UPV van ITER-NL niet deelnemen aan het hier beschreven camera aanschaftraject.

Uw offerte zal worden beoordeeld op basis van economisch meest voordelige aanbidding. In uw offerte biedt u een vaste prijs aan. De offerte moet worden gebaseerd op de ITER-NL inkoopvoorwaarden. Andere voorwaarden zullen worden afgewezen.

Tevens behoudt ITER-NL zich het recht voor tot op het moment van de ondertekening van de beoogde overeenkomst de gehele aanbestedingsprocedure zonder opgave van redenen tijdelijk of definitief te stoppen en de opdracht niet te gunnen. Aanbieder heeft in een dergelijke situatie geen recht op vergoeding van enigerlei kosten gemaakt in het kader van deze tender.

Voor vragen en verdere informatie betreffende deze tender kunt u terecht bij M. Durkut (murat.durkut@tno.nl , tel 088 8668032).

De uitslag van deze tenderronde zal bekend gemaakt worden via de ITER-NL website, begin januari 2012.

#### **Uw aanbidding:**

Wij verwachten uw aanbidding aan ITER-NL uiterlijk 15 december 2011. Stuur uw aanbidding naar het ITER-NL office: ITER-NL@TNO.NL en naar de contactpersoon Murat Durkut, (murat.durkut@tno.nl , tel 088 866 8032).

Voor nadere details betreffende de voorwaarden zie: ITER-NL inkoopvoorwaarden op de ITER-NL website.