

# SERC

Centrum för solenergiforskning  
Solar Energy Research Center

Högskolan Dalarna  
SE 781 88 Borlänge  
tel: +46 23 778000  
[www.serc.se](http://www.serc.se)



HÖGSKOLAN  
Dalarna

## Rapport från 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

Barcelona 6-10 juni 2005

Eva Lindberg

ISSN 1401 - 7555  
ISRN DU-SERC-90-SE August  
2005

## Sammanfattning

På uppdrag av STEM bevakade Eva Lindberg från Centrum för solenergiforskning, SERC, Högskolan Dalarna, 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Barcelona, 6-10 juni 2005. Ca 1700 personer fanns på deltagarlistan. På grund av konferensen omfattning kan endast ett litet urval av föredrag och utställare kommenteras i rapporten. Konferensprogrammet var indelat på följande områden:

1. Grundläggande fakta, nya komponenter och material
2. Kristallina kiselceller and materialteknologi
3. Amorft och mikrokristallint kisel
4. CIS, CdTe och andra (II-VI) ternära tunnfilmsceller
5. PV-moduler och komponenter i PV-system
6. PV-system i nätanslutna applikationer
7. Globala aspekter på PV-solelektricitet
8. PV-industrins resultat

FoU om kristallina solceller dominerade stort, sedan tunnfilmsceller av främst amorft kisel. Intressant var att återvinning är föremål för FoU; dels återvinning av kiselceller när panelen tjänat ut; dels återvinning av Cu, Cd, Se och Te när tunnfilmscellerna tas ur bruk.

237 företag fanns representerade i utställningen, varav 20 från Kina. Tyskland dominerade stort. Utställningen teman var följande: 1) Tillverkare av kiselplattor, solceller, PV-moduler, koncentratorer, solföljare (se bild nedan) 2) Tillverkare och återförsäljare av utrustning och material 3) Integrering och distribution av system 4) Mätningar och kontrollteknologi 5) Forskning och laboratorier 6) Service, teknik, konsulting 7) Myndigheter och föreningar 8) Media och förlag 9) Tillverkare av inverterare 10) Övrigt.



*Solpaneler med tvåaxlad solföljare utställd utanför konferensbyggnaden i  
Barcelona.*

**Innehåll**

<b>1</b>	<b>20th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition</b>	<b>5</b>
1.1	Allmänt om konferensen.....	5
1.2	Aktiviteter inom European Commision.....	6
<b>2</b>	<b>PV – system</b>	<b>7</b>
2.1	Solceller och solpaneler.....	8
2.1.1	Kristallint kisel.....	8
2.1.2	Tunnfilmsceller av amorft kisel (a-Si:H) och mikrokristallint kisel (µc-Si:H) 11	
2.1.3	Tunnfilmsceller av CIGS, CdTe och CIS.....	12
2.1.4	Nya halvledarmaterial.....	13
2.1.5	Organiska celler.....	14
2.1.6	Återvinning av solceller.....	14
2.2	PV och värme.....	16
2.2.1	PVT.....	16
2.2.2	TPV.....	17
2.3	Solföljare och konzentrorer.....	18
2.4	Batterier.....	23
2.5	Inverterare, regulatorer och övriga komponenter.....	23



# 1 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

## 1.1 Allmänt om konferensen

Den europeiska solcellskonferensen genomfördes för 20:de gången, och det var andra gången den hölls i Barcelona. Konferensen täckte hela spannet PV; grundforskning på nya solcellsmaterial, nya framsteg i andra generationens material, fortsatt förbättring och expansion av konventionella material samt implementering av ny design och systemkoncept. En stor del av konferensen rörde även nya anordningar för reglering, nätanslutning och byggnadsintegrering, samt större och mindre anläggningar för att förse samhällen i U-länder med lik- och växelström.

För första gången annonserades ett särskilt forum under konferensen, ”European Political Scenarios for a Sustainable Photovoltaic Energy”, organiserat av EPIA-European Photovoltaic Industry Association, se [www.epia.org](http://www.epia.org).

Ett annat extra forum var ”PV Power for the World – PV in the Millennium Development Goals for Poverty Alleviation” där bland annat representanter för världsbanken och EU-kommisionen medverkade.

1696 personer från 69 olika länder fanns på deltagarlistan, och 237 utställare var representerade. Tyskland dominerade stort, både på konferensen och utställningen. På listan fanns t.ex. 532 deltagare från Tyskland, 145 från värdlandet Spanien och 79 från Nederländerna. Dessa är de tre länder i Europa som satsar mest på solel. Spanien har till viss del kopierat det tyska konceptet beträffande marknadsstimulans för solpaneler, t.ex. kan nu användaren sälja överskottet av producerad el till elnätet. Även icke-européer var rikt representerade, t.ex. 134 från USA, 83 från Japan och 46 från Kina. Japan har länge funnits på marknaden, och nu kommer Kina stort.

Det sägs vara brist på solceller på grund av det starkt växande intresset, främst i Tyskland och Spanien. Paneltillverkarna har svårt att få fram celler. Denna brist kan vara en av orsakerna till att solpanelsfabriken i Porjus är till salu.

Konferensen inleddes tidig måndag morgon med ”plenary session” där bland annat de välkända forskarna Martin Green och Slava Andreev talade om nya material och system. Därefter blev det högtidlig invigning med flera prominenta talare som alla framhöll nödvändigheten av att introducera förnybar energi och vilka framsteg som gjorts senaste åren inom solenergi. Särskilt karismatisk och humoristisk var Dr. Hermann Scheer, ledaren för Eurosolar och skapare av det tyska programmet för införande av solel. Se [www.eurosolar.de](http://www.eurosolar.de).

Därefter utdelades det prestigefyllda Bequerelpriset för 16:de gången, Dr. Joachim Luther från Fraunhoferinstitutet vid universitetet i Freiburg var den världige vinnaren denna gång. Dr. Luther har de senaste tolv åren arbetat med solceller vid Fraunhoferinstitutet, han och hans medarbetare hade exceptionellt många orala presentationer och posters på konferensen.

Konferensen var upplagd måndag till torsdag så att på förmiddagarna var det enbart ”plenary sessions”, dvs. muntliga presentationer i endast en sal, kl. 08:30 – 12:10 med en kort kaffepaus. Dessa presentationer var dessutom något längre än de som ges under de parallella sessionerna på eftermiddagarna. Lunch på egen bekostnad någonstans i närheten. Efter lunch var det tre parallella sessioner med muntliga presentationer kl. 13:30 – 18:30 med två korta kaffepaus, varje session hade 18 presentationer. En fjärde session bestod av ”poster presentations”, dvs. författaren skulle finnas vid sin poster i posterutställningen en viss tid för att presentera sin poster och diskutera med intresserade kollegor. Posters fick sitta uppe två dagar, därefter skulle nya sättas upp. Fredagen bjöd på ett liknande fastän kortare program och konferensen avslutades med ett Closing Session 12:30 – 14:00. Som synes erbjöds det en intensiv konferensvecka för den som så ville. Måndag – torsdag var utställningen öppen för konferensdeltagare och allmänhet hela dagarna.

## **1.2 Aktiviteter inom European Commission**

European Commission hade en stor monter på utställningen där deras arbete för förnybar energi presenterades i form av publikationer, posters och givetvis samtalspartners. Särskilt rekommenderas ”A vision for Photovoltaic Technology”, en rapport utgiven av Photovoltaic Technology Research Advisory Council, PV-TRAC, se [www.publications.eu.int](http://www.publications.eu.int) ISBN 92-894-8004-1. PV-TRAC verkar för en snabb utveckling av europeisk konkurrenskraftig PV av världsklass. Rapporten identifierar tekniska och icke-tekniska hinder och skisserar en strategisk forskningsagenda för ett genombrott för PV både inom EU och globalt. Inrättandet av European PV Technology Platform förordas, där aktörer inom industri, politik och vetenskap ska mötas för att skapa och fullfölja PV-relaterade initiativ, program och policies.

På ovanstående webbadress finns även Status Report 2004, Energy End-Use Efficiency and Electricity from Biomass, Wind and Photovoltaics in the European Union, ISBN 92-894-8193-5.

## 2 PV – system

Både på konferensens presentationer och i utställningen märktes en optimism, en känsla av att ”nu börjar det hända saker”. Många presentationer rörde samarbete mellan forskare från universitet/högskolor och stora företag, samt rapport över pilotanläggningar av diverse egenförsörjda system någonstans i världen. Många utställningsmontrar var stora och påkostade jämfört med vad författaren sett tidigare. (Förra gången var München 2001.) Fig. 1 är ett fotografi av en sådan jättelik monter som visar olika stativ för solpaneler. Det märks att nu tjänar PV-företagen pengar.

Nätanslutna system och byggnadsintegrerade solceller/paneler kommer stort. Semitransparenta paneler inneslutna i glas visades, samt celler i olika färger. Se t.ex. [www.saint-gobain-glass.com](http://www.saint-gobain-glass.com) och [www.msk.ne.jp](http://www.msk.ne.jp). Flera företag visade inverterare för nätanslutning med tillbehör, se kap. 2.5. Robotar för tillverkning av solceller utifrån kiselplattor visades, samt maskiner för att tillverka maskiner som gör solceller, se t.ex. [www.manz-automation.com](http://www.manz-automation.com). Andra produkter var koncentratorer, solföljare och olika anordningar för att montera solcellerna till solpaneler. I utställningen fanns inte så mycket om ”solar home systems” jämfört med tidigare utställningar som författaren besökt. Shell Solar och BP Solar samt Mitsubishi hade en del om detta i sitt reklammaterial, men även andra utställare. Kanske för att det var en europeisk konferens så var fokus satt på storskalig byggnadsinterering. Flera posters och några orala presentationer däremot handlade om utvärdering av U-landsprojekt.



*Fig. 1. Utställningsmonter för solpanelsstativ.*

## 2.1 Solceller och solpaneler

Solcellerna och panelerna har blivit större. Cellerna kan vara upp till ca 20 x 20 cm<sup>2</sup>, vanligast är 125 x 125 mm<sup>2</sup>. Panelerna kan vara ca 1.8 m<sup>2</sup> och väga 25 kg. Smärtgränsen sägs vara nådd, det blir för otympligt att hantera ännu större paneler. Redan nu är de för stora för att enkelt kunna monteras av en enda man.

### 2.1.1 Kristallint kisel

Poly- och monokristallint kisel dominerade stort på utställningen, fortfarande. De flesta celler har numera "laser grooved buried contacts", men även den gamla "screen printing" metoden för toppkontakt kunde ses. Den nya metoden ger ca två procentenheter högre verkningsgrad emedan mindre del av cellytan täcks av framkontakten då denna går på djupet istället för bredden.

Även på konferensen dominerade forskning och utveckling på kristallint kisel stort, hela 15 sessioner à 6 föredrag handlade om detta. Denna första generationens celler har funnits i ca 40 år, och den FoU som presenterades var givetvis både djup och snäv. Det kunde t.ex. handla om rening och tillverkning av kisel för solcellstillverkning och samarbete med halvledarindustrin, avancerad karakterisering av celler, rening av gaser som används vid dopning och passivering av cellerna.

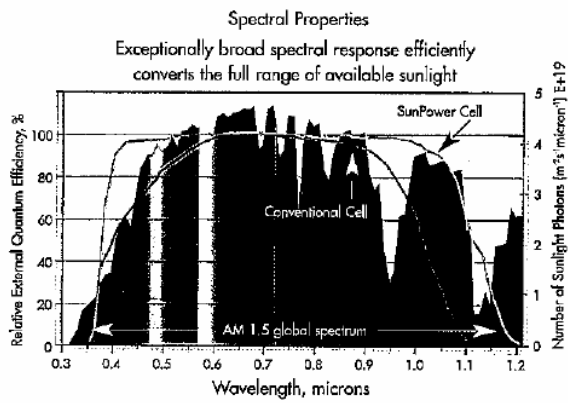
#### *Innovationer: Sliver technology*

Sliver Technology en produkt som sparar 90% kisel. Se [www.sliver.com.au](http://www.sliver.com.au). Sliver-cellerna är 50 µm tjocka och består av monokristallint kisel. Sliver-cellerna är "bifacial", dvs kan absorbera ljus på båda sidor. Panelerna är böjbara och tillverkas med mellanrum mellan cellerna, vilket reducerar kiselanvändningen och gör panelerna semi-transparenta. Den första panelen på 10W visades i december 2004, och sedan dess har paneler på 40W, 60W och 70W producerats, och ännu större planeras. Verkningsgraden 19% har uppmätts. Tillverkaren är Origin Energy Solar i Adelaide, Australien.

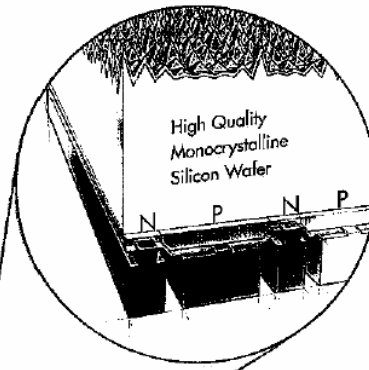
#### *Innovation; Cell utan framkontakt*

Manpower Corp. presenterade celler av monokristallint kisel utan framkontakt med cellverkningsgrad på 21.5%. Större del av solspektrum kan också nyttiggöras, se Fig. 2. Paneler av dessa celler är enligt tillverkaren särskilt lämpade för byggnadsintegrering eftersom hela cellytan är homogen, svart och utan ljusreflexer. Utställaren BIOHAUS använde denna panel, se Fig. 3, för att visa en dubbelaxlad solföljare, och glastillverkaren Saint Gobain visade hur dessa celler kan inkopplas i glas i vackra mönster.





- Unique all-back-contact solar cells:
- Cell efficiency up to 21.5%
  - Lower temperature coefficient for better operation at high temperature
  - Exceptional low-light performance maximizes energy harvest



- Highest quality laminate:
- 4mm-thick glass for enhanced strength and impact resistance
  - Optional matching backsheet for exceptional color uniformity
  - Pigmented layer hides reflective inter-cell connections



*Fig. 2. Klipp från Sunpowers broschyr om solcell utan framkontakt.*



*Fig.3. Panel av Sunpowers svarta celler utan framkontakt.*

### Innovation: Kiselceller utan sågade skivor

Japanska företaget Sharp presenterade en metod att tillverka polykristallina kiselceller utan att utgå från sågade skivor, se Fig. 4. Kiselsubstrat smältes i en form och framkontakten appliceras på smältan. På detta sätt förenklas hanteringen eftersom inget sågspån uppstår.

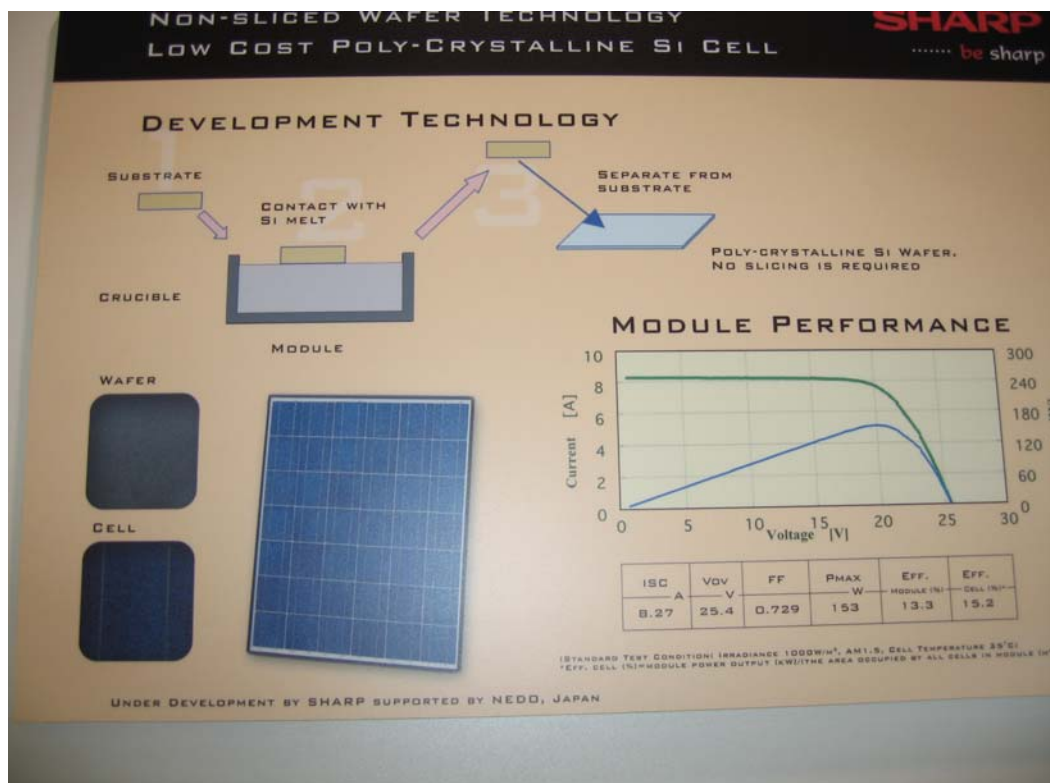


Fig. 4. Tillverkning av kiselceller utan sågade skivor.

### Innovation: Sfäriska solceller

Företaget Spheral Solar Power visade en panel, SSP Power Module, utan täckglas och ram, och som därför är lätt och tålig. Spheral Solar<sup>TM</sup>-tekniken ersätter den ömtåliga kiselskivan med en slitstark konstruktion av små kiselsfärer, där varje sfär fungerar som en solcell. Modulerna är flexibla och kan böjas till önskad form. Man kan till och med gå på modulen. Se [www.sspsolar.com](http://www.sspsolar.com).

### 2.1.2 Tunnfilmceller av amorft kisel (a-Si:H) och mikrokristallint kisel ( $\mu\text{c-Si:H}$ )

Tre sessioner à 6 presentationer på konferensen handlade om amorft kisel, samt 48 posters. Denna andra generationens solceller har också funnits länge på marknaden. Presentationerna rörde t.ex. olika metoder och material för framställning av ledande cellyta och anti-reflektion, metoder för framställning av riktigt stora cellytor, baksidesreflektorer för högre ljusabsorption, detaljer för snabbare tillverkning av mikrokristallina celler.

Verkningsgraden för "single-junction" celler är fortfarande 4-5%. Energy Photovoltaics Inc, EPV, se [www.epv.net](http://www.epv.net), visade både paneler och en maskin för tillverkning av paneler. UNI-SOLAR är det enda företag som marknadsför även "trippel-junction" celler, här är verkningsgraden 6.5%. Deras produkter kan fås inkapslade i laminat, vilket gör panelen flexibel och böjbar. RWE SCHOTT Solar visade både vanliga "single-junction" och tandem tunnfilmceller av a-Si:H samt semitransparenta tandemceller monterade i glas på båda sidor. Dessa senare är särskilt lämpade i byggnadsintegrering. Mycket vacker design i olika färger och former visades. Se [www.rweschottsolar.com](http://www.rweschottsolar.com).

Företaget flexcell sunpack visade en liten panel av amorft kisel på 7W inbakad i laminat som rullas ut som en duk varhelst man behöver tillgång till lite el, t.ex. batteriladdning för mobiltelefon, digitalkamera, GPS-utrustning. Se [www.flexcell.com](http://www.flexcell.com).

Tyska företaget UNAXIS presenterade, både på konferensen och i utställningen, en panel av hybriderna a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$  tandemcell, där den senare utgör bottencell. Modulverkningsgrad på 10.1% rapporterades. Även delar av maskinen för modultillverkningen visades. Denna hybrid spås av många att bli den dominerande celltypen i framtiden på grund av relativt hög verkningsgrad, miljövänlig och billig tillverkning, obegränsad tillgång av råmaterialet kisel samt liten materialåtgång.

Japanska företaget Sharp presenterade på konferensen en liknande modul av a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$  tandemceller, och introducerade "Super See-Through" tunnfilmcell med 10% och 20% transparens och verkningsgraden 9-10%.

Berndt Rech vid det tyska forskningscentrat Jülich presenterade de senaste vetenskapliga och tekniska rönen för tunnfilmceller. ZnO:Al-filmer preparerade med magnetron sputtering och våt kemisk etching applicerades som ledande framkontakt och antireflektion. Kortslutningsström på  $26.8 \text{ mA/cm}^2$  har uppmätts för hybriderna a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$ . För enkelceller av  $\mu\text{c-Si:H}$  har det uppmätts verkningsgrader på 7.9% - 9.4% beroende på vissa parametrar under framställningen.

### *Innovation: Solpaneler med Light Emitting Diodes*

Sharp presenterade en tunnfilmspanel som nattetid genererade svagt ljus, se Fig. 5. Föreläsaren visade visioner om tätbebyggelser där större och mindre ytor var täckta av semitransparenta solpaneler som förutom att generera (och på något sätt spara) el även gav skugga. I panelen fanns inbyggda LED som kunde ge svagt ljus, utan batterier. Samma ytor som under dagen behöver skugga kan med fördel belysas svagt under natten, t.ex. busshållplatser.

Se <http://sharp-world.com/solar/index.html>.

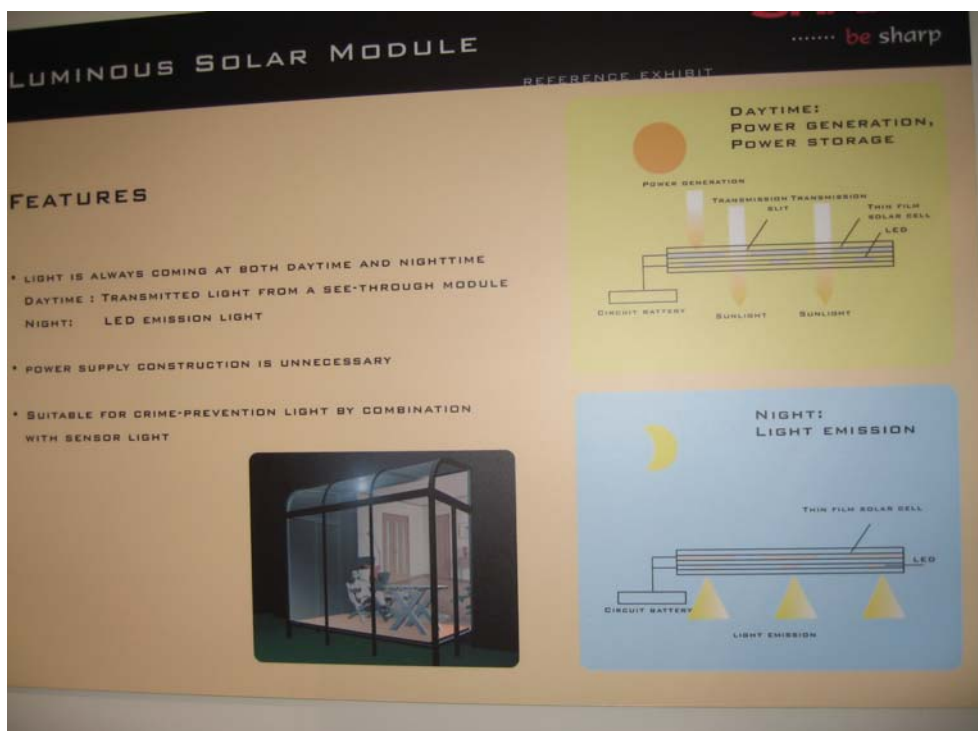


Fig. 5. Självlysande solpaneler med LED.

### **2.1.3 Tunnfilmceller av CIGS, CdTe och CIS**

Många konferensbidrag i fyra sessioner à 6 presentationer handlade om tillverkningsteknik för dessa celler, givetvis på djup och snäv nivå, för att erhålla högre verkningsgrad. En av idéerna var "bifacial cells" av CIGS. Flera presentationer handlade om Cadmium-fria celler. Två företag, Würth Solar och Shell Solar, visade paneler av CIGS-celler ( $\text{Cu-In-Ga-Se}_2$ ). Dessa paneler har funnits på marknaden redan i några år.

(Anm: I Sverige bedrivs FoU av CIGS vid Ångströmlaboratoriet, Uppsala Universitet, som också hade ett antal presentationer, t.ex. "Reproducibility of CIGS Based Solar Cells with ALD  $\text{ZnO}_{1-x}\text{S}_x$  Buffer layers" samt posters "Long Term Stability in  $\text{Cu(In,Ga)Se}_2$  Solar Cells with Different Buffer Materials", "Determination of Light Scattering Properties of  $\text{Cu(In,Ga)Se}_2$  Films for Solar Cells", "Persistent Capture and Release of Electrons in CIGSe Solar Cells". Avknoppningsföretaget Solibru har startat prototyp tillverkning av CIGS paneler.)

Endast några enstaka föredrag och posters handlade om CdTe-celler, och inga paneler visades på utställningen.

En ny produkt var CIS-celler av Cu-In-S, en modulprototyp visades på utställningen. Verkningsgraden var 6%, och när den utvecklats till 8-9% skulle produkten kommersialiseras.

### 2.1.4 Nya halvledarmaterial

Martin Green från Univ. of New South Wales, Australien, presenterade forskning kring "All Tandem Cells Based on "Artificial" Semiconductor Synthesised Using Silicon Quantum Dots in a Dielectric Matrix". (Detta var förresten konferensens inledningspresentation.) Basen utgörs av en tandemcell bestående av en matris av  $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiC}$  i kombination med fritt valt  $\text{SiO}_x/\text{Si}_y\text{N}_x\text{SiC}_x$ , där x bestämmer bandgapet. Sedan formades en stack bestående av 5-6 tandemceller. Toppcellen ska ha bandgapet 1.7 eV om stacken har två tandemceller, och bandgapet 2.3 eV om stacken har fem tandemceller. År 2020 förväntas denna matriscell kunna tillverkas med en verkningsgrad på 25%.

**Paths to Ultra-High Efficiency Solar Cells**  
 Christiana B. Honsberg and Allen M. Barnett  
 Department of Electrical and Computer Engineering  
 University of Delaware, Newark, DE, 19716

**Motivation**

- While there are multiple device approaches to exceed the one-junction solar cell efficiency limit – e.g., intermediate band, impact ionization, thermophotonics, quantum well solar cells, etc. – they can be grouped into one of five broad categories based on which assumption in one-junction detailed balance/thermodynamic calculations (Shockley-Queisser limit) each approach circumvents.
- When using realistic values for the relevant physical processes, the efficiency limit of new solar cell approaches is close to that of a 3-junction tandem, such that ultra-high efficiency solar cells require either hybrid structures or multiple stacks of solar cells.

Assumption in Shockley-Queisser	Approach which circumvents assumption	Examples
Input is solar spectrum	<b>Multiple spectrum solar cells:</b> take the input spectrum and transform to one with same energy but narrower wavelength range	Up/down conversion Thermophotonics
One photon = one electron-hole pair	<b>Multiple absorption path solar cells:</b> any absorption path in which one photon $\neq$ one-electron hole pair	Impact ionization Two-photon absorption
One quasi-Fermi level separation	<b>Multiple energy level solar cells:</b> Existence of multiple meta-stable light-generated carrier populations within a single device	Intermediate band Quantum well solar cells
Constant temperature = cell temperature = carrier temperature	<b>Multiple temperature solar cells.</b> Any device in which energy is extracted from a difference in carrier or lattice temperatures	Hot carrier solar cells
Steady state (= equilibrium)	<b>AC solar cells:</b> Rectification of electromagnetic wave.	Rectenna solar cells

**Multiple Spectrum**

- Relies on optical processes – electrical transport not required
- Can use existing solar cells.
- Key demonstration required: efficient optical conversion.

**Multiple Absorption Path**

- High rates of impact ionization demonstrated in QD devices, with threshold energy =  $3E_g$ .
- Key demonstration required: transport of carriers.
- Efficient conversion for high energy photons.

**Multiple Energy Level**

- Two implementations, differentiated by transport: mini-bands (intermediate band solar cell) and localized energy levels.
- Key demonstrations required: (1) simultaneous radiative coupling between all energy bands; (2) Transport of carriers.
- Intraband absorption demonstrated for low energy photons.

Fig. 6. Poster som kort beskriver nya material för solceller.

Dr. Greens f.d. doktorand Christiana Hornsberg hade en poster om material för olika vägar till ultrahöga verkningsgrader på solceller. För enkelhets skull visas ett fotografi av postern, se Fig. 6. Exempel på idéer är material där a) en foton genererar mer än ett elektron-hål-par b) flera tillåtna meta-stabila energiband tillåts i bandgapet, vilket minskar risken för rekombination.

För övrigt rekommenderas "Next Generation Photovoltaic Technologies in the United States" av Bob McConnell som visar en sammanställning av forskning i USA och som kan laddas hem från [www.nrel.gov/docs/fy04osti/35347.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35347.pdf)

### 2.1.5 Organiska celler

Forskning på de s.k. Grätzel-cellerna har presenterats i olika fora i minst 10 år nu, förmodligen mer. Tre papers presenterades; "Recent Advances in Dye Sensitized Solar Cells" där Prof. Grätzel var medförfattare; och "Towards Manufacturing Dye Solar Cells" samt "Incorporating a Secondary Electrode in the Dye Solar Cell", båda från Fraunhoferinstitutet. Tre posters om studier och tillverkning av Dye Sensitized Solar Cells presenterades.

ECN, Energy Research Center of the Netherlands, visade i sin utställning en linje för semi-automatisk tillverkning av  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  celler med verkningsgrad 8.2% (=världsrekord).

Polymerceller kommer också mer och mer och spås bli framtidens solcells-material, flera konferensbidrag presenterades av bl.a. ECN. Ledande polymerer har lovande karaktäristik, och "plastsolcellerna" har visat allt bättre verkningsgrad, ligger nu på ca 2%. Se [www.ecn.nl](http://www.ecn.nl) för konferensbidrag och en utmärkt beskrivning av polymercellens funktion. (Anm: I Sverige bedrivs forskning vid universiteten i Linköping och Lund.)

### 2.1.6 Återvinning av solceller

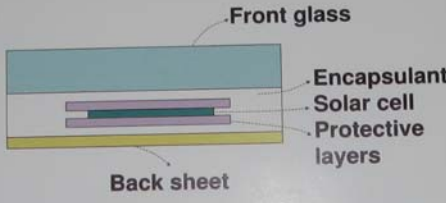
"Recycling" av solceller var ett nytt koncept, ett föredrag och två posters handlade om detta. Brookhaven National Laboratory, USA, föreläste om hur utspädd svavelsyra och väteperoxid kan användas till att extrahera och separera Cd, Te och Cu från CdTe PVmoduler. En något mer koncentrerad lösning av  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$  användes till att separera Se, In, Cu och Zn från CIGS moduler. Jonbytande harts användes till att separera Cd och Cu från Te ur syralösningen, Cd kunde separeras till 99.99%. Samma metod användes till separera Se från andra ämnen i lösningen från CIGSmodulerna, detta behöver dock optimeras ytterligare.

De spanska företagen Isofoton och GAIKER visade hur solpaneler av kristallint kisel kan konstrueras så solcellen blir återvinningsbar, "Design and Construction of Recyclable PV Modules with Similar Efficiency and Stability than Standard PV Modules". Fig. 7 visar fotografier tagna av postern. Tidigare försök med PET

och PMMA som skyddande toppfilm gjorde att kortslutningsströmmen  $I_{SC}$  i modulen minskade med över 10%, även om återvinning av cellerna var möjlig. Om kiselfilm används som skyddande topplager sjunker  $I_{SC}$  med 2%.

### design of recyclable modules

**Previous recyclable module designs:**



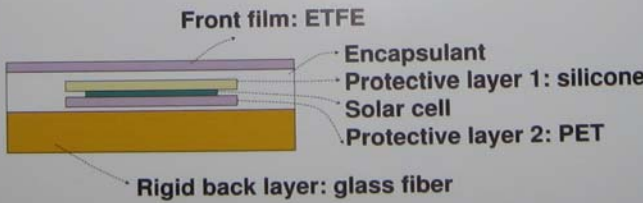
If protective layers are built of films such as **PET or PMMA**, disassembly is straightforward but short-circuit current of the module goes down by over 10%.

If protective layers are made of **silicone**, short-circuit current is kept within 2% but the disassembly is complicated and could have a high rate of cell breakage.

**New design proposed:**


No film (only a silicone layer) is placed on the front side of the cell and hence there is no high loss of output current.

Disassembly is straightforward as separation film is placed on the rigid side of the module




### module disassembly


- 1



The front film and front layer of the encapsulant can be directly peeled off (applying soft heat if necessary)
- 2



A cut is performed in the perimeter of the back protective layer to separate the cell from the remaining encapsulant
- 3



The cell can now be simply picked off from the module

Fig. 7. Återvinning av solceller.

Isofoton hade en poster tillsammans med Deutsche Solar AG som visar deras undersökning av hur ett stort antal återanvända celler fungerar i tillverkningen av nya moduler. Det visade sig att de elektriska egenskaperna för återvunna celler var inom samma standard som för nya celler. Ganska många celler gick emellertid sönder i vissa steg av modultillverkningen, mest på grund av den låga tjockleken av cellen och förmodad tidigare skada på en del kiselskivor. Båda orsakerna är inte direkt kopplade till återvinningsprocessen. Justeringar i återvinnings- och sorteringsprocessen kommer att ytterligare förbättra slutresultatet.

## 2.2 PV och värme

Samtidig generering av el och värme är en gammal idé, några metoder beskrivs kort nedan. Koncentratorer har också funnits länge för både solpaneler och solfångare. Eftersom bara direkt ljus, dvs. parallella strålar, kan koncentreras så kombineras oftast koncentratorn med en- eller tvåaxlad solföljningsanordning. Det kunde noteras att den gamla beprövade Fresnel-linsen fortfarande används i stor utsträckning.

### 2.2.1 PVT



*Fig.8. Demonstration av baksidan av en PVT modul. Kopparrören på kopparplåten syns bakom den uppsågade isoleringsskivan.*



PVT (PhotoVoltaic/Thermal) innebär att solcellerna monteras så att de kan vattenkylas. Det är en fördel eftersom verkningsgraden sjunker vid uppvärmning. Kylvattnet används därefter på samma sätt som för solfångare. Fig. 8 visar baksidan av en PVT modul. Modulen liknar en konventionell solfångare fast med solceller istället för absorbatörer på framsidan. Solcellerna är monterade på kopparrplåt med kopparrör fastsatta för vattenkylningen, och isolering på baksidan. Företaget ECN demonstrerade forskning och utveckling av PVT.

The Australian National University, Canberra, presenterade en beskrivning av ett takmonterat 40 kW PVT-koncentrator-system som ska färdigställas i slutet av 2005. Systemet består av åtta stycken 24 m långa solfångare på enkelaxlad solföljare, koncentratorn utgjordes av reflekterande paraboliska tråg. Huset består av 90 lägenheter och PVT-systemet beräknas kunna förse dessa med varmvatten och 25% av rumsvärmen, samt 30% av elektriciteten.  
(Anm: I Sverige bedrivs FoU på PVT vid Lunds universitet.)

### 2.2.2 TPV

ThermoPhotoVoltaics, TPV, har egna konferenser, och vid denna PV-konferens kunde två presentationer hittas. TPV skiljer sig från PV genom att TPV-celler har lägre bandgap och genererar el när strålningen är mer långvågig än solstrålning, t.ex. värmestrålning från förbränning. Se Fig. 9, ett fotografi av en poster som visar principen.

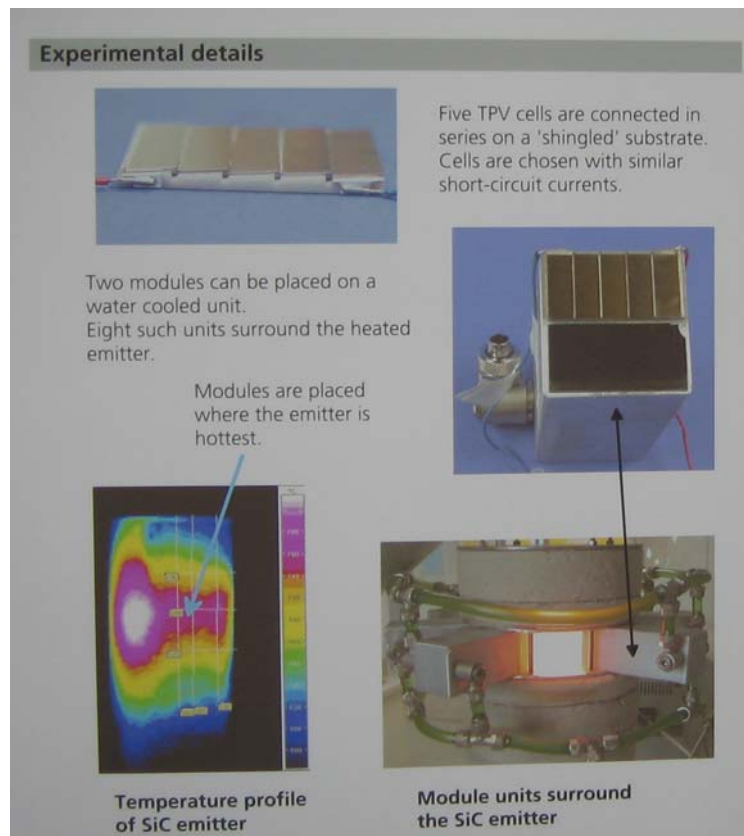


Fig. 9. Del av poster som visar principen för TPV

Bilden ovan är en del av en poster som presenterades av Fraunhoferinstitutet. Med en volframemitter på 1500K beräknas cellverkningsgraden till 15% när cellen är kyld till 27°C. En gråkroppsstrålande emitter av SiC användes i systemmätningar, och genom att mäta bränsleflödet uppskattades elverkningsgraden i hela systemet till 0.67%.

Slava Andreev från Ioffe Inst. i St. Petersburg redogjorde över studier av SolarTPV, ett system med solföljare, solkoncentratorer, emitter och TPV-moduler, se Fig.10. Primära koncentratorn är en Fresnel-lins och den sekundära är en kvartzlins, vilket ger över 7000x.

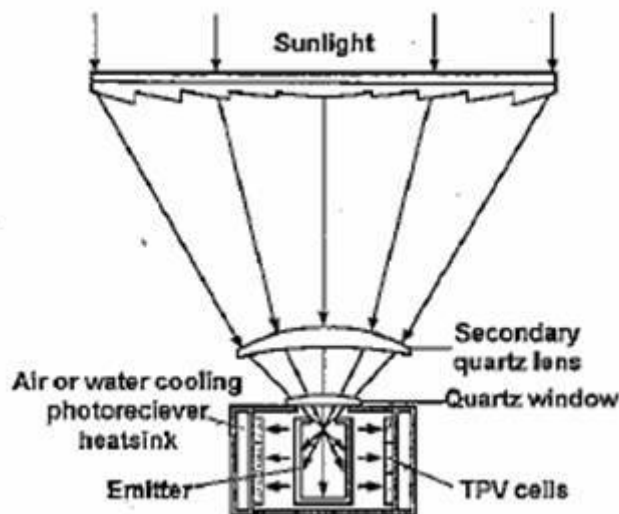


Fig. 10. Principen för STPV.

Flera typer av STPV-moduler har utvecklats och testats. Så hög temperatur som 2000K har uppmätts i vacuum i en emitter av volfram/tantal på 12 mm diameter och höjd. TPV-cellen var av GaSb,  $4.5 \text{ A/cm}^2$  och cellverkningsgrad 19% uppmättes. Analys av ingående parametrar visar att verkningsgraden för STPV kan överstiga 30% vid; - införande av selektivt filter för bättre anpassning av emittertemperatur och cell-bandgap; - förbättring av emitterns strålningselektivitet; - applikation av celler med baksidesreflektor som reflekterar fotoner med för låg energi; - utvecklande av tandemceller. (Anm: I Sverige bedrivs FoU på TPV vid Högskolan Dalarna och Mälardalens Högskola i ett samarbetsprojekt.)

## 2.3 Solföljare och koncentratorer

Flera produkter som tidigare presenterats på konferenser har nu kommersialiserats. Fresnellinser i solföljande system var som sagt vanligt, särskilt cirkulära Fresnellinser. Nedan visas fotografier på ett urval från utställningen.



*Fig. 11. Baksidan av solpanelen på Fig. 3, monterad på tvåaxlad solföljare.*

Fig. 11 är från BIOHAUS' monter, och visar baksidan av panelen från Fig. 3, en tvåaxlad solföljare för relativt små paneler. Jämför med fotografiet på sidan Sammanfattning, som också visar en tvåaxlad solföljare för betydligt större moduler.

Fig. 12 visar en enkelaxlad solföljare med boosterspeglar, även denna för relativt små solpaneler.

Figs. 13 och 14 visar ytterligare en version av hur Fresnellinser kan användas till att koncentrera solljuset på en liten cellyta och därigenom höja verkningsgraden. Solföljaren på golvet, Fig. 14, är enaxlad och monterad på en roterbar platta. Modulen är av tandemceller och verkningsgraden är 28%. Se [www.sol3g.com](http://www.sol3g.com)



Fig- 12. Enaxlad solföljare med boosterspeglar.


WITH TWO-AXIS SUN-TRACKING SYSTEM ..... be sharp

**FEATURES**

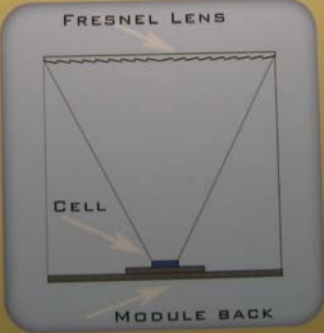
- USES THE CHARACTERISTICS OF HIGH CONVERSION EFFICIENCY IN III - V COMPOUND OF PV MODULE.
- HIGH CONVERSION EFFICIENCY CAN BE ACHIEVED THROUGH HIGH LIGHT-CONCENTRATION (TARGET: CELL EFFICIENCY > 40%\*)

\*UNDER 500 SUNS

**STRUCTURE**



TRIPLE-JUNCTION  
SOLAR CELL  
7x7 MM



FRESNEL LENS

CELL

MODULE BACK


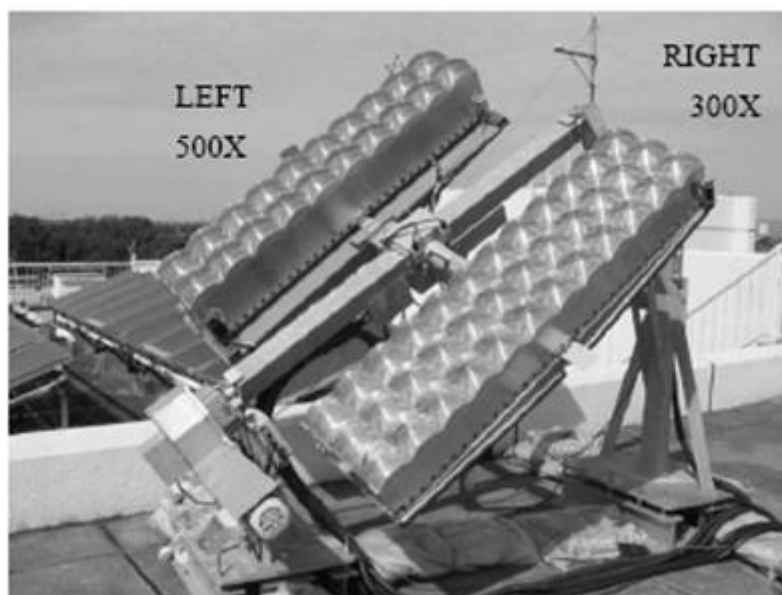


Fig. 13. Tvåaxlad solföljare med Fresnellinser, från Sharp.



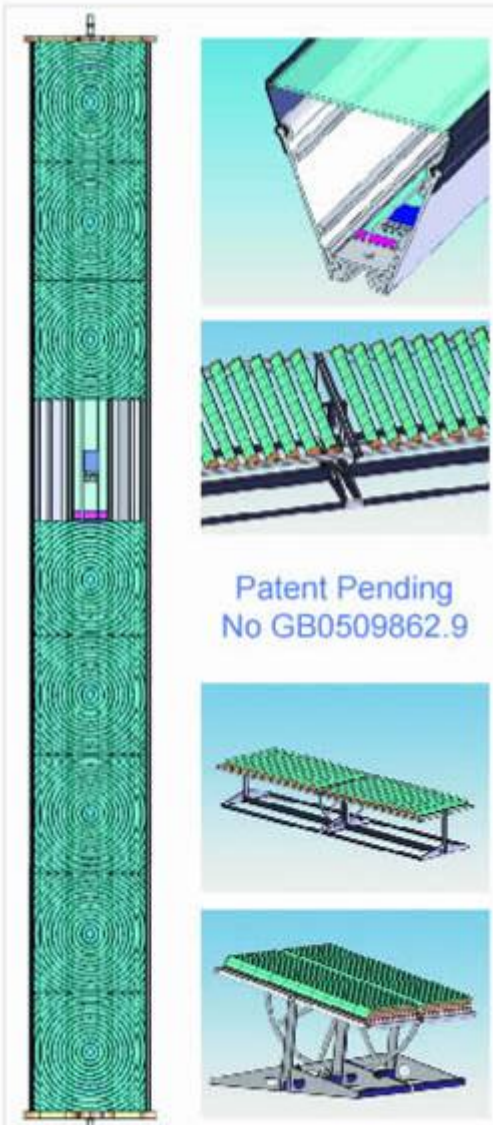
*Fig. 14. Tvåaxlad solföljare med reflekterande strutar.*

En fältstudie utförd av Toyohashi Univ., Japan, av ett koncentrerande PV-system med kupolformade Fresnellinser presenterades, se Fig. 15. PV-cellerna var av InGaP/InGaAs/Ge och "trippel-junction". Systemet var försett med två-axlad solföljare. Var 20:de sekund mättes kortslutningsström, tomgångsspänning, effekt, modultemperatur, direkt solstrålning och övriga väderdata. Mätresultaten jämfördes med ett konventionellt PV-system med moduler av polykristallint kisel. Mätningarna visade bl.a. att verkningsgraden för det koncentrerande systemet var 27% och genererad energi per modulytenhet var 1.59 gånger större än för det konventionella systemet.



*Fig. 15. 500X koncentrerande PV-system med kupolformade Fresnellinser*

Whitfield Solar, avknoppningsföretag till Univ. of Reading, visade ett trågformat två-axlat system speciellt lämpat för att användas på tak. Modulär design, upp till 100kW. Se Fig. 16 och [www.whitfieldsolar.com](http://www.whitfieldsolar.com).



Patent Pending  
No GB0509862.9

### Whitfield Low Cost Photovoltaic Concentrator

**Materials**

- PMMA Fresnel lens parquet
- Stainless Steel base frame
- Extruded aluminium troughs
- Aluminium top-frame

**Configuration (1 unit)**

- 24 x 1m troughs per unit in series
- Footprint 4.10 x 0.98m
- Concentration 40 x Geometric
- End stops N/S + E/W

**Tracking**

- Intelligent 2 Axis Tracking to 0.1 degrees
- Individual Controllers for each unit
- Power saving sleep function
- Multi-speed movement
- Logarithmic response

**Electrical Performance**

Current	2006	2007
160Voc	Expected Values	Expected Values
140Vpp	Expected Values	Expected Values
2A Isc	Expected Values	Expected Values
250Wp	300Wp	350Wp

Fig.16. Utdrag från broschyr om Whitfield Solar PV Concentrator.

Det tyska företaget DEGERenergie Tracking Systems, som hade en stor monter på utställningen, har specialiserat sig på solföljare och visade bilder på många olika storlekar och tillämpningar. Se [www.degerenergie.de](http://www.degerenergie.de). En konkurrent var WATSUN Solar Trackers, se [www.ingecon.net](http://www.ingecon.net)

## 2.4 Batterier

Inte mycket på konferensen handlade om batterier. Ett franskt universitet hade en poster om att mäta "State of charge" och "State of health" på blybatterier. Ett föredrag handlade om "Litium-ion-batteries in stand-alone systems". Endast en monter fanns på utställningen, företaget Saft visade Nickel-metall-hydrid batterier på 100Ah 12V och 20Ah 6V, samt Ni-Cd-batterier i många varianter. Se [www.saftbatteries.com](http://www.saftbatteries.com). Även ett "rack-mount" litium-jon batterisystem visades, från 24V till 720V, med brett användningsområde för stationära system och telecom-applicationer.

## 2.5 Inverterare och övriga komponenter

Sunny Boy är stora på marknaden och har en informativ och utförlig produktkatalog över inverterare i olika storlekar och systemlösningar, inklusive olika metoder och tillbehör för visualisering och monitoring. Se [www.sma.de](http://www.sma.de).

Stora på marknaden för inverterare med tillbehör är också Mastervolt, se [www.mastervolt.com](http://www.mastervolt.com)

Sunways marknadsför förutom inverterare även mono- och polykristallina solceller, se [www.sunways.de](http://www.sunways.de). Där finns också länkar med partners som saluför t.ex. regulatorer.

Sustainable Energy Technologies marknadsför sig som "The low voltage leader" vilket innebär att modulerna parallellkopplas så att sammanlagda spänningen till inverteraren blir låg, och systemet mindre känsligt för tillfällig partiell skuggning. Se [www.sustainableenergy.com](http://www.sustainableenergy.com).

För två andra mindre aktörer, se [www.xantrex.com](http://www.xantrex.com) och [www.exendis.com](http://www.exendis.com).

## **SERC REPORTS**

SERC/UCFB-84/0001

### **PROGRESS REPORT 1984-85**

8 pages. November 1984

SERC/UCFB-85/0002

Arne Broman and Lars Broman

### **A SUN CELL CORNET UNFOLDED**

15 pages. June 1985

SERC/UCFB-86/0003

Arne Broman and Lars Broman

### **A PARABOLOID REFLECTOR APPROXIMATED BY SIMPLE SURFACES**

9 pages. November 1985

SERC/UCFB-86/0004

### **PROGRESS REPORT**

9 pages. December 1986

SERC/UCFB-87/0005

Lars Broman and Svante Nordlander

### **NEW SWEDISH SIMULATION AND DESIGN TOOL FOR SOLAR HEATING SYSTEMS**

In Swedish with abstract in English

43 pages. April 1987

SERC/UCFB-87/0006

### **SERC RESEARCH PROGRAM 1987-1990**

In Swedish with abstract in English

20 pages. April 1987

SERC/UCFB-87/0007

Lars Broman

### **SOLAR ENERGY IN THE GAMBIA**

In Swedish with abstract in English

13 pages. May 1987

SERC/UCFB-87/0008

Mats Rönnelid

### **SOLAR ENERGY IN KARAGWE, REPORT FROM A STUDY TOUR IN TANZANIA IN JULY 1987**

In Swedish with a summary in English.

27 pages. August 1987

SERC/UCFB-87/0009  
Eric Båve och Lars Broman

### **SERVICE NEEDS AND OPERATION EXPERIENCES OF SOLAR COLLECTORS IN SMALL HOUSES**

#### **A PRELIMINARY STUDY**

In Swedish with summary in English

20 pages. October 1987

SERC/UCFB-87/0010

Lars Broman, Svante Nordlander

and Mats Rönnelid

### **SOLAR CORNETS FOR CONCENTRATION OF SUNLIGHT ONTO SOLARCELLS**

In Swedish. 4 appendices and abstract in English.

21 pages (app. 23 pages) December 1987

SERC/UCFB-88/0011

Annette Henning

### **ENERGY EFFICIENT WOODFUEL STOVES - WHERE TO FIND INFORMATION**

17 pages. April 1988



**(ISSN 0284 - 1568)**

SERC/UCFB-88/0012

Lars Broman and Arne Broman

**RAPPORT FRÅN/REPORT FROM INTERNATIONAL CONFERENCE APPLIED OPTICS IN SOLAR ENERGY**

**PRAG/PRAGUE JULY 7-9 1987**

In Swedish with abstract in English

14 pages. April 1988

SERC/UCFB-88/0013

Lars Broman, Kent Börjesson, Svante Nordlander and Mats Rönnelid

**RAPPORT FRÅN/REPORT FROM**

**ISES SOLAR WORLD CONGRESS**

**HAMBURG SEPTEMBER 13-18 1987**

In Swedish with abstract in English

28 pages. May 1988

SERC/UCFB-88/0014

Olle Eriksson, Karin Widegren,

Hans E.B. Andersson, Göran Hultmark, Per Isaksson and Arne Kaiser

**SOLENERGINS FRAMTID I SVERIGE - SOLENERGISEMINARIUM I BORLÄNGE 26/8 1988**

In Swedish

62 pages. August 1988

SERC/UCFB-88/0015

Aadu Ott, Lars Broman, R.L. Datta, Lars Kristoferson, Varis Bokalders, Folke Pettersson and A.A.M Sayigh

**SOLAR ENERGY FOR DEVELOPING COUNTRIES - SOLAR ENERGY SEMINAR IN**

**BORLÄNGE AUGUST 27 1988**

42 pages. August 1988

SERC/UCFB-88/0016

Jan -Olov Dalenbäck, Weine Josefsson, Claes-Göran Grankvist, Björn Karlsson, Bo Nordell and Dag Sigurdh

**SOLENERGI TEKNIK - SOLENERGISEMINARIUM I BORLÄNGE 28/8 1988**

In Swedish

66 pages. August 1988

SERC/UCFB-88/0017

Lars Broman, Eduardo Figueroa,

Per Isaksson, Svante Nordlander

and Mats Rönnelid

**WORKSHOP ON PRESIM**

**A GRAPHICAL PREPROCESSOR**

**FOR MODULAR SIMULATION PROGRAMS E. G. TRNSYS**

50 pages. August 1988

SERC/UCFB-88/0018

A.A.M Sayigh

**SOLAR ENERGY ACTIVITIES IN THE ARAB WORLD**

Solar energy in developing countries - Solar energy seminar in Borlange August 27 1988

58 pages. October 1988

SERC/UCFB-88/0019

Ewa Wäckelgård and Lars Broman

with appendix by Eva Lindberg

**REFLECTION PROPERTIES OF UNCOATED AND COATED METAL SURFACES - A LITERATURE STUDY**

In Swedish

58 pages. October 1988

SERC/UCFB-89/0020

**PROGRESS REPORT 1988-89**

29 pages. January 1989

SERC/UCFB-89/0021

Lars Dahlgren, Kent Börjesson  
and Lars Broman

**SOLAR MEASUREMENT STATION IN BORLÄNGE**

In Swedish

21 pages. (appendix 36 pages)

March 1989

SERC/UCFB-89/0022

Lars Broman

**SOLAR ENERGY IN IRAQ, INDIA AND LIBYA.**

**SHORT REPORTS FROM CONFERENCES AND STUDY TRAVEL 1988**

In Swedish with abstract in English

32 pages. March 1989

SERC/UCFB-89/0023

Lars Broman

**ON A POSSIBLE INTERNATIONAL NETWORK FOR SOLAR ENERGY EDUCATION**

6 pages. August 1989

SERC/UCFB-89/0024

Ingvar Engqvist, Gunnar Wilson, Bengt Grellsgård, Per Isaksson, Torbjörn Jilar and Björn Karlsson

**SOLVÄRME I FJÄRRVÄRME OCH GRUPPCENTRALER**

In Swedish

55 pages. August 1989

SERC/UCFB-89/0025

Betty Binder, Torben Espensen,  
Mikael Rantil, Göran Hultmark,  
Christer Nordström and Eric Båve

**SOLVÄRME I BEBYGGELSE**

In Swedish

47 pages. August 1989

SERC/UCFB-89/0026

Lars Kristoferson, H.P. Garg, Torben Espensen, Stig Carlsson and Lars Broman

**SOLAR ENERGY IN DEVELOPING COUNTRIES- NEW PERSPECTIVES AND EXPERIENCES**

66 pages. August 1989

SERC/UCFB-89/0027

Lars Broman and Eva Lindberg

**REFLECTION LOSSES FROM CYLINDRICAL CONCAVE ABSORBER GLAZINGS AND PV  
MODULE SURFACES**

27 pages. November 1989

HFB-SERC --28--SE

Kent Börjesson

**MIKROELEKTRIFIERING I GAMBIA RESEBERÄTTELSE**

**14-29/11 1988**

**MIKROELECTRIFICATION IN THE GAMBIA**

In Swedish with appendix in English

13 pages. December 1989

HFB-SERC --29--SE

**PROGRESS REPORT 1990**

56 pages. January 1990

HFB-SERC --30--SE

Eva Lindberg

**SOLAR ENERGY IN CZECHOSLOVAKIA**

25 pages. January 1990

HFB-SERC --31--SE

Lars Broman and Göran Eriksson  
**SOLAR ENERGY IN ASIA, REPORTS FROM ISES SOLAR WORLD CONGRESS IN KOBE, JAPAN, SEPTEMBER 1989 AND FROM STUDY VISITS IN INDIA AND PAKISTAN**  
35 pages. February 1990

HFB-SERC --32--SE  
Red Göran Eriksson, Sigge Niwong  
**SOLAR ELECTRICITY FOR DEVELOPING COUNTRIES**  
In Swedish and English  
May 1990

HFB-SERC --33--SE  
Red Göran Eriksson  
**KOMMUNAL SOLVÄRME**  
In Swedish and English  
35 pages. May 1990

HFB-SERC --34--SE  
Eva Lindberg  
**SOLAR POSITION DIAGRAM**  
In Swedish and English  
14 pages. May 1990

HFB-SERC --35--SE  
Eric Båve et al.  
**MILJÖ OCH ENERGI I ÖSTEUROPA MED EXEMPEL FRÅN JUGOSLAVIEN OCH POLEN**  
In Swedish, English and German  
75 pages. December 1990

HFB-SERC --36--SE  
Kjell Gustafsson, Annette Henning and Sigge Niwong  
**SMALL SCALE UTILIZATION OF RENEWABLE SOURCES OF ENERGY**  
39 pages. January 1991

HFB-SERC --37--SE  
Kjell Gustafsson, Jan-Olof Dalenbäck, Ivar Franzén, Olov Olsson and Björn Sellberg  
**SOLENERGIDAG 17 JUNI 1991**  
37 pages. June 1991

### **(ISSN 1103 - 1816)**

HFB-SERC --38--SE  
Mats Rönnelid  
**GRUNDLÄGGANDE FÖRUT-SÄTTNINGAR FÖR SOLFÅNGARE MED INTERNA REFLEKTORER - EN KUNSKAPSÖVERSIKT**  
74 pages. July 1991

HFB-SERC --39--SE  
Klaus Lorentz and Lars Broman  
**SYSTEMATISK UNDERSÖKNING AV VILLASYSTEM FÖR SOLVÄRME- DELRAPPORT FRÅN ETT PÅGÅENDE PROJEKT**  
38 pages. 2 appendices of 16 pages. November 1991

HFB-SERC --40--SE  
Mats Rönnelid  
**RAPPORT FRÅN EN STUDIERESA TILL PORTUGAL 26/11-1/12 1991**  
12 pages. December 1991

HFB-SERC --41--SE  
**SERC PROGRESS RAPPORT 1991-92**  
In Swedish and English  
26 pages. May 1992

HFB-SERC --42--SE

Klaus Lorentz

**RAPPORT FRÅN/REPORT FROM IEA TASK-14 MÖTET/MEETING ON SOLAR HEATING SYSTEM, HAMELN TYSKLAND/GERMANY AUGUST 1992**

In Swedish and English

40 pages. August 1992

HFB-SERC --43--SE

Karl-Ivar Ehnström and Vadim Tsoi

**LUFTSOLFÅNGARES TERMISKA PRESTANDA**

March 1993

HFB-SERC --44--SE

**SERCS FORSKNINGSPROGRAM: VERKSAMHETSBERÄTTELSE 92/93 VERKSAMHETSPLAN 93/94**

In Swedish

56 pages. April 1993

HFB-SERC --45--SE

Chris Bales

**RENEWABLE ENERGY EDUCATION: REPORT FROM A FIELD TRIP TO MELBOURNE, AUSTRALIA, AND SHORT VISITS TO INDIA AND NEW ZEALAND DURING NOV/DEC 1992**

38 pages. June 1993

HFB-SERC --46--SE

Klaus Lorentz

**REPORT ON IEA TASK-14 ACTIVITIES ON SOLAR COLLECTOR SYSTEMS CONFERENCE IN ROME, 25-29 JAN. 1993**

In Swedish w. Abstract and Appendices in English

26 pages. June 1993

HFB-SERC --47--SE

Lars Broman and Jörgen Marks

**TPV AT RNEL - REPORT FROM A VISIT TO NATIONAL RENEWABLE ENERGY LAB. GOLDEN, COLORADO, USA 28-29 OCT. 1993**

In English

6 pages. November 1993

HFB-SERC --48--SE

Klaus Lorentz, Chris Bales, Kent Börjesson and Lars Broman

**VILLASYSTEM FÖR SOLVÄRME**

In Swedish

82 pages. December 1993

HFB-SERC --49--SE

**SERCS FORSKNINGSPROGRAM: VEKSAMHETSBERÄTTELSE 1993/94 VERKSAMHETSPLAN 1994/95**

In Swedish

15 pages. May 1994

HFB-SERC --50--SE

Eva Lindberg and Lars Broman

**A COMPUTER STUDY OF THE IMPROVEMENT OF PV PANEL MONTHLY OUTPUTS WHEN THE PANEL AZIMUTH IS CHANGED THRICE DAILY**

In English.

10 pages. June 1994

HFB-SERC --51--SE

Klaus Lorenz, Chris Bales and Kent Börjesson

**PROVNING AV ACKUMULATORSYSTEM FÖR SOLVÄRME-ANLÄGGNINGAR**

In Swedish.

100 pages. June 1995

DU-SERC--52--SE  
Lars Broman and Arne Broman  
**PARABOLIC DISH REFLECTORS FOR SOLAR APPLICATIONS APPROXIMATED BY SIMPLE SURFACES**  
In English  
18 pages. June 1996

DU-SERC--53--SE  
Mats Rönnelid  
**SOLCELLSPANELER MED UNDERLIGGANDE TILLSATS-REFLEKTORER FÖR SVENSKT KLIMAT**  
In Swedish  
34 pages. June 1996

DU-SERC--54--SE  
Annette Henning  
**SOCIALANTROPOLOGISKA TEORIER APPLICERBARA PÅ SOLENERGITEKNIK, DEL 1, FÖREMÅLS FÖRÄNDERLIGA KULTURELLA VÄRDE**  
In Swedish  
70 pages. September 1996

DU-SERC--55--SE  
Annette Henning  
**SOCIALANTROPOLOGISKA TEORIER APPLICERBARA PÅ SOLENERGITEKNIK, DEL 2, DISKUSSION AV MIKRO- OCH MAKROPERSPEKTIV**  
In Swedish  
27 pages. September 1996

DU-SERC--56--SE  
Tomas Persson, Klaus Lorenz och Chris Bales  
**PROVNING AV TAPPVATTEN-AUTOMATER KOPPLADE TILL ACKUMULATORTANK**  
In Swedish  
46 pages plus app. October 1996

DU-SERC--57--SE  
Red. Jill Gertzén and Kjell Gustafsson  
**SEMINARIUM OM EU-PROJEKTET UTVECKLING AV ETT NÄTVERK AV BRUNT LANDSTÄDER. VASSBO, 30 SEPTEMBER 1996**  
In Swedish  
34 pages. October 1996.

DU-SERC--58--SE  
Inga Michaeli  
**AGENDA 21 - EN PROCESS INFÖR DET 21:ÅRHUNDRADET. TANKAR KRING ETT FORSKNINGS-PROGRAM INOM EKOS**  
In Swedish  
19 pages. December 1996.

**(ISSN 1401 - 7555)**

DU-SERC--59--SE  
Lars Broman  
**ÅRSREDOGÖRELSE FÖR 18 MÅNADER 1995/96 FÖR FOU-VERKSAMHET INOM FORSKNINGSENHETEN EKOLOGI OCH SAMHÄLLE EKOS.**  
In Swedish. 25 pages. February 1997.

DU-SERC--60--SE  
Lars Broman, Chris Bales, Eva Lindberg, Klaus Lorenz and Mats Rönnelid  
**RAPPORT RAMPROGRAM SOLFÅNGARUTVECKLING OCH SYSTEMTEKNIK FOU 1993-96, PROJEKTNR 930391-05  
SAMT FÖRSLAG TILL RAMPROGRAM SOLFÅNGAR-UTVECKLING OCH SYSTEMATIK FOU 1997-99**  
In Swedish. 41 pages. March 1997.

DU-SERC--61--SE

J. Dahm, C. Bales, K. Lorenz and J-O. Dalenbäck

**SIX-DAY SYSTEM TEST AND COMPONENT TEST AND SYSTEM SIMULATION FOR COMBITANKS WITH INTERNAL HEAT EXCHANGERS**

In English. 24 pages. June 1997.

DU-SERC--62--SE

Eva Lindberg

**GEOMETRIES FOR ENHANCING THE OUTPUT FROM PV CELLS**

In English. 160 pages. Dec 1997.

DU-SERC--63--SE

Sigvard Gertzén

**BORLÄNGE OCH FALUN BRUNDTLAND STÄDER**

In Swedish

24 pages. December 1998

DU-SERC--64--SE

Sigvard Gertzén

**BORLÄNGE AND FALUN BRUNDTLAND CITIES**

In English

24 pages. December 1998

DU-SERC--65--SE

Tomas Persson and Klaus Lorenz

**UTVÄRDERING AV**

**TRÄSLOTTETS EKOLOGISKA KOLONISTUGA I ARBRÅ**

In Swedish

26 pages. December 1999

DU-SERC--66--SE

Svante Nordlander

**RAMPROGRAM SOLFÅNGARUTVECKLING OCH SYSTEMATIK FoU 1997-1999 Slutrapport**

**BFR projekt 19960605**

In Swedish

14 pages. December 1999

DU-SERC--67--SE

Tomas Persson

**LÅGTEMPERATUR-VÄRMESYSTEM – EN KUNSKAPSÖVERSIKT**

In Swedish

103 pages. November 2000

DU-SERC--68--SE

Chris Bales

**COMBITST-PROGRAM MANUAL**

In English. 38 pages. December 2000

DU-SERC--69--SE

Annette Henning

**POPULISERING OCH SPRIDNING AV FORSKNINGSRISULTAT**

In Swedish

66 pages, incl. app. December 2000

DU-SERC--70--SE

Jörgen Marks, Jan Erik Mattsson och Svante Nordlander

**MALNING AV PELLETS OCH DOSERING AV PULVER TILL PULVERBRÄNNARE**

In Swedish

13 pages, incl. app. December 2000

DU-SERC--71--SE

Tomas Persson

**IDENTIFIERING AV PARAMETRAR TILL ACKUMULATORTANKEN SOLUS 1050 FRÅN  
CONSOLAR**

In Swedish. 29 pages. January 2001

DU-SERC--72--SE

Annette Henning

**HEM OCH HÅRD**

**En litteraturstudie om Sverige och Skandinavien**

**Del 1: Hemmet**

In Swedish. 60 pages. April 2001

DU-SERC--73--SE

Chris Bales

**PARAMETER IDENTIFICATION MANUAL FOR TRNSYS MODELS AT SERC**

In English. 37 pages. May 2001

DU-SERC--74--SE

Tomas Persson

**Modellering och simulering av tappvattenautomater i solvärmesystem**

In Swedish. 37 pages. February 2002

DU-SERC--75--SE

Rainer Tepe and Mats Rönnelid

**Solfångare och värmepump: Marknadsöversikt och preliminära simuleringsresultat**

In Swedish. 30 pages. March 2002

DU-SERC--76--SE

Frank Fiedler

**THE APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY FOR PREFAB HOUSES IN GERMANY**

In English. 10 pages. March 2003

DU-SERC--77--SE

Chris Bales

**INTERNATIONELL UTVECKLING AV SOLVÄRMEKOMBISYSTEM.**

**SLUTRAPPORT FÖR PROJEKT FORMAS 2001-0227 & 2001-1964:**

**Deltagande i IEA-SHC Annex 26**

**Solar combisystems**

In Swedish. 16 pages. May 2003

DU-SERC--78--SE

Ingemar Nygren

**INVENTERING AV ELVÄRMDA SMÅHUS I SVERIGE SAMT VAL AV TYPHUS**

In Swedish. June 2003

DU-SERC--79--SE

Svante Nordlander

**TRNSYS MODEL FOR TYPE 210 PELLET STOVE WITH GAS-LIQUID HEAT EXCHANGER**

**Documentation of model and parameter identification**

In English. 36 pages. June 2003

DU-SERC—80--SE

Tomas Persson

**KONVERTERING AV ELVÄRMDA HUS TILL PELLET OCH SOL**

Beskrivning av datormodell för byggnader och system

In Swedish. 95 pages. June 2003

DU-SERC--81--SE

Bengt Perers, Klaus Lorenz and Mats Rönnelid

**PARTIELL FÖRÅNGNING I SOLFÅNGARSYSTEM. ÖVERHETTNINGSSKYDD FÖR  
VÄRMEBÄRAREN (FRÄMST GLYKOL)**

Redovisning av projekt FUD 02:70 inom FUD-programmet Solvärme 2001-2003

In Swedish. ... pages. December 2003

DU-SERC--82--SE

Annette Henning  
**TIO HUSHÅLL OM ELKONVERTERING**  
**Hem och hård, del II**  
In Swedish. 62 pages. November 2003

DU-SERC--83--SE  
Bengt Perers  
**MÄTNING OCH UTVÄRDERING AV NYA MARECO 1000 SOLVÄRMEFÄLTET I TORSÅKER**  
**HÖSTEN 2003**  
In Swedish. 10 pages. December 2003

DU-SERC--84--SE  
Mats Rönnelid and Rainer Tepe  
**SOLVÄRME OCH VÄRMEPUMP. UTVÄRDERING AV ETT VÄRMESYSTEM I UPPSALA**  
In Swedish. 14 pages. January 2004

DU-SERC--85--SE  
Cecilia Mattsson Petersen, Per EO Berg, Svante Nordlander and Mats Rönnelid  
**KARTLÄGGNING AV ORGANISKT AVFALL**  
In Swedish. 28 pages. March 2004

DU-SERC--86--SE  
Svante Nordlander and Mats Rönnelid  
**SOLVÄRMESYSTEM FÖR HÖG TÄCKNINGSGRAD**  
*Slutrapport från projekt 137700-1 inom*  
*FUD-program Solvärme 2001-2003*  
In Swedish. 33 pages. April 2004

DU-SERC--87--SE  
Annette Henning and Klaus Lorenz  
**FLEXIBLA FJÄRRVÄRME-ANSLUTNINGAR - EN TVÄRVETENSKAPLIG STUDIE**  
In Swedish. 34 pages. March 2005

DU-SERC--88--SE  
**REGLERPRINCIPER FÖR SYSTEM MED PELLETKAMINER OCH SOLVÄRME**  
Tomas Persson  
In Swedish. 16 pages. May 2005

DU-SERC--89--SE  
Jörgen Marks, Jan Erik Mattsson and Fredrik Wallin.  
**TRÄPULVER I TORSÅNGS VÄRMECENTRAL**  
**Slutrapport från STEM-projekt P11133-1 Konvertering av oljepannor mindre än 1 MW till eldning med träpulver**  
In Swedish. 30 pages. May 2005

DU-SERC--90--SE  
Eva Lindberg  
**RAPPORT FRÅN 20th EUROPEAN PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY AND EXHIBITION**  
**Barcelona 6-10 juni 2005**  
In Swedish. 25 pages. August 2005

SERC-rapporterna är gratis tillgängliga på [www.serc.se](http://www.serc.se). I pappersversion kostar de 100:- plus moms och frakt och beställs från SERC, Högskolan Dalarna, 781 88 Borlänge.  
Tel: 023-77 80 00,  
Fax: 023-77 87 01

SERC reports are available free of charge at [www.serc.se](http://www.serc.se). They are available in paper version for SEK 100:- + VAT and postage upon order sent to SERC, Dalarna University, SE 791 88 Borlänge, SWEDEN.