

Jaarcongres KIVI NIRIA in teken van energietechnologie

Groene stroomversnelling

Energietechnologie kan wel tot de meest perspectiefrijke werkelden van de oppervlaktetechniek gerekend worden. Het aanbrengen van laagjes zodat ze bij beschijning elektriciteit gaan opleveren, de welbekende zonnecellen, maar ook zonnespiegels die zonlicht op een warmtewisselaar richten, zijn bekende voorbeelden. Van een ingenieursvereniging mag je verwachten dat ze inspelen op de urgente vraagstukken van de tijd, en de overgang naar een duurzame energievoorziening is wat dat betreft een schot voor open doel.

Het jaarcongres, dat op 6 oktober gehouden werd aan de Hogeschool Arnhem Nijmegen om nadrukkelijk de link te leggen met de studerende generatie, had als titel gekregen "Duurzaam omgaan met energie". Enkele lezingen waren geprogrammeerd over energiebesparing, zoals bij Tata Steel (voorheen Corus IJmuiden) dat een project genaamd ULCOS voor staalproductie met een geringere CO₂-voetafdruk presenteerde. Ook Akzo Nobel deed een duit in het zakje, met onder meer de aanmerking dat moffelcoatings nogal wat energie vergen in het uithardingsproces, hetgeen natuurlijk in de levenscyclusprestatie van het product meegewogen moet worden.

Het uitsparen van een kolencentrale door energiebesparing is natuurlijk een mooie start, maar feit blijft dat steeds meer elektrische apparatuur ons dagelijks leven binnenkomt, waarbij auto's nog maar een klein aandeel hebben van wat het kan worden. Batterijtechnologie en de bijbehorende zeldzame metalen gaan dus aan actualiteit winnen. In 2011 zal daar ook veelvuldig op

teruggekomen worden bij KIVI NIRIA, in het kader van het themajaar Materiaalschaarste (overigens werd dit thema ook besproken op de Dag van de Oppervlaktetechnologie van 2 december, zie de rubriek Technologie). Hieronder volgt een opvallende bijdrage op het jaarcongres: de *early bird* lezing, voorafgaand aan het congresprogramma, van Gert Jan Jongerden, managing director bij Helianthos, het zonnecelfolieproject van Nuon. Op een andere bijzondere bijdrage wordt naar aanleiding van een interview nog teruggekomen in een latere editie. Dit betreft de lezing van prof. Verkooyen, Energy Technology Process & Energy Department van de TU Delft, die zich richt op de energietransitie: de overgang naar een duurzame energievoorziening.

ZONNECELLEN VAN DE ROL

Onder de titel "Flexible light weight PV-laminates for attractive solar energy" besprak managing director van Nuon Helianthos, dr. Gert Jan Jongerden, de kansen voor zonnecelfolie. Het aanbrengen van reactieve laag-

jes op een flexibele ondergrond die van een plaklaag te voorzien is, biedt voor de Nederlandse industrie een mogelijke groeiemarkt vanuit een nu nog leidende positie. "Helianthos is begonnen in 1997, een Arnhemse ontwikkeling," zo verwees hij naar de directe omgeving van het congres, "met de universiteiten van Utrecht, Delft, en Eindhoven, TNO en Akzo Nobel. Er was een haalbaarheidsstudie van 1997 tot en met 2000, gevolgd door de opbouw van een industriële proeffabriek waarmee nu op kleine schaal in Arnhem kwalitatief uitstekend werkende zonnecelfolie wordt geproduceerd en eerste testdaken gemaakt worden. De volgende mijlpaal op weg naar commerciële productie is een kleinere productiefabriek die modulair



Endless energy from solar foil: Gert Jan Jongerden (Helianthos) gaf een uiteenzetting van de mogelijkheden voor de Nederlandse kenniseconomie om voortrekker te worden in een perspectiefrijk productiesegment.

Elco Brinkman van Bouwend Nederland hield een gloedvol betoog, waarin hij onder meer wees op de vervangingsmarkt voor verouderde gebouwen, zodat de stagnatie in de nieuwbouw niet meer de stemming bepaalt.



verder opgeschaald kan worden. In 2011 willen we ook de kosten per kWh verbeteren. Er is het plan de materialen in de eigen klantenkring toe te passen, en dat wij een investeerder aantrekken om de productie te gaan doen." In 2006 nam Nuon Helianthos over van Akzo Nobel. De bedoeling is NU een zogeheten "Small Manufacturing Unit" in Arnhem op te zetten waar de eerste productie van de grond kan komen.

ZON GEEFT GROEI

Een overzicht van de zonnemarkt toonde dat 2009 ondanks de kredietcrisis en bijbehorende voorspellingen verder gegroeid was. "Het Financieel Dagblad en NRC stonden vol artikelen over zonnecellen, zoals de grote investeringen in Limburg. Wereldwijd is de markt in een stroomversnelling," zo gooidde hij er onbedoeld een woordspeling tussendoor. "Wereldwijd heeft de markt een omvang van 40 miljard euro. Door het beleid van een zeker gesteld twintig jaar geldig *feed in tariff* voor teruggeleverde groene stroom, heeft Duitsland inmiddels 40% van de markt voor zonnepanelen in handen. Dat is in 2000 begonnen. Frankrijk en Italië en diverse andere landen hebben het systeem overgenomen.

Wat de technologie betreft: in 2009 was ruim 80% gebaseerd op kristallijne lagen: silicium plakken die doorverbonden waren en achter een glasplaat op een module gemonteerd worden. "Maar de belangrijkste driver vormen de kosten. Met name aan het begin

worden de kosten gemaakt. Dit jaar wordt in Zuid-Italië, waar het nettatarief behoorlijk hoog is, de zogeheten *grid parity* bereikt: eigen groene stroom is dan concurrerend met grijze uit het stopcontact. Een terugverdientijd van vijf tot zeven jaar is de verwachting voor grotere delen van Europa voor kleinverbruikers. Veelbelovende markten zijn daken van woningen, "daar is het in Duitsland en Japan begonnen. In Italië en Frankrijk zie je veel 'BIPV': *Building Integrated Photo Voltaics*, in dak- en gevelbekleding is een stormachtige groei gaande. De overheid in Frankrijk stimuleert met name deze toepassing. Het is sterk afhankelijk van de wijze waarop de overheden het stimuleren, maar het punt waarop die markt zelfdragend wordt, komt

alras dichterbij. *Green fields*, ofwel panelen in het vrije veld, zijn natuurlijk ook een optie.

VOORDEEL PLAKKEN

De voordelen van plakklare zonnecelfolie liggen voor de hand. Het is met 2 tot 2,5 kg/m² lichtgewicht, waar glazen panelen al gauw 15 tot 25 kg/m² wegen. Gebouwen zijn vaak zo licht geconstrueerd dat bijplaatsen van zonnepanelen zonder verzwaring van de constructie als geheel niet toegestaan is. Lichtgewicht construeren is dus een belangrijke voorwaarde voor de marktgroei van zonnepanelen. Dat de folie flexibel is, is ook belangrijk: een aan de rol te produceren product leent zich voor continue doorvoerprocessen. Het is op lengte te maken zonder



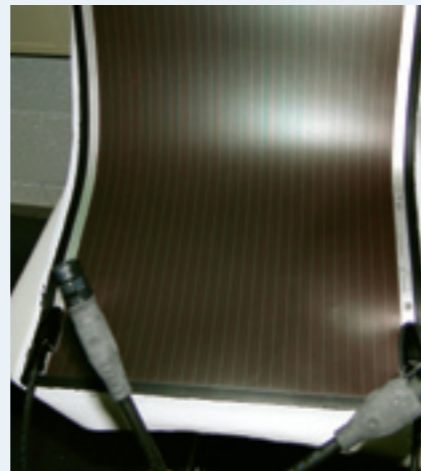
Op het standjespaviljoen ontbraken de onderwijsinstellingen uiteraard niet, zoals hier PAO Techniek, die onder andere meerdaagse seminars organiseert over Oppervlaktetechnologie en voor Corrosie.

OPPERVLAKTECHNIEKEN VOOR GROENE STROOM

Bij de productie van zonnecelfolie komt uiteraard de nodige oppervlaktetechniek kijken. De vinding van Akzo Nobel die de folie mogelijk maakte als alternatief voor vaste panelen, bestaat eruit geen glas maar aluminiumfolie als tijdelijke drager te gebruiken. Een groot voordeel van deze route is dat er, uitgaande van kostengunstige materialen, een hoge kwaliteit zonnecellen bij hoge proces-temperaturen gemaakt kunnen worden. Het vormt de basis voor het hele proces. Dat begint al bij de eerste cruciale laag: Een chemisch opgedampte tinoxidelaag wordt aangebracht bij een temperatuur van 500°C, het geheel wordt vervolgens opgewikkeld als een aluminium met zijn eerste "coating": de transparante geleidende oxide ofwel TCO. TCO's zijn halfgeleiders (isolatoren die tot elektrische geleiding te manipuleren zijn – red.) met grote *band gap* (de afstand tussen enerzijds de 'valentieband' waarin de bindingselectronen van een atoom zitten – die bijvoorbeeld het verschil tussen driewaardig en zeswaardig chroom bepalen –, en anderzijds de 'geleidings-

band' waarin de geleidingselectronen van het atoom zitten – red.). Door prismawerking van het ruwe TCO-oppervlak wordt het licht heel efficiënt in de cel ingevangen, vandaar het zwarte uiterlijk. De volgende stap is dan een plasmadampdepositie voor het maken van de actieve siliciumlaag, die een dikte krijgt van ongeveer een micrometer. Met lasers wordt de folie gepatroneerd, en zo ontstaan cellen die in serie aan elkaar geschakeld zijn om het voltage van het product te verhogen tot praktisch bruikbare waardes. Het contacteren van de achterzijde geschiedt geheel geautomatiseerd. Een voordeel van de aluminiumdrager ten opzichte van glas is dat nu direct tot de volgende stap overgegaan kan worden, waar anders twee herhalingsrondes nodig zijn.

Nu volgt het lamineren: het geheel wordt op een polyesterfolie aangebracht. Dat wordt de permanente drager. Een natriumhydroxidebad lost het aluminium op; dit kan hergebruikt worden om de keten te sluiten. Wel wordt er aluminium in enkele micrometers dikte aan de randen achter-



De folie, gereed om aan te sluiten en stroom mee te oogsten uit zonlicht.

gelaten, als plus- en minpool. Dan volgt nog het verpakken tussen folies omdat anders al beschadiging op zou treden als er maar een vogeltje zou landen op de in gebruik genomen folie met de micrometerdunne actieve lagen aan het oppervlak. Ten slotte worden de connectoren verbonden en de folie is 'plakklaar' voor het dak.

ZON OOGSTEN IN DE BEBOUWDE OMGEVING

Gebouwen vormen veruit de grootste markt. Een huishouden zou zeventig vierkante meter folie nodig hebben om alle apparaten van stroom te voorzien. Als er zogeheten 'tandemcellen' gebruikt worden, volstaat eerderde minder. Er wordt alleen al in



Het jaarcongres van ingenieursvereniging KIVINIRIA werd op de Hogeschool Arnhem Nijmegen (HAN) gehouden om nadrukkelijk de link te leggen met de studerende generatie.

> dat de elektrische spanning verandert: er gaan 28 cellen op 30 cm brede folie, en bij verschillende lengtes zijn de voltages gelijk. Is er veel vraag naar een bepaalde lengte, dan is het voltage er eventueel ook op af te stemmen.

Bij de eerste generatie wordt gewerkt met rollen van zes meter bij dertig centimeter. De folie heeft relatief lage installatiekosten, en men kan zelfs dakelementen maken waarbij het in de fabriek geïntegreerd wordt. Het hoeft ook niet alleen op daken te belanden: ook aan gevels is het toepasbaar.

ZELDZAME METALEN

Enkele kritische vragen werden gesteld door het ingenieurspubliek. Over de materiaalschaarste van het actieve materiaal (silicium) bij zonnepanelen, die echter vooral de overdonderende vraag van enkele jaren geleden bleek te betreffen. Van silicium is ruimschoots voldoende winbaar, bovendien wordt in dunnefilm siliciumzonnecellen enkele honderden malen minder silicium per watt opwekvermogen gebruikt dan voor kristallijne silicium *wafers*. Voor de twee andere hoofdgroepen dunne films, te weten

koper/indium/gallium, cadmium/tellurium, werd de materiaalsituatie later in de lezing aangestipt (zie onder). Wellicht wordt dat actueel bij de volgende vraagpiek. Neemt het rendement niet af naarmate de zonnecel heter wordt? Het kan inderdaad makkelijk 80 of 90 graden worden in een zonnecel in een woestijngebied. Amorf silicium zal evenals bijna alle halfgeleiders minder goed werken bij hoge temperatuur, maar amorf silicium heeft daar minder last van dan de bekende blauwe kristallijne panelen. De warmte kan natuurlijk ook afgevoerd en gebruikt worden. Moet de folie vaak worden schoongemaakt? "In Californië heb ik eens staan kijken naar zonnecellen op een dak naast een aardbeieveld die onder het stof lagen. Ik vroeg 'hoe doet ie het?', 'nog steeds 95%' zei mijn begeleider, met een regenbui en wat afschot worden de panelen weer schoon en zal weer 100% *output* geleverd worden. De toplaag van de zonnecelfolie is zo ontwikkeld dat ze zeer hydrofoob zijn en *self cleaning*." Gevraagd naar mechanische beschadigingen, stelde Van Jongerden dat er geen brosse breuk optreedt en de testen met hagelinslag goed zijn verlopen.



Het congres was ook de vuurdoop voor vakblad *Oppervlaktetechnieken* als media-partner van KIVI NIRIA, met wederzijdse kortingsregeling.

Nederland jaarlijks 20 km² bitumendak vervangen, zeker de helft daarvan is geschikt om zonnecelfolie voor in de plaats te leggen. In het veel grotere Duitsland is de markt navent groter. "Bij een eerste fabriek denken we aan een productiecapaciteit van een miljoen vierkante meter per jaar."

De *Balance of System*, kortweg BOS, is een sleutelfactor. Een groot voordeel van de direct op dakmaterialen plakbare zonnecelfolie is namelijk dat er geen draagstructuren nodig zijn, dat geeft een forse besparing op de installatiekosten. Dat betekent navenant lagere kWh kosten. De investering – met folie geproduceerd en toegepast op grote schaal – zou op ongeveer 1,7 euro per watt moeten komen, thans is die nog 2,5 à 3 euro

per watt voor grote systemen. Met een investering van 1,7 euro/watt in Nederland betekent dit bij een economische levensduur van 20 jaar een zonnestroomprijs 15 - 20 ct/kWh. Datzelfde systeem geplaatst in meer zonnrijke oorden, zoals in Zuid-Europa, levert dan rond 10 ct/kWh: concurrerende stroomprijzen. Een hoge technische duurzaamheid en efficiëntie van 9% zijn belangrijk om tot een concurrerende energieprestatie te komen. "Meer dan 9% wordt inmiddels bereikt en dat bij een lange levensduur. Cellen met meer dan 15% moeten haalbaar zijn, door het beter invangen van licht in de cel."

BESCHIKBAARHEID GRONDSTOFFEN

Helianthos kiest voor technologie waarbij beschikbaarheid van materialen en grondstoffen geen issue zal zijn. Gegeven de te verwachten lagere systeemkosten zal de markt voor dunne film zonnecellen sterk gaan groeien. Beschikbaarheid van grondstoffen is essentieel. Voor tellurium en indium kan dan schaarste optreden, aangezien dit zeldzame materialen zijn. Vervolgens is de keuze voor dunne film silicium een keuze voor technische duurzaamheid. De lagen zijn hoegenaamd niet vochtgevoelig, dit in tegenstelling tot de andere twee (met indium/gallium/koper en met cadmium/tellurium) die dus met vochtdichte verpakkingsmaterialen omgeven moeten worden. Qua kosten hebben de zogeheten 'tandemcellen' en cadmium/tellurium het meeste potentieel om omlaag te gaan.

"Hier ligt dus een enorme mogelijkheid om waarde te creëren en bij te dragen aan de energietransitie: de overgang naar een duurzame energievoorziening. Wat brengt die voor het land: een hoog kennispotentieel, een breed te gebruiken technologie, ook voor flexibele OLEDs (*Organic Light Emitting*

KORTOM

- Een uur zonlicht staat gelijk aan de elektriciteitsconsumptie van de gehele mensheid in een heel jaar;
- De oppervlaktetechnologie kan voorzien in folie die elektriciteit uit zonlicht haalt;
- Deze zonnecelfolie is als lichtgewicht en flexibel materiaal makkelijk aan te brengen op gevels en daken;
- Voor het land dat hierin een koppositie weet te veroveren, betekent het een hoog kennispotentieel in een breed te gebruiken technologie, ook voor flexibele OLED-verlichting of displays, alsmede exportpotentieel;
- Benodigd voor Nederland zijn een *leading investor* voor de proeffabriek bij Arnhem en de overheid als *launching customer* om referenties in de markt te zetten ten behoeve van de export.

Diodes, een variant op de welbekende LED-verlichting – red.) of displays. En exportpotentieel: als de overheid begint als *launching customer* hebben we referenties om de export op gang te krijgen." Ten slotte wierp hij een licht op de omvang van de oogst: "Een uur zon is wat de mensheid per jaar aan primaire energie gebruikt. Het enorme potentieel van zonne-energie is daarmee geïllustreerd. Dat zonne-energie de komende jaren verder zal groeien en rond 2050 meer dan 25% van de energievoorziening voor zijn rekening zal nemen, wordt door gezaghebbende instanties op energiegebied zoals het International Energy Agency inmiddels aangenomen."

Voor een kleine fabriek is 30 miljoen nodig, voor een grote fabriek 150 tot 200 miljoen. Hiervoor zoekt Nuon een *lead investor*. Na de lezing volgde een stormloop op de meegebrachte folie, die iedere ingenieur toch even in handen gehad wilde hebben.

MEER INFORMATIE

Over ingenieursvereniging KIVINIRIA: www.KIVINIRIA.nl

Over Helianthos en de zonnecelfolie: helianthos@nuon.nl



Het congres werd afgesloten door *Marvelous Melody*; Marjolein Romeijnders en Margreet Roelfsema wisten de ingenieurs uit de technische beslommingen te halen. Even ontspannen na een intensieve dag.