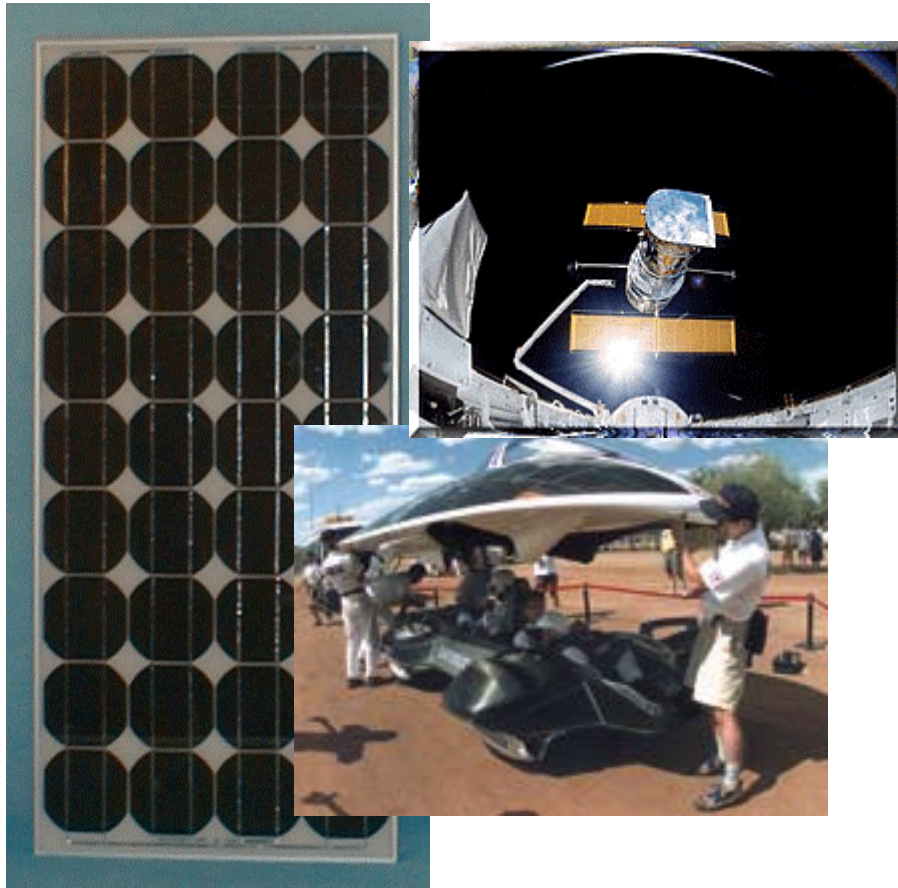


Solceller



Lösningen på framtidens energiproblem?

AV: Samir Losic och John Svensson

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	sid 3
Historia.....	sid 4
Halvledare.....	sid 4
Funktion.....	sid 5
Verkningsgrad.....	sid 5
Olika slags solceller.....	sid 6
Tillverkning.....	sid 6
Användningsområde.....	sid 7
Utveckling.....	sid 7
Framtid.....	sid 9
Källförteckning.....	sid 9
Bilaga 1, räkneexempel.....	sid 10

Sammanfattning

Ett av de största problemen i världen idag är energitillförsel. Energiomvandlingar med hjälp av olja och kol ger koldioxid-utsläpp som orsakar växthuseffekt. Kärnkraft ger radioaktivt avfall och risken för härdsmälta är ständigt närvarande. Finns det då inte ett sätt att framställa elenergi utan att belasta miljön?

Det finns ju förstås vindkraft som i sig inte ger några utsläpp, men de förstör landskapet och att helt ersätta elproduktionen med vindkraft är idag orimligt. Ett alternativ som diskuteras mer och mer är att utnyttja den energi vi får från solen i form av elektromagnetisk strålning. Detta skulle ske genom att direkt omvandla ljusenergi till elenergi i en solcell. En solcell består av två olika halvledarskikt som åstadkommer en ström när den belyses. Den första solcellen tillverkades 1954 och har ökat i användning sedan dess. En del faktorer förhindrar dock att man helt går över till solceller. Ett stort problem är att solen skiner mest under sommaren, då energin behövs som minst. Ett annat problem är en dyr och komplicerad tillverkningsprocess. Man kan heller inte komma upp i några högre verkningsgrader. Idag ligger de bästa solcellerna med en verkningsgrad på runt 18 %.

Det största användningsområdet för solceller tros vara att försörja enskilda hushåll med el från solcellspaneler på taken. Detta har dock inte slagit igenom ordentligt. Ett annat stort område för solceller är rymdtekniken där man är helt beroende av energi från solen.

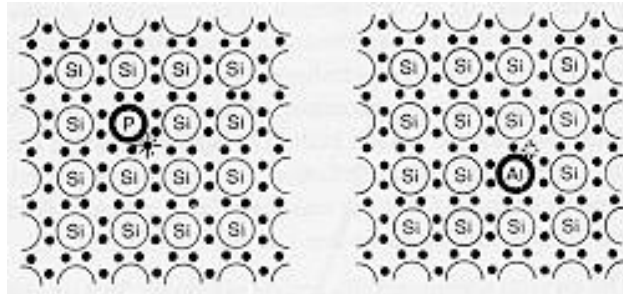
Vi tror dock att utvecklingen av solceller kommer att fortsätta och användningen av solceller kommer att öka markant, främst på grund av sin miljövänlighet.

Historia

Första gången någon upptäckte att negativt laddade metallytor utsänder elektroner om man belyser dem med kortvågigt ljus var redan 1888. Upptäckaren var den tyske fysikern W Hallwach och effekten kallades sedan Hallwach-effekten. Den metall som han använde var en halvledare av polykristallint selen, som redan på den tiden kunde framställas tillräckligt rent. Det som Hallwach upptäckte kallas idag för den fotoelektriska effekten. Den fotoelektriska effekten förklarades 1905 av Albert Einstein som belönades med nobelpriset för sina insatser. Experiment som gått ut på att utnyttja den fotoelektriska effekten har förekommit ända sedan Hallwachs upptäckt. På fyrtioalet använde man selen som bas i halvledarytorna men man kom inte upp i mer än 1 % verkningsgrad. En stor förändring kom 1948 då transistorn uppfanns vid Bell Telephone Company. Man började nu använda kisel som material i halvledaren, vilket gav en betydligt högre verkningsgrad. Det var också medarbetare vid Bell Telephone Company som 1954 presenterade den första solcellen för vetenskapsakademien i Washington.

Halvledare

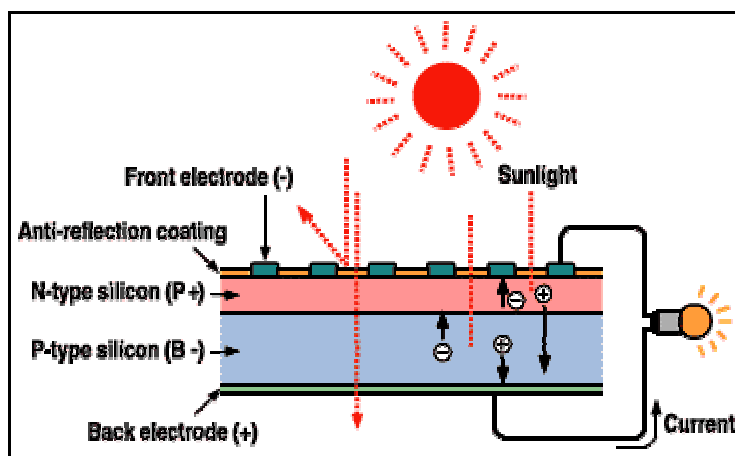
För att förstå hur en solcell fungerar måste man veta lite om halvledare. De två vanligaste halvledarna är Kisel och Germanium. Ämnena står i samma kolumn som kol i det periodiska systemet och bildar kristaller med samma struktur som diamater. Varje atom har fyra valenselektroner och binder med elektronparbindning fyra andra atomer till sig och får ett ädelgasskal med åtta valenselektroner. Valenselektronerna kan inte röra sig fritt som i metaller men är heller inte lika hårt bundna som i t.ex. diamant. Men om man tillför energi kan man frigöra en elektron från sin plats och få den att fritt röra sig i kristallen. Halvledare leder alltså ström bättre vid hög temperatur än vid låg, tvärtemot metaller. När man rycker loss en elektron lämnar den efter sig ett positivt hål. Hålet fylls av en närliggande elektron och det positiva hålet kan på så sätt röra sig genom halvledaren. Hålen rör sig alltså i ett elektriskt fält som om de vore fria positiva laddningar och medverkar därmed till strömmen. En halvledare där laddningarna transporteras på detta sätt av lika många hål som elektroner kallas egenledare. Det krävs dock ganska mycket energi för att skapa ett hål-elektron par. Då är det lättare om man tillsätter så kallade störatämnena. Om man till exempel tillsätter en fosforatom med fem valenselektroner i en kiselkristall där det normalt skall sitta en kiselatom med fyra valenselektroner kommer den överflödiga elektronen lätt att lämna atomen och bli ledningselektron. En halvledare som är preparerad på det här viset kallas n-dopad halvledare. På samma sätt kan man tillsätta en störatom av aluminium med tre valenselektroner. Den lediga platsen intas av en närliggande elektron vars plats intas av nästa elektron osv. Positiva hål kan då röra sig inom halvledaren. Halvledaren har blivit p-dopad.



Bilden visar n- och p-dopade halvledare, dvs halvledare där man stört ordningen med störatomer, i detta fall fosfor och aluminium.

Funktion

Om man fogar ihop en n-dopad och en p-dopad halvledare till en enda kristall kommer elektroner från n-delen vandra till p-delen och fylla de positiva hålen där. Likadant kommer hål från p-delen vandra över till n-delen och där ”ta upp” elektroner. Störatomerna neutraliseras inte längre av ledningselektronerna eller hållen utan kristallen får nu två skikt med olika laddning. Vandrigen av hål från p-området och elektroner från n-området kommer fortsätta tills det elektriska fältet skapat en spänningsbarriär som laddningarna inte kan passera. När en pn-övergång väl har bildats får den alltså egenskapen att den leder ström mycket bättre i ena riktningen än i den andra. Men om man ansluter en spänningskällas positiva pol till p-delen och den negativa polen till n-delen kommer spänningsbarriären att sänkas och ström kommer att flyta genom kretsen. Om man sen sätter ut halvledaren i solen kommer fotoner att slå loss elektroner som i sin tur efterlämnar sig positivt laddade hål. Elektronerna och hålen kommer att vandra över till sina respektive sidor och på så sätt uppehålla spänningen och antalet ledningselektroner.



En solcell består av ett n-dopad och ett p-dopad halvledarskikt som fogas ihop till en kristall

Verkningsgrad

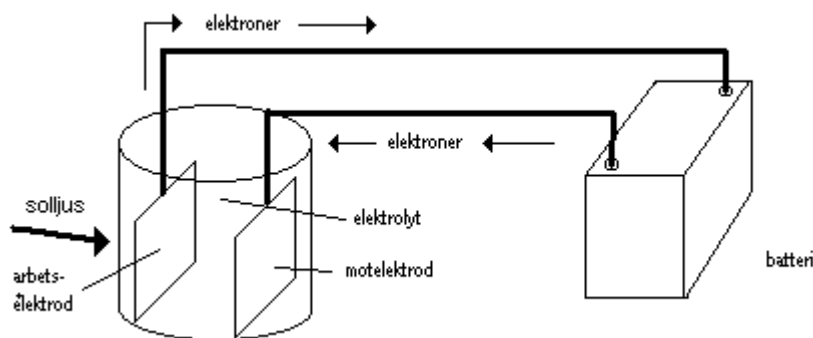
Verkningsgraden för solceller beror helt på vilket material man tillverkar dem i. En perfekt svart absorberare skulle kunna ta upp all ljusenergi och därmed få en 100 % verkningsgrad. Perfekta svarta absorberare existerar dock inte i verkligheten utan en del av ljusenergin går alltid förlorad. För att en foton skall kunna slå loss en elektron i ett material krävs det att fotonens energi är större än tröskelenergin för materialet. Alltså kommer de fotoner som har för låg energi inte att medverka i processen och därmed sänka verkningsgraden. Men man strävar dock inte efter att ha en så låg tröskelenergi som möjligt i materialet eftersom det bara är just tröskelenergin som tas upp som elektrisk energi, överskottsenergin tas inte till vara. Om man räknar ut den tröskelenergi som tar upp störst del av solljuset kommer man fram till att tröskelenergin 1,1 eV ger den största teoretiska verkningsgraden, 45 %. Detta motsvarar ljus med våglängden 1150 nm. Även ljus högre energi kan dock medverka i processen medans till exempel värmestrålning inte omvandlas över huvud taget. Dagens solceller har en verkningsgrad på 18 % om man räknar med en solljuseffekt på 1000 W/m² vilket det har en klar solig dag. Solcellen ger då en spänning på 0,5 V. Man brukar seriekoppla 30-36 solceller för att få tillräckligt med spänning för att ladda upp ett 12 volts blybatteri. 18 % verkningsgrad är faktiskt inte så lågt om man jämför med biobränsle där endast 1-2 % av solljuset lagras, och då som kemisk energi.

Olika slags solceller

Det finns olika slags solceller. Den vanligaste solcellen är kiselcellen som vi redan skrivit om. Den är ur tillverkningens synpunkt det billigaste alternativet. Andra sorters solceller är den våta solcellen och Grätzel-cellen. Idag är dock kiselcellen överlägset mest använd men vi skriver ändå kort om de övriga solcellerna.

Den våta solcellen:

Den våta solcellen består av två elektroder och en elektrolyt. Den ena elektroden kallas arbetselektrod och består av titandioxid, som rankas som en halvledarmaterial. Titanoxidens yta har belagts med ett färgämne som fångar upp solljuset. När solljuset träffar färgämnet lyfts elektroner till ett högre energitillstånd och då fångar titandioxiden upp dessa elektroner och skickar iväg dem för att uträtta ett arbete. När elektronerna har uträttat sitt arbete går de vidare till motelektroden för att sedan gå vidare och på nytt uppnå ett högre energitillstånd. Solljuset fångas in av färgämnet i arbetselektroden. Elektroner frigörs. De transporteras via en ledning och uträttar ett arbete. Därefter vandrar de vidare till motelektroden och tas upp av elektrolyten. Den har genom sina joner förmåga att både ta upp och avge elektroner, vilket i sin tur ger att elektrolyten lämnar elektronerna till arbetselektroden. Kretsen är sluten. Den våta cellen har ganska dålig verkningsgrad, betydligt sämre än kiselcellen.



Funktionen hos den våta solcellen.

Grätzel-cellen:

Den här solcellen byggs av två glasskivor som läggs ihop. Skivorna är basen för var sin elektrod, och båda täcks på var sin sida av ett genomskinligt skikt av ett ledande material. På den glasskiva som är arbetselektroden finns den porösa filmen av titandioxid med ett färgämne. Skivorna förses med ledningar, kläms ihop och doppas i en elektrolyt. Tack vare kapillärkraften sugas elektrolyten upp mellan glaset och fyller ihåligheterna i den porösa titandioxidfilmen. Om kanterna sedan förseglas finns en modul färdig att användas. Grätzel-cellen har nästan lika bra verkningsgrad som kiselcellen med en verkningsgrad på ca 15-18 %. Grätzelcellen har också den fördelen att den relativt billig att tillverka.

Tillverkning

Vid tillverkning av solceller måste man se till att översta lagret i en solcell måste uppfylla två viktiga krav, dels ska det släppa igenom så mycket solljus som möjligt och den ska skydda solcellen mot inverkan från väder och vind. För att skydda solcellen används etanvinyllacetat, ett

plastmaterial med god ledningsförmåga och relativt hög smältpunkt. Den används också till att fästa material på solcellens baksida. Som bottenplatta används något lämpligt plast material eller en metallplatta. Metallkontakter fästs på solcellens över- och undersida.

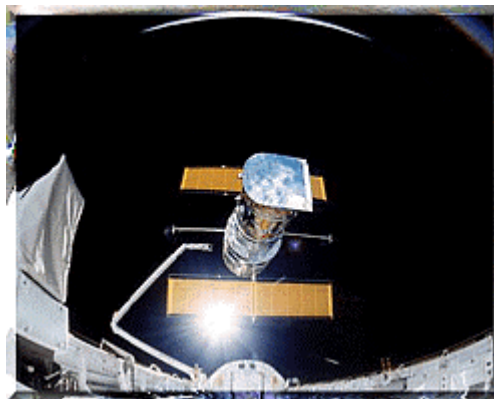
Användningsområde

Solceller har en väldigt stor potentiell marknad, främst på grund av sin miljövänlighet och (efter tillverkning) enkelhet. Idag används dom dock inte i någon större utsträckning. Detta beror på som vi redan skrivit, dyra och komplicerade tillverkningsprocesser och lite dåliga verkningsgrader.

Ett område där solceller är ett måste är rymdtekniken, där de förser satelliter och sonder med elenergi. Det är också främst på grund av rymdtekniken som utvecklingen av solceller går framåt. Man vill ha lättare, billigare solceller och med högre verkningsgrad.

Solcellspaneler kan ibland också vara monterade på husvagnar och segelbåtar. Det finns också en biltävling i Australien där bilarna endast får framdrivas av solenergi. Men det största användningsområdet för solceller är dock solcellspaneler monterade på hustak.

Man skulle på så sätt kunna dra ner hushållens elbehov från elnätet avsevärt. Nackdelarna med detta är dock att solenergin som bekant är som störst på sommaren då den behövs som minst. Ett sätt att lösa detta är genom batterier, vilket dock inte är en så bra idé idag då det inte finns tillräckligt bra batterier. En annan idé är att dra ner på den vanliga elproduktionen över sommaren och låta överskottsenergin från solcellerna gå ut på elnätet. Detta har ännu inte prövats i någon större utsträckning.



Solceller används mycket inom rymdindustrin. Här ses rymdteleskopet Hubble med sina två solcellspaneler på sidorna.

Utveckling

Utveckling av solceller är på kraftigt uppgång överallt i världen. Snart kommer det att ske ett rent kommersiellt genombrott även för nätansluten solcellsel. Det öppnas nu stora marknader i ett flertal länder genom kraftiga långsiktiga system för solceller, från marknadsföring till tillverkning och service. De länder som ligger först fram med dessa program är Holland, Tyskland, Österrike, Schweiz, Italien, Japan och USA. De här länderna har för målsättning att utöka uppbyggnadstakt av storleksordningen GWt per år framåt 2010, vilket kan jämföras med världsmarknaden på 120 MWt för 1997. Detta betyder att marknaden för solceller har ökat med 40% sedan 1997.

Det här gällde för nätanslutna solcellssystem.

För att solceller ska lyckas bra återstår det att man samlar krafter ekonomiskt och tekniskt. Länderna som är ovan nämnda har planer att producera 2-4% av sitt elbehov med hjälp av solceller.

Det är många projekt som pågår runt om i världen med att installera solcell på tak.. Japan planerar installera sju tiotusen tak med solceller, 10000 tak i Italien, 1 miljon tak i USA. Det här visar att intresset har ökat för solceller. Det här beror att flera stora företag satsar på produkt utveckling inom solceller och att den ständigt sjunkande priset bidrar till en positiv effekt. Vad det gäller Sverige är två nya anläggningar på gång i Göteborg. De här anläggningar är beställda av Göteborg Energi AB.



Det största användningsområdet för solceller är solcellspaneler monterade på hustak. Bilden är från Japan

Vad det gäller anläggningar i Sverige finns det bara två stycken större anläggningar som är i bruk. Det ena är IKEAs i Älmhult och det andra är Ringens köpcentrum i Stockholm. IKEAs anläggning är Sveriges största med en effekt på 60 KW.

Anläggningen togs i bruk sommaren 1997. Den täcker 10 % av det årliga elbehovet och består av en takanläggning och en fasadanläggning.

IKEAs solcellsanläggning:

Takanläggning:

Takanläggningen består av 450 st moduler från NAPS, NM 110 - topp effekt 49,5kW

- 45 delsystem a 10 moduler i serie per växelriktare, lutning 40 grader
- total modulyta 378 kvadratmeter
- 45 växelriktare Sunny Boy, 125-250 V DC in , nominell effekt 850W

Fasadanläggning:

Fasadanläggning består av 312 st moduler från Solarex, Millenia MST-43MV- topp effekt 11kW

- 13 delsystem a 24 moduler per växelriktare
- total modulyta 378 kvadratmeter
- 45 växelriktare Sunny Boy, 125-250 V DC in, nominell effekt 850W:



Sveriges största solcellsanläggning är IKEAs anläggning i Älmhult med en toppeffekt på 60 kW. Anläggningen har visat sig vara en inte allt för lyckad affär.

Under de två år som IKEAs anläggning har varit i drift visade det sig att anläggningen var en misslyckad affär. Dåliga mätresultat har tagits fram och det beror på många faktorer. Det var problem på mätsystemets datorer. Mätgivarnas kalibrering har varit ofullständig och instabil vilket gjorde att det var svårt att utvärdera anläggningen. Det som var stora problem för normal drift av anläggningen var att vädret var dåligt. Det var otillräckligt med instrålning så att det var problem med att få växelriktare att fungera.

Vid drift av den här anläggningen visade sig att vädret spelar ett stort roll om en anläggning ska fungera bra eller om det är värt att investera.

Framtid

I dagens läge är det svårt att säga något om solcellens framtid. Solceller är ur teoretisk synvinkel en perfekt energiomvandlare med obegränsade "bränsleresurser", men den extremt dyra tillverkningsprocessen gör den till en av världens dyraste energitillförselsystem. Solceller skulle passa perfekt för länder med sol året om. Men för länder med ett klimat som Sverige är det inte rimligt att satsa på solceller i någon större utsträckning. Vi tycker inte att dagens solceller har en praktisk chans att konkurrera med priser från de vanliga energikällorna. Prisskillnaden per kilowatt timme är helt enkelt för stort. I dagens läge satsar många länder på att utveckla solceller, men vad det gäller Sverige så satsar landet minimalt med pengar.

Men vi är ändå optimistiska inför framtiden. När man får ner tillverkningskostnaderna och försäljningspriserna kommer användandet att öka. Vi tror att solceller kommer ha en betydande roll i ersättandet av de konventionella och miljöfarliga energitillförselsystemen.

Källförteckning

- Solenergi. Teori, forskning & praktisk användbarhet. Folke Peterson och Gunnar Wettermark, Ingenjörskyrkans förlaget 1985
- Fysik för gymnasieskolan. Alphonse, Björkman, Gunnvald, Lindahl, Bergström och Johansson. Natur och Kultur 1993.
- Elforskning Sverige.
- http://www.isk.kth.se/~isk_raag/
- <http://tjanster.ivogroup.com/swe/sivut/7/71/7115.htm>
- <http://hal.sparta.lu.se/~spanarn/berlin-32/upp3.html>

Bilaga 1

För att se hur realistiskt det är att gå över till solceller som elenergiframställare har vi gjort ett räkneexempel. Exemplet går ut på att räkna ut hur mycket det skulle kosta för ett stort företag att framställa all sin elenergi med solceller.

Exemplet är dock lite orealistiskt, då vi räknar med att man skulle använda solceller året runt i stället för bara på sommaren.

Siffrorna kommer från IKEAs anläggning i Älmhult

Antagen årliga elanvändning		30000 MWh
Genomsnittlig elproduktion av solceller per år och m ²		0,132 MWh / år m ²
Total solcellsytta	$30000 / 0,132$	230000 m ²
Yta solcellspanel		0,98 m ²
Antal solcellspaneler	$230000 / 0,98$	235000 st
Kostnad solcellspanel		9 900 kr
Total kostnad	$235000 * 9900$	ca 2,3 miljarder kr
Antagen elkostnad		10 öre/kWh
Total elkostnad	$0,1 * 3,0 * 10^7$	3 milj kr
Återbetalningstid	$2,3 * 10^9 / (3 * 10^6)$	ca 770 år