



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Onderzoek zon-PV aan Nederlandse universiteiten en kennisinstellingen

Overzicht september 2011

>> Als het gaat om energie en klimaat





PV-onderzoek in Nederland

Kennis en bedrijvigheid rond zonnestroom

Nederlandse universiteiten en kennisinstellingen houden zich bezig met een breed scala aan PV-onderzoeksonderwerpen. Op zowel product- als procestecnologisch vlak wordt fundamenteel en toegepast onderzoek uitgevoerd.

Er is veel interactie tussen universiteiten en bedrijfsleven. Bedrijven zijn op projectniveau of in joint-ventures betrokken bij wetenschappelijk PV-onderzoek. Daarnaast zijn er kennisnetwerken actief van bedrijven, universiteiten, hogescholen en kennisinstellingen.

Nieuwe samenwerkingsmogelijkheden

Om een voorsprong in de markt te kunnen nemen, is het van belang snel op de hoogte te zijn van de nieuwste kennis en ontwikkelingen. Met deze brochure geeft Agentschap NL geïnteresseerde bedrijven, instellingen en overheden daarom een actueel overzicht van kennis op het gebied van zonnestroom in Nederland. Wie werkt waaraan en waar liggen nieuwe samenwerkingsmogelijkheden voor bedrijven die met een specifieke kennisvraag zitten?

Overzicht PV-onderzoek 2011

In deze brochure vindt u een actueel overzicht van:

- technisch en socio-economisch PV-onderzoek aan Nederlandse universiteiten;
- PV-onderzoek binnen de onderzoeksinstituten ECN en TNO.

Er zijn alleen activiteiten opgenomen die direct gerelateerd zijn aan PV. Daarnaast vindt op veel plaatsen algemeen duurzaamheidsonderzoek plaats, evenals fundamentele studies die uiteindelijk kunnen leiden tot verbetering van zonnecellen en productiemethoden. De PV-activiteiten van scholen voor beroepsonderwijs en andere dan de hierboven genoemde onderzoeksinstituten vallen buiten de reikwijdte van dit overzicht.



Wim Sinke van ECN:

“Nederland is een grote speler op het gebied van PV”

Hoe is in grote lijnen de status van PV-onderzoek in Nederland? We vragen het aan Wim Sinke, een van de meest toonaangevende wetenschappers op het gebied van zonne-energie in Europa. Hij was onder meer de sturende kracht achter de internationale ‘Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology’. Ook is hij directeur van ADEM, het Advanced Dutch Energy Materials Innovation Lab. Dit samenwerkingsverband van ECN en de TU’s Eindhoven, Twente en Delft doet onder meer materiaalonderzoek dat de ontwikkeling van PV-technologie ondersteunt.

Is al te voorspellen welke PV-technologieën de winnaars worden?

“Je ziet wel dat verschillende technologieën heel groot worden, maar het beeld is nog steeds dat verschillende technologieën zich parallel ontwikkelen. Je ziet dus ook wereldwijd dat bedrijven investeren in verschillende technologieën en proberen die volwassen te maken. Uiteindelijk zal dat aantal misschien afnemen, maar voorlopig is het nog een breed spectrum. Vandaar ook dat we in Nederland niet voor één technologie gaan maar een portfolio hebben. Dat is een robuuste aanpak. De diversiteit aan onderzoek in Nederland reflecteert ook de belangstelling van het bedrijfsleven voor een diversiteit aan PV-technologieën.”

Naar welke commercieel beschikbare technologieën wordt onderzoek gedaan?

“Naar wafer-gebaseerde kristallijn siliciumtechnologie, naar dunnefilm siliciumtechnologie en naar dunnefilm koper indium gallium seleen, meestal CIGS genoemd. Dit onderzoek gebeurt in nauwe samenwerking met bedrijven. Het gezamenlijke doel is de verhoging van het rendement, de verlaging van de kosten en de verbetering van het milieuprofiel. Op het gebied van kristallijn silicium en dunnefilm silicium hebben we in Nederland een historie van tientallen jaren onderzoek. Het CIGS-onderzoek is van recenter datum. Dat heeft ook te maken met het toenemende belang van deze technologie in de markt en met de komst van nieuwe onderzoeksgroepen, zoals die bij TNO.”

Commercieel beschikbare technologieën

- wafer-gebaseerd kristallijn silicium (ruim 85% van de wereldmarkt)
- dunnefilm silicium
- dunnefilm koper-indium/gallium-diselenide en verwante materialen, afgekort CIGS
- dunnefilm cadmiumtelluride

Onderzoek in samenwerking met bedrijven gericht op:

- verlaging kosten
- verhoging rendement
- verbetering milieuprofiel

Opkomende technologieën

- organische zonnecellen, met name polymere zonnecellen
- III/V zonnecellen, gemaakt van materialen uit de familie waartoe galliumarsenide (GaAs) behoort
- en meer

Nieuwe opties in het laboratorium

- spectrumconverters, om lichtkleur te veranderen
- quantumdotmaterialen met speciale eigenschappen
- en meer

Welke opkomende technologieën worden onderzocht?

“Een voorbeeld zijn de organische zonnecellen en in het bijzonder de polymere zonnecellen. Nederland heeft op dit gebied een uitgebreide onderzoeksactiviteit en een vooraanstaande positie in het internationale veld. Deze technologie zit tegen marktintroductie voor de eerste toepassingsvormen aan.

Nederland heeft ook belangrijke onderzoeksactiviteiten op het gebied van de zogenaamde III/V zonnecellen, gemaakt van materialen uit de familie waartoe galliumarsenide behoort. Deze zonnecellen zijn wereldwijd al begonnen aan marktintroductie, met name voor concentratorsystemen.”

Welke nieuwe opties worden onderzocht in het laboratorium?

“Dat is een heel spectrum aan onderwerpen, vaak niet zozeer technologieën die tot een compleet nieuwe zonnecel leiden, maar onderdelen van toekomstige technologie. Er wordt bijvoorbeeld door diverse onderzoeksgroepen gewerkt aan spectrumconverters. Dat zijn materialen die je kunt gebruiken om de kleuren van natuurlijk licht te veranderen in de kleuren die de zonnecel het beste kan gebruiken. Alle zonnecellen zijn namelijk optimaal gevoelig voor een bepaalde kleur licht.

Een ander voorbeeld: er gebeurt op verschillende plaatsen onderzoek aan quantumdots, waarmee je in potentie efficiënte zonnecellen kunt bouwen. Je kunt bijvoorbeeld materialen ontwerpen met varieerbare absorptie-eigenschappen door de afmetingen van de quantumdots te variëren. Dat zou gebruikt kunnen worden voor gestapelde zonnecellen die voor een breed spectrum aan zonlicht gevoelig zijn, maar dat is maar één toepassing. Het onderzoek zou ook kunnen leiden tot andere soorten zonnecellen dan we ons op dit moment kunnen voorstellen.”

Wat voor PV-onderzoeksactiviteiten zijn er verder?

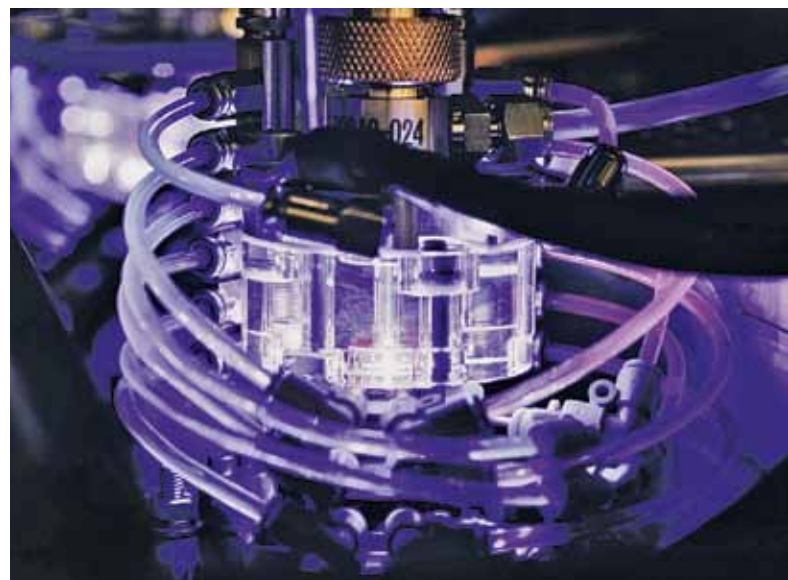
“Op het gebied van technologieontwikkeling voor cellen en modules gebeurt er nog veel meer dan ik hier genoemd heb. Daarnaast wordt er in Nederland ook onderzoek gedaan naar de toepassing van zonnepanelen in complete systemen die leveren aan het elektriciteitsnet: met name in de gebouwde omgeving en de infrastructuur. Dit praktijkgerichte onderzoek is essentieel om zonne-energie op grote schaal te kunnen gebruiken.

Nederland heeft verder een naam op het gebied van ‘levenscyclusanalyses’ van energiesystemen. Die zijn van belang om de milieuw waarde van verschillende PV-systemen objectief te kunnen vergelijken.”

Hoe kunnen onderzoekers en bedrijfsleven effectiever samenwerken?

“Nederland is een grote speler op het gebied van PV, zeker als we het bekijken naar verhouding van de omvang van ons land. Om de positie van het bedrijfsleven verder te versterken, is het van belang dat bedrijven snel hun weg kunnen vinden in het onderzoeksveld. Heldere, complete overzichten die ook regelmatig worden geactualiseerd en duidelijke aanspreekpunten waar je met vragen terecht kunt spelen daarbij een belangrijke rol.

Om het bedrijven gemakkelijker en aantrekkelijker te maken hun weg te vinden naar onderzoekers, is bijvoorbeeld ook Solliance opgericht. Dit is een krachtenbundeling van de TU Eindhoven, het Holst Centre, TNO en ECN op het gebied van dunnefilmtechnologie. Er wordt een speciaal onderzoekscentrum ingericht, zodat bedrijven in samenwerking met onderzoekers meer vaart kunnen maken op PV-gebied.”



PV-onderzoek aan universiteiten

Universiteit van Utrecht

Debye Instituut voor Nanomaterialenonderzoek (diverse afdelingen)

Onderzoek en ontwikkeling: experimenteel en exploratief onderzoek aan dunnefilm-PV, silicium heterojuncties, tandemstructuren en nieuwe concepten met nano-3D structuren, quantum dots, fotonische en plasmonische versterking.

Afdeling Nanophotonics van het Debye Instituut (prof.dr. Ruud Schropp, dr. Jatin Rath, dr. Marcel di Vece)

Onderzoek en ontwikkeling: de huidige speerpunten zijn ultradunne cellen met totale lichtopsluiting; plastic zonnecellen geschikt voor roll-to-roll; Hot Wire CVD (chemical vapour deposition) van silicium, siliciumnitrides, metaaloxides, polymeren en nanobuisjes. Behaalde rendementen: silicium heterojunctiecellen 16,7%, flexibele dunnefilm triple junction cellen 11% stabiel, tandemcellen op glas 11,4% stabiel, single junction $\mu\text{c Si:H}$ cellen 10% stabiel, plasmonische cellen < 100 nm 9%.

In samenwerking met: de groepen van prof.dr. Andries Meijerink (up- en downconverters voor zonnecellen) en prof.dr. Daniël Vanmaekelbergh (quantum dots). Zie ook Debye Instituut algemeen hierboven.

Radboud Universiteit Nijmegen

Groep Applied Material Science (prof.dr. Elias Vlieg, dr. John Schermer)

Onderzoek en ontwikkeling: III/V dunnefilmzonnecellen (single- en multi-junction) doorontwikkelen voor toepassing in de ruimte of op aarde. Gezien het dure materiaal zijn deze cellen op aarde alleen rendabel in concentratorsystemen. De groep ontwikkelde hiervoor een nieuw proces, Epitaxial Lift-Off (ELO), en is wereldrecordhouder met een dunnefilm ELO GaAs zonnecel met 26,1% rendement.

Met het Britse bedrijf Circadian Solar is de joint-venture 'tfz devices' opgestart om deze technologie te vermarkten.

Groep Molecular Materials (prof.dr. Alan Rowan, dr. Paul Kouwer)

Onderzoek en ontwikkeling: fundamenteel onderzoek naar nieuwe methodes om organische zonnecellen zich vanaf het begin gecontroleerd te laten ontwikkelen, zodat de morfologie van de cel verbetert.

Wageningen Universiteit

Groep Greenhouse Horticulture (dr. Piet Sonneveld)

Onderzoek en ontwikkeling: de integratie van semitransparante zonnecelsystemen in kassen, soms in combinatie met concentratorsystemen.

Rijksuniversiteit Groningen

Groepen Optical Physics of Condensed Matter (prof.dr. Paul van Loosdrecht) en Chemie van (bio)moleculaire materialen en devices (prof.dr. Kees Hummelen)

Onderzoek en ontwikkeling: naar plastic zonnecellen, waarbij buckyballs (fullerenen) worden vermengd met een polymeer. Het rendement van deze zonnecellen is laag, maar ze zijn voordelig te produceren.

In samenwerking met: diverse buitenlandse universiteiten, het spin-off bedrijf Solenne produceert fullerenen voor organisch elektronische toepassingen.

Universiteit Twente

Groep Design, Productie en Management (dr. Angèle Reinders)

Onderzoek en ontwikkeling: productie van PV-modules op basis van encapsulatie van zonnecellen in versterkte kunststoffen, integratie van PV-cellen in consumentenproducten, ontwerp PV-systemen in dynamische situaties door product- en gebouw-integratie.

Groep Inorganic Materials Science (prof.dr. Dave Blank)

Onderzoek en ontwikkeling: fundamenteel onderzoek naar de opbouw en groei van anorganische materialen, namelijk gepulseerde laserdepositie van (nano)materialen.

Socio-economisch PV-onderzoek

- De Universiteit van Maastricht en de TU Eindhoven nemen deel aan Organext. Dit Nederlands-Belgisch-Duitse samenwerkingsverband ontwikkelt nanomaterialen en innovatieve depositietechnieken voor een nieuwe generatie organische dunnefilmzonnecellen. Hierbij wordt onder meer de markt voor nano-gebaseerde producten onderzocht.
- Aan de Technische Universiteit Eindhoven onderzoekt de groep System Innovations and Sustainability Transitions (dr. Geert Verbong) de marktimplementatie van hoge efficiëntie nanodraadzonnecellen, onder meer in opkomende economieën. Er is samenwerking met de TU/e-afdeling Applied Physics en met o.a. Philips Innovation Services en het Internationaal Energie Agentschap.
- Aan de Universiteit van Utrecht voert de groep Innovatie Wetenschappen (prof.dr. Marko Hekkert) een innovatiesysteemanalyse uit van de Nederlandse PV-sector.

TU Eindhoven

Afdeling Plasmas and Materials Processing (prof.dr. Richard van de Sanden, dr. Erwin Kessels, dr. Adriana Creatore)

Onderzoek en ontwikkeling: dunnefilmprocessing van zonnecellen (depositie met behulp van plasma's). Zes projecten: kristallijn silicium passivatie met Al_2O_3 (atomic layer depositie), toepassing microkristallijn Si en amorf Si, toepassing ZnO (zinkoxide) als TCO (transparent conducting oxide), toepassing SiN_x als antireflectie-coating en passivatielaag voor kristallijn silicium zonnecellen, groei en functionaliteit van Si-nanokristallen voor PV, polykristallijn Si voor grootschalige toepassing PV.

Afdeling Photonics and Semiconductor Nanophysics (prof.dr. Erik Bakkers, dr. Jos Haverkort)

Onderzoek en ontwikkeling: III/V nanodraad zonnecellen met een potentieel rendement van 65%.

Afdeling Macromoleculaire en Organische chemie (prof.dr. René Janssen)

Onderzoek en ontwikkeling: organische zonnecellen met een potentieel rendement van 12% en daarna 15% door bijvoorbeeld tandemconfiguraties.

Afdeling Energie Technologie (prof.dr. Anton van Steenhoven, prof.dr. Herbert Zondag)

Onderzoek en ontwikkeling: modellen voor selectie en optimalisatie van PVT-panelen voor het gelijktijdig opwekken van warmte en elektriciteit. De aandacht is nu primair gericht op warmteopslagsystemen.

TU Delft

Afdeling Photovoltaïsche Materialen en Devices (prof.dr. Miro Zeeman)

Onderzoek en ontwikkeling: fabricage dunne lagen amorf en nanokristallijn silicium met CVD (chemical vapour deposition) bij temperaturen < 200 °C. Enerzijds ontwikkeling stabiele materialen en snelle depositiemethoden, anderzijds onderzoek naar licht-managementtechnieken voor dunnefilmtoepassingen.

Afdeling Opto-electronic Materials (prof.dr. Laurens Siebbeles)

Onderzoek en ontwikkeling: op fundamenteel niveau naar de relatie tussen de eigenschappen van excitonen (elektron-gat paren) en ladingsdragers en de fysisch-chemische structuur van materialen. De groep produceerde en doet onderzoek aan 3D-nanozonnecellen (p-type TiO_2 , n-type CuInS_2) met 6% rendement. Daarnaast fundamenteel onderzoek naar het effect van de chemische samenstelling en materiaal morfologie van organische zonnecellen op de diffusie van excitonen en het ontsnappen van ladingen aan recombinatie.

Afdeling Fundamental Aspects of Materials and Energy, FAME

(prof.dr. Ekkes Brück, prof.dr. Fokko Mulder)

Onderzoek en ontwikkeling: halfgeleider nanokristallen voor dunnefilmzonnecellen. De grootte van nanodeeltjes bepaalt optische eigenschappen zoals bandgap en kristalroosterstructuur. Door beïnvloeding van de deeltjesgrootte kunnen nieuwe dunnefilmzonnecellen worden ontwikkeld.



PV-onderzoek binnen ECN

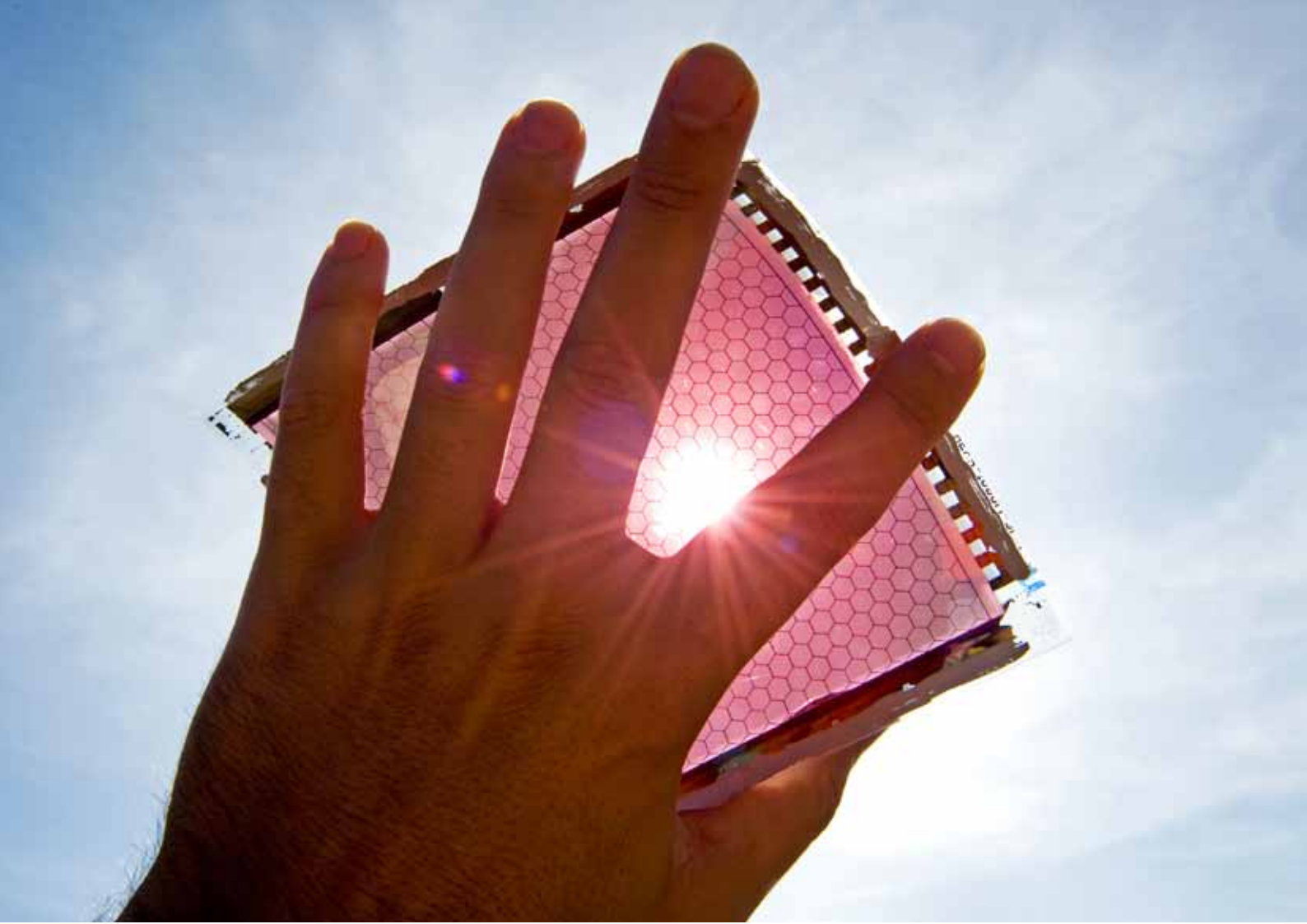
www.ecn.nl

Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) is het grootste onderzoeksinstituut in Nederland op energiegebied met een sterke internationale positie. ECN is betrokken bij Nederlandse en internationale innovaties op het gebied van zonne-energie. Voorbeelden hiervan zijn ECN's back contact technologie, waarbij het ontwerp van de cellen optimaal is afgestemd op het productieproces van modules. Deze technologie wordt samen met Solland Solar en Eurotron vermarkt. Ook ECN's n-type technologie (nieuw type zonnecellen met hoog rendement) is een goed voorbeeld. Deze technologie is samen met onder andere Tempres Systems opgeschaald en marktrijp gemaakt.

ECN werkt samen met partijen uit de gehele PV-waardeketen; van siliciumproducenten en zonnecelfabrikanten tot systeembouwers. Tegelijkertijd richt ECN zich op de verdere toekomst: nieuwe celontwerpen, productiemethoden, vermindering van materiaalgebruik en overschakeling op ruim beschikbare en milieuvriendelijke materialen en processen.

Het onderzoek van ECN concentreert zich op:

- Materiaal & procestechnologie;
- Cel & module ontwerp;
- Back contact module technologie;
- Kristallijn silicium zonnecellen;
- Anorganische dunne film zonnecellen;
- Organische zonnecellen;
- Bepaling milieukundige profielen.



PV-onderzoek

www.tno.nl

TNO richt zich in hoofdlijnen op de volgende PV-gerelateerde thema's :

- productie dunnefilm zonnecellen;
- demonstratormodules van OPV (organisch PV) en CIGS (copper indium gallium selenide);
- lichtmanagementtechnologie;
- concentratorconcepten;
- geïntegreerde interconnectietechnologie;
- encapsulatie en barrièrelagen;
- transparante geleiders;
- glas voor PV;
- silicium smeltprocessen voor Si wafer productie;
- integratie van zonnecellen in producten, gebouwde omgeving en infrastructuur (zoals Solar Roads);
- voorschriften en regelgeving rond integratie van duurzame energie;
- ICT voor smart grids;
- PV in satellieten en ruimtevaart.

TNO is betrokken bij het Europese project HipoCIGS waarbij de ontwikkeling van nieuwe roll-to-roll processen centraal staat. Verder neemt TNO deel aan diverse projecten die subsidie ontvangen in het kader van 'Pieken in de Delta'. Het gaat hierbij onder meer om levensduurmetingen aan zonnecelmaterialen, een CIGS-

binnen TNO

onderzoekslijn voor de vervaardiging van demonstratorzonnecellen, snelle ALD-processen (atomic layer deposition), en concepten voor gebouwintegratie van PV.

Twee grote Nederlandse PV-programma's

Joint Solar Program

Dit programma van FOM, NWO, Shell en NUON is gericht op high risk, high potential fundamenteel PV-onderzoek. De projecten worden uitgevoerd door universiteiten en de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM).

Solliance

TNO, TU Eindhoven, Holst Centre en ECN hebben Solliance opgericht als platform voor kennisinstellingen en industrie. Andere kennisinstellingen kunnen zich bij het initiatief aansluiten en er wordt langlopende samenwerking met bedrijven uit de hele PV-keten gezocht. Dunnefilm PV is een belangrijk thema.



Strijd om de beste prestatie

World Solar Challenge: zonnewagen

Nederlandse studenten doen samen met partners uit het Nederlandse bedrijfsleven mee aan de World Solar Challenge, waarbij zonnewagens 3000 kilometer door Australië rijden. De race wordt sinds 1987 elke twee jaar gehouden. In 2009 waren er ruim dertig deelnemers.

In 2001, 2003, 2005 en 2007 won de Nuna, de zonnewagen van de TU Delft. In 2009 was een Japanse universiteit de winnaar. De tweede Nederlandse deelnemer, de Universiteit Twente met de Saxion Hogeschool, eindigde tijdens de afgelopen Challenges in de top 10.

Op 16 oktober 2011 start in het Australische Darwin de elfde World Solar Challenge. Het NUON Solar Team van de TU Delft neemt deel met de Nuna6. De zonneauto waarmee het Solar Team Twente meedoet is de 21Connect.

Meer informatie:
www.nuonsolarteam.nl en www.solarteam.nl

DONG Energy Solar Challenge: zonneboot

Bij deze wedstrijd, die sinds 2006 eens in de twee jaar wordt gehouden, leggen zonneboten in zes dagen een afstand van 220 kilometer af. De route begint in Leeuwarden en volgt grotendeels de route van de Elfstedentocht. Aan deze internationale race doen tweejaarlijks enkele tientallen teams mee in drie klassen. In de topklasse won in 2006 en 2008 de TU Delft en in 2010 de Stichting Furia One uit Leeuwarden. In de A- en B-klasse nemen teams van Nederlandse mbo- en hbo-scholen een sterke positie in. De volgende DONG Energy Solar Challenge is van 8 tot 14 juli 2012.

Meer informatie: www.dongenergysolarchallenge.nl

Solar Decathlon: zonnewoning

Naar het voorbeeld van de Amerikaanse Solar Decathlon werd in juni 2010 de eerste Solar Decathlon Europe gehouden. Deze internationale competitie daagt teams van studenten uit om woningen te ontwerpen en te bouwen die uitsluitend gebruikmaken van zonne-energie. De wedstrijd wordt elke twee jaar gehouden in Madrid. In 2010 wonnen studenten van het Amerikaanse Virginia Tech met het zogenoemde Lumenhaus. De volgende editie is in juni 2012. Studenten van de TU Delft doen mee met hun ReVolt House.

Meer informatie: www.revolthouse.com



Dit is een uitgave van:

Agentschap NL
NL Energie en Klimaat
Croeselaan 15
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T +31 (088) 602 92 00
www.agentschapnl.nl/zonneenergie

© Agentschap NL | september 2011
Publicatie-nr. 2IPZX1104

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan Agentschap NL geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.

Agentschap NL is een agentschap van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Agentschap NL voert beleid uit voor diverse ministeries als het gaat om duurzaamheid, innovatie en internationaal. Agentschap NL is hét aanspreekpunt voor bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Voor informatie en advies, financiering, netwerken en wet- en regelgeving.

De divisie NL Energie en Klimaat versterkt de samenleving door te werken aan de energie- en klimaatoplossingen van de toekomst.

*Met dank aan de organisaties, die foto's hebben aangeleverd:
TU-Eindhoven (pg 1, 5 en 7), Radboud University Photovoltaic Calibration Facility (pg 3), Wim Raaijen (pg 4), ECN (pg 8), Holst Centre (pg 9), fotopersbureau het Hoge Noorden (pg 10).*