

NAPELEMEK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA A YINGLI GREEN ENERGY TÁRSASÁGNÁL

HUSI Géza – BARTHA István – TÓTH János

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar
4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4. sz.
husigeza@mk.unideb.hu
bartha@mk.unideb.hu
tothjanos@mk.unideb.hu

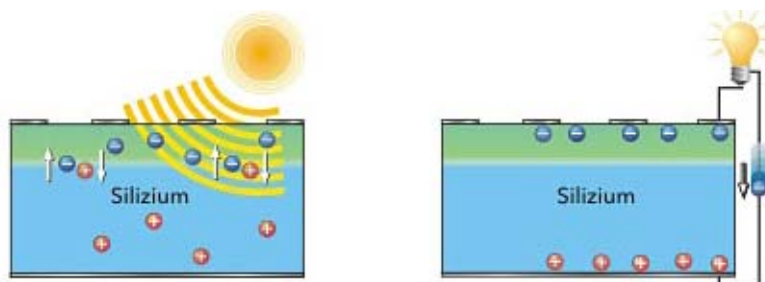
KIVONAT

A Debreceni Egyetem Műszaki Karán kutatások folynak az „Épületbe integrált fotovillamos rendszerek” alkalmazásával kapcsolatban. A kutatásokban partnerünk a Yingli Green Energy Holding Company Limited. 2009 nyarán alkalom volt látogatást tenni a Peking melletti Baoding városban működő kínai céghez¹, ahol a napelemek gyártása csúcstechnológiáját ismertem meg. Ez a dolgozat a látogatáson megismert napelem gyártástechnológiát mutatja be.

Kulcsszavak: napelem, fotovillamos, fotovoltaikus, gyártástechnológia, Yingli

1. AMIT A NAPELEMEKRŐL TUDNI KELL A GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA MEGÉRTÉSÉHEZ

A napelemeket napjainkban több névvel illetik. Nevezik fotovillamos elemnek, vagy az angol megfelelőjéből magyarított „photovoltaikus” elemnek is. Ebben a cikkben a napelem megnevezést használjuk, ami hétköznapi elnevezésként mindenki használ bár a szerzők véleménye szerint a műszaki tartalmat a fotovillamos elem kifejezés fejezi ki a legjobban.



1. ábra A töltések áramlása

A napelem olyan eszközt jelöl, amely fénysugárzás hatására villamos generátorként viselkedik. Sokféle napelem létezik, de a legelterjedtebb a szilícium félvezetőn alapuló elem, amit 50 éve, 1954-ben találtak fel. A napelemek éves gyártási mennyisége és alkalmazásuk a világon az utóbbi időben drámaian megnövekedett. 1975-ben a világon legyártott napelemek mennyisége 200 kWp² volt. 2005-ben elérte az 1460 MWp-et. 30

¹ A tanulmányutat a Tét Alapítvány támogatja (szerz. CN-62/2007).

² A napelemes modulok, valamint a napelemes rendszerek nagyságát jellemző teljesítményt precízen Wp, illetve kWp mértékegységgel adják meg. A „p” betű a „peak”, vagyis a csúcsteljesítményre utal. Az adott elem, illetve rendszer ezt a

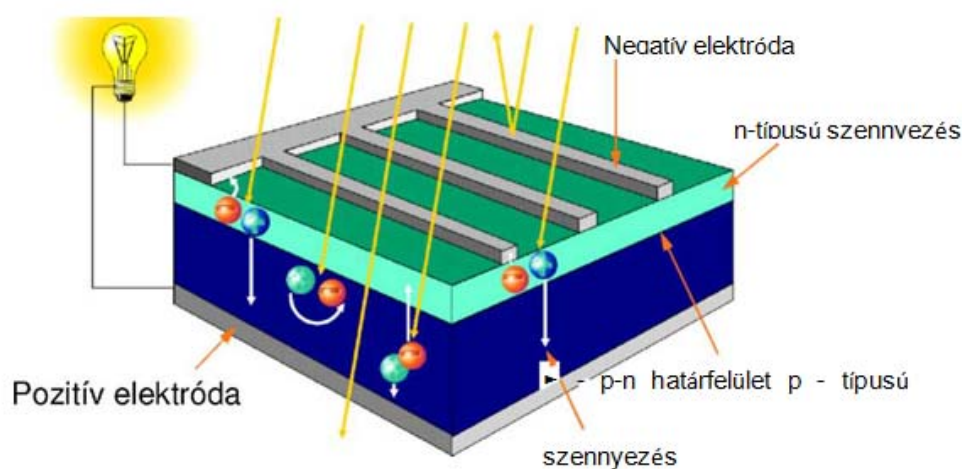
év alatt 7300 szorosára növekedett a piac. 2005-ben a piac növekedésének mértéke 34% volt. [1]

A napelem rendeltetése a napfény energiájának átalakítása villamos árammá (1. ábra). A napelem vagy fotovillamos elem a nap sugárzási energiáját közvetlenül alakítja villamos energiává. Az energiaátalakítást a félvezető alapanyag végzi, mégpedig oly módon, hogy az elnyelt sugárzás közvetlenül villamos töltéseket hoz létre az anyagban, melyet a kialakított villamos tér szétválaszt, és a villamos áram a külső áramelvezető kontaktusokon keresztül elvezethető. A napelemek alapanyaga szilícium. Ez az anyag a természetben igen gyakori; egy speciális eljárással készítenek belőle napelemet. Ha a Nap süti a napelemet, annak alsó és felső rétege között egyenfeszültség keletkezik és elkezdenek a töltések áramolni. A kereskedelemben kapható szokványos cellák 18%-os hatásfokkal dolgoznak és modulhoz vannak kapcsolva. [2]

Az elektromos energia egy inverterrel³ akár váltóárammá alakítható, akkumulátorban tárolható illetve egyből felhasználható. Egy 1 kilowatt teljesítményű napelem rendszer 800 kWh tiszta villamos energiát szolgáltat, ezzel egy évben 500 kg-mal kevesebb széndioxidot és más káros anyagot juttat a levegőbe.

1.1. A napelem felépítése

A napelem gyártási technológiája az elem három összetevőjének előállításából áll.



2. ábra Kristályos szilícium napelem keresztmetszete
(forrás: Solarpraxis AG, Berlin, Germany [1.]-ben)

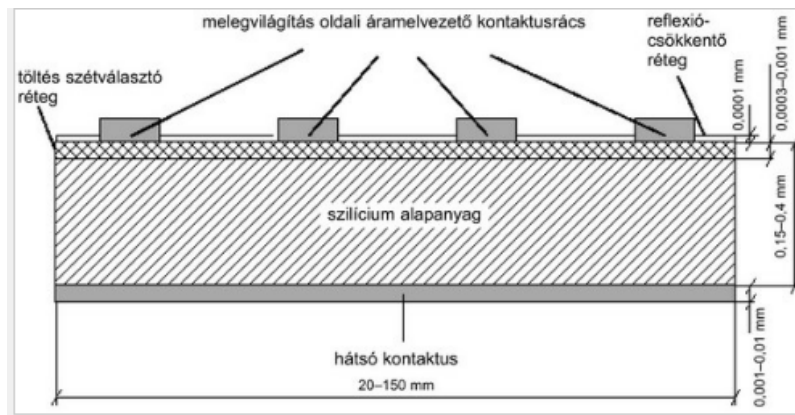
A napelem részegységei a következők (lásd 3. ábra):

- felső oldalon megtalálható áramelvezető kontaktusrács;
- reflexiót csökkentő réteg;
- töltésszétválasztó réteg;

teljesítményt 1000 W/m² nagyságú napsugárzásintenzitás és 25°C hőmérséklet esetén szolgáltatja. A gyakorlatban ugyanezt az értéket sokszor egyszerűen W, illetve kW mértékegységgel helyettesítik.

³ Feszültség átalakító

- alapanyagréteg;
- alsó (hátsó) áramelvezető kontaktus.



3. ábra A napelemek elvi felépítése (forrás: <http://www.naptechnika.hu>)

A napelemek technológia szerinti két fő kategóriáját a félvezető anyag határozza meg:

- vagy kristály szilíciumot használunk lap formában (93% a piaci részesedése);
- vagy más anyagokat vékony film formájában (7% a piaci részesedése) [3.].

2. A NAPELEMEK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

2.1. A kristályszerkezetű anyagból előállított napelem jellemzői

Korábban kristályos szilíciumot használtak a legtöbb napelemben fényelnyelő gyanánt, jóllehet viszonylag kevés fényt nyelt el és jelentős anyagvastagság (több száz mikron) szükséges. Mindazonáltal alkalmassága bebizonyosodott, mert ennek az anyagnak a felhasználásával stabil és jó hatásfokkal (11-16%, az elméleti maximum fele-kétharmada) rendelkező napelem gyárthatók és a mikroelektronika ipar hatalmas ismeretanyagából kifejlesztett feldolgozási technológiát alkalmaz.

Az iparban kétféle kristályos szilíciumot használnak. Az első a monokristályos, lap alakban, nagy tisztaságfokú kristály rubin felhasználásával gyártott (150mm átmérőig és 350 mikron vastagságig). A második típus az először rudakká, majd lapokká öntött tömb alakú polikristályos szilícium. A kristályos szilícium napelem gyártásban egyre inkább polikristályos technológia terjed el.

A mono- és polikristályos szilíciumhoz egyaránt félvezető homopoláris átmenetet alakítunk ki foszfor (n-típusú szennyezőanyag) bórral (p-típusú szennyezőanyaggal) szennyezett szilícium lap felületén történő szétosztatásával. Szitanyomással készült érintkezőket alkalmazunk a napelem elejéhez és hátulján, amely érintkezők elülső kapcsolóképe úgy vannak kialakítva, hogy a napelem minimális elektromos (rezisztív) veszteségű szilícium maximális mértékben meg legyen világítva. A leghatékonyabb napelem a maximális fényelnyelés és áramfelvétel céljából lézerrel mart rácsos érintkezős monokristályos e-szilíciumot alkalmaznak.

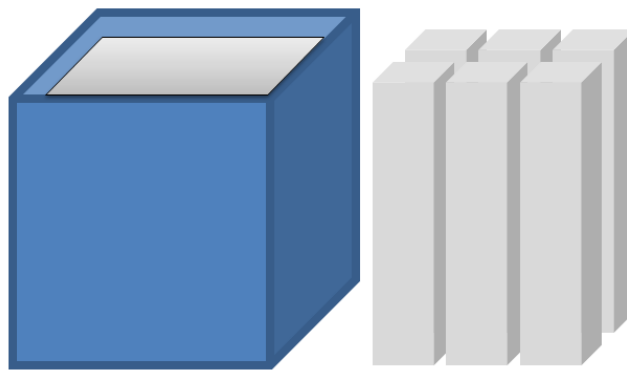
Egyes gyártók olyan gyártási technológiákat alkalmaznak, melyek áthidalják a kristálynövesztés/tömbösödésből és lapokra vágásból álló módszer egyes hátrányait. Egyik megoldás szilícium szalag, lapos kétdimenziós szalag vagy nyolcszög alapú oszlop olvasztott szilíciumból történő nyújtásával.

Másik megoldás szilícium pornak olcsó vezető közegen történő olvasztása. Ezek az eljárások alacsonyabb növekedési/nyújtási arányokkal, kisebb mértékű egyöntetűséggel és felszíni egyenetlenségekkel járhatnak. Valamennyi c-szilíciumos napelem körülbelül 0.5V feszültséget generál, így általában 36 napelemet kapcsolunk sorba, hogy így egy 12 voltos elem feltöltésére szolgáló modult hozzunk létre. A napelemet szorosan nagy áteresztőképességű üveggel szilárdítjuk és ez által megbízható, időjárásnak ellenálló, akár 25 éves élettartamú modulokat hozunk létre. A modulok úgy vannak tervezve, hogy a nemzetközi szabványügynökségek által lefolytatott szigorú teszteknek megfeleljenek.

3. FOTOVILLAMOS LAPOK GYÁRTÁSA A YINGLI GREEN ENERGY TÁRSASÁGNÁL

3.1. Polikristályos szilícium öntvények

1998-ban a világon gyártott napelemek 30 %-a polikristályos szilícium lapokon alapult. Több cég kereskedelmi méretben elterjedt eljárást fejlesztett ki polikristályos szilícium öntvényeknek elővegyületekből történő előállítására [4.]. A Czochralski-féle kristálynövesztési módszerrel szembeni előnyt jelent az alacsonyabb állóeszköz-beruházási költség, a nagyobb átmenő teljesítmény, továbbá az, hogy gyenge minőségű nyersanyag is felhasználható. A módszer során olvasztott szilíciumot irányítottan szilárdítanak olvasztótégelyben és nagyméretű, oszlop alakú szemcsékből álló öntvényt kapunk, mely Az 1980-as években más gyártók, beleértve az Eurosolare Crystallox-ot, Kyocerát, Bayert, Crystal Systems-et és a Sumitomo Sitexet, minőségi polikristályos anyag előállítására fejlesztettek ki eljárásokat. E gyártóknál az alkalmazott módszer csupán az olvasztótégely anyagának kiválasztásában, az olvasztótégelynek szilíciummal történő megtöltésében és az olvadék hűtésének irányításának módszerében tért el. Jó összefoglalás található máshol [4.].



4. ábra Szilícium irányított szilárdítása öntőformában és nagyméretű öntvény felfűrészelése kisebb darabokra. Forrás: Green és Hansen (1998)



5. ábra Szilícium öntvény előállító berendezések a Yingli Green Energy Baodingi (Kína) üzemében.

Egy névlegesen egyenes által határolt öntvény igen nagy méretekkel rendelkezhet, méretei 60 cm x 60 cm x 20 cm-ig terjedhetnek és tömegük több száz kilogramm lehet [5.]. A nagyméretű öntvényeket a 7. ábrán látható módon kisebb, oldalaik mentén általában 10-15 cm-es darabokra vágjuk fel.



6. ábra Szilícium öntvény a Yingli Green Energy Baodingi (Kína) üzemében. Az üzemben 400 kg tömegű (840*840*240 mm) és 270kg tömegű (690*690*250 mm) polikristályos szilíciumöntvényt gyártanak.

E kisebb darabokat aztán standard belső átmérős fűrészszel vagy folyamatos drótfűrészkes módszerrel fűrészszel fel. Az így kapott polikristályos lapokból készült napelemek teljesítménye a Czochralski-féle kristálynövesztési eljárással előállított lap felhasználásával gyártott napelem teljesítményének körülbelül 80 %-a.

A napelemek négyzet vagy téglalap alakú geometriája miatt lehetséges nagyobb tömörítési sűrűség miatt azonban e teljesítmény különbség a modul szintjén nagymértékben kiegyenlítődik a monokristályos napelemekből készült modulok teljesítmény tartományába eső polikristályos modul teljesítménnyel. E módszer egyik

érdekes változatánál a Sumitono Sinex által kifejlesztett folyamatos öntési eljárást alkalmazzák. Ekkor az olvasztott szilíciumból mágneses erőtér segítségével állítanak elő lényegében folytonos polikristályos szilícium öntvényt [6.].



7. ábra A szilíciumöntvényből előállított Polikristályos lapok a Yingli Green Energy Baodingi (Kína) üzemében. Méretei: 156*156 vagy 125*125, vastagság: ~180 μm

3.2. A napelem gyártásának alapváltozata

A gyártók kisebb-nagyobb módosításokkal jelenleg közel azonos eljárást alkalmaznak. A technológia könnyen automatizálható, megbízható, megfelelő az anyag kihasználás és nagy a teljesítmény. A technológia lépései:

A kiindulási anyag

Az iparág úgynevezett napelem minőségű, eredetileg nagyjából kör alakú, de négyszögesített CZ-szilícium lapokat vagy polikristályos négyzet alakú szilícium lapokat használ fel (előállítását lásd az előzőekben). A szilícium lapok oldalainak hossza 10-15 cm, vastagsága 200-350 μm . (lásd 7. ábra). A p-típusú réteget bórral szennyezzük és így 1 cm lapellenállást érünk el.

Maratás



8. ábra Polikristályos lapok előkészítése maratásra a Yingli Green Energy Baodingi (Kína) üzemében.

A szilícium lapok előállításakor - a műveletet követően - a nyersen levágott szilícium lapok felületén nagy mennyiségű szennyeződés (a szeletelés technológiájából visszamaradt szemcsés anyag, por) marad. Ebből két probléma adódik: a felület nagyon rossz minőségű és az egyenetlenségek a folyamat alatt a lemez töredezéséhez vezethetnek [7].

Ezért mindkét felületről lúgos vagy savas oldatban körülbelül tíz mikron maratunk le. A szilícium lapokat teflonos kazettákba helyezve merítjük bele a szabályozott hőmérsékletű és összetételű tartályokba. A lemaratásnál a hulladék lerakódása miatt előnyben részesítjük a lúgos oldatokat a savas oldatokkal szemben.

A felület homogenizálása⁴

A maratásra általában mikroszkopikus gúákat eredményező NaOH fürdőben maratást alkalmazunk. A mikroszkopikus gúák méretét közben optimalizálni kell, mert a nagyon kisméretű gúák nagyarányú visszaverődést eredményeznek, a nagyon nagy gúák pedig akadályozhatják az kontaktusok létrejöttét. A teljes felület homogenizálása céljából a befedettséget és az egyenletes gúaméretet, koncentrációt, hőmérsékletet, az oldat mozgatását és a fürdő időtartamát szabályozni kell (szennyeződés eltávolításához izotopikus maratásként általában magasabb NaOH koncentrációjú oldatot használunk magasabb hőmérsékleten). A homogenitás javításához alkohol hozzáadásával fokozzuk a szilíciumfelület nedvesedő képességét. A tipikus homogenizálás paraméterei a következők: 5%-os NaOH koncentráció, 80 °C-os hőmérséklet és 15 perc időtartam [8.].

Foszfor diffundálása

Általánosságban foszfort használunk napelemekben a szilícium n-típusú szennyezőanyagként. Mivel az oldattal történő diffundálás magas hőmérsékletet igényel, lényeges, hogy a foszfor felületei a felhasználás előtt teljesen szennyeződésmentesek legyenek. Végül a szilícium lapokat felülethomogenizálást követően a lúgmaradékok semlegesítése céljából savas maratásnak vetjük alá és eltávolítjuk így a maradék fémes szennyeződéseket is.

Átmenet szigetelése

A szilícium lap széleinél levő n-típusú terület összekötné az felső és alsó érintkezőket. E terület eltávolítására alacsony hőmérsékleten végezhető száraz maratást alkalmazunk.

A széles körben alkalmazott plazmás maratáshoz a napelemeket préselve egymásra rakjuk és hordó típusú reaktorokba helyezük. A felületeket így megvédjük és csak a széleik érintkeznek a plazmával. Ezt fluorvegyület (CF₄, SF₆) reaktanciatényezőzős térrel történő stimulálásával érjük el, amely tér erősen reakcióképes részecskéket, ionokat és elektronokat termel, melyek a velük érintkező szilícium felületet gyorsan lemarják [9.]. Jóllehet a maratás ebben a lépésben történik meg, nagy átmenő teljesítmény mellett nagy mennyiségű szilícium lap munkálható meg.

Az ipari alkalmazásban a szilícium lapok széleinek lézerrel történő vágása az egyik

⁴ texturálás

alternatív eljárás.

Visszaverődést gátló felület létrehozása

A tokba foglalt napelemekhez, annak közel optimális fénytörési tulajdonságának kialakítása miatt, visszaverődést gátló bevonat létrehozására gyakran használnak titán-dioxidot (TiO_2). Egyik népszerű módszer atmoszférikus nyomás mellett szerves titánvegyületek és vízgőz keverékéből gőzfázisú kémiai réteg-előállítás: a fűvókából a szilícium lapra fűjt keveréket körülbelül 200 °C-os hőmérsékleten tartjuk és a vegyületet a felületen hidrolizáljuk [9.]. E módszer konvektoros gyártósorokon könnyen automatizálható. Más lehetséges eljárásoknál megfelelő pasztákat kenünk a felületre vagy filmnyomást alkalmazunk. Visszaverődést gátló anyagként egyedülálló tulajdonságainak köszönhetően a szilícium-nitridet használunk.

A felső érintkező kialakítása (áramelvezető kontaktusrács)

Az áramelvezető kontaktusrács kialakításával szemben a legfontosabb elvárás az alacsony érintkezési ellenállás, szintén alacsony áramköri ellenállás, kis szélesség, jó mechanikai adhézió, valamint a tokba zárt anyagokkal való forraszthatóság és összeférhetőség. Az ezüst ellenállását, árát és beszerezhetőségét tekintve ideális érintkező fém. Hasonló előnyei vannak a réznek is, de nem használható filmnyomáshoz, mert később hőkezelést igényel, ami magas diffúzió mellett a szilícium lap szennyeződését fogja eredményezni. Az első három követelmény tekintetében a filmnyomás nem túl szerencsés választás, de az alacsony költség és a nagy a technológiai lépés nagy átbocsátóképessége miatt általában ezt használják. Korábban fűsű alakzatban ezüstport tartalmazó pasztát ragasztottak a szilícium lap felső felületéhez. Az automata filmnyomók alkalmasak nagy átmenő teljesítmény mellett folyamatos üzemmódra. E gépek feldolgoznak bármilyen adagolóból származó szilíciumlapokat, kellő pontossággal a filmnyomó alá helyezik azokat és a filmnyomott szilíciumlapokat a továbbítják. Az itt használt oldószeres viszkoz folyadékok ezért ezeket az oldószereket kemencében 100-200 °C-on párologtatják el. A kiszáritott paszta alkalmas a későbbi feldolgozásra.

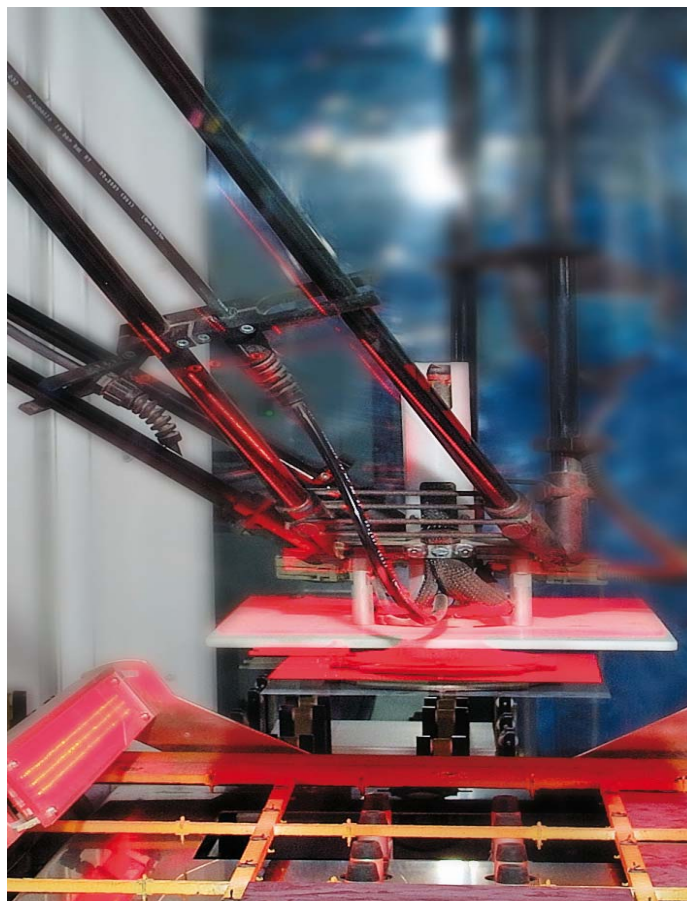
Alsó érintkező kialakítása

A napelem alján ugyanazt a műveletet hajtjuk végre, mint az tetején (lásd: A felső érintkező kialakítása), csak annyi a különbség, hogy a paszta ezüstöt és alumíniumot is egyaránt tartalmaz valamint a nyomott minta is eltér.

Az alumínium elengedhetetlen, mert az ezüst a p-szilíciummal nem tud villamos érintkezést kialakítani, de egymagában sem használható, mert nem forrasztható. Az alumínium-szilícium eutektikus alacsony hőmérséklete miatt több szilícium oldható fel és ezt követően lehűléskori újrakristályosodáskor egy p-típusú rétegbe épül be. Jóllehet elvileg folyamatos érintkezéssel jobb elektromos teljesítmény (alacsonyabb ellenállás) érhető el, a kereskedelemben leginkább elterjedt szilícium lapok hátulso érintkezése is rácsos szerkezetű (nem úgy, mint a 3. ábrán). A pasztával történő takarékoskodás szempontjától eltekintve a folyamatos réteggel szemben azért is részesítik előnyben a rácsos szerkezetet, mert az eltérő tágulási tényezők napelem deformálódását eredményezné hőmérsékletváltozás hatására.

Fém érintkezők kialakítása égetéssel

Ez a magas hőmérsékletet igénylő lépés a paszta szerves komponenseit égeti ki. Az alsó részen a fémszemcséket magas hőmérsékleten izzítjuk és ez által alsó kontaktusnak egy jó villamos vezetőt hozunk létre, ami a szilícium alsó felületével közvetlen elektromos érintkezésben lesz.



8. ábra Fém érintkezők kialakítása, égetése
Yingli Green Energy Baodingi (Kína) üzemében.

Amint az a 3. ábrán látható a felső részen a paszta a szigetelő rétegre (visszaverődés-gátló bevonatra) és az alatta lévő n-típusú rétegre rakódik le. Égetés közben az felső paszta aktív komponensének be kell szivárognia a visszaverődés-gátló bevonatba és ezáltal rövidre zárás nélkül érintkezésbe kell lépnie az töltést szétválasztó réteggel. A termikus kezelés alacsony hőmérsékleten történő végrehajtása nagy érintkezési ellenállást eredményez, de a túl magas égési hőmérséklet hatására az ezüst átjut az töltést szétválasztó rétegen⁵ és érintkezésbe kerül az alapanyaggal. Mivel az alsó pasztának teljesen el kell érnie az alapanyagot az égés során szélsőséges esetben a rövidre zárás miatt a napelem használatlaná válik.

⁵ emitteren

Tesztelés és kiválogatás

A kész napelemek megvilágított feszültség-áramerősség görbéjét teljes színeképet tartalmazó napfényhez mindenben hasonlító mesterséges fénnel mérjük ellenőrzött 25 °C-os hőmérsékleten. Ezt követően a hibás elemeket kicseréljük és a maradékot a mért értékek szerint osztályozzuk. A gyártó jellemzően a napelem árama, feszültsége és maximális hatásfoka szerint számos osztályt hoz létre. A modulokat később azonos osztályba sorolt napelemekből építik fel és ezáltal garantálják az illesztetlenségből adódó a minimális veszteségeket. Ha például napelemek áram szempontjából 5 %-on belül megegyeznek a rendszer pontosabb és stabilabb lesz. A nagy átmenő teljesítményre vonatkozó nagyon szigorú követelményeknek megfelelő tesztelő rendszereket alkalmaznak.



9. ábra a Yingli Green Energy Baodingi (Kína) gyártócsarnoka

4. A GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA FEJLESZTÉSÉNEK CÉLRENDSZERE A YINGLI GREEN ENERGY TÁRSASÁGNÁL

Mivel a végső cél alacsony költségű napelem rendszer előállítás, nem csak több alacsony költségű napelemre, hanem, mely szerelési hardverből, áramellátást szabályozó elektronikából, biztosítékokból, kábelekből, memóriából, nyomkövetőből stb. álló alacsony költségű teljes rendszerre van szükségünk. E területen kevesebb kutatás és fejlesztés történt, mint a fényérzékelő napelemek és modulok területén.

Az áram előállítására szolgáló napelemek kutatásának és gyártásának céljai az alábbiakban foglalhatók össze:

- vékonyabb elemek előállításával kevesebb félvezető anyag;
- olcsóbb félvezető anyagok felhasználása, melyek kevésbé lesznek tiszták és tökéletesek;
- olcsóbb, kevésbé tökéletes félvezetők használatával a napelemek teljesítményének fokozása;
- akár még gyengébb minőségű anyag felhasználásával is magas termelési szint fenntartása, valamint a minőség-ellenőrzés által selejtnak nyilvánított napelemek és modulok számának csökkentése;
- anyagfelhasználás növelése a félvezető hulladék és a napelem-gyártás hulladéka mennyiségnek csökkentésével;
- napelemek fluxusának növelése csekély költség és optikai veszteségnövekedéssel. Ez által kevesebb félvezető anyagot használunk fel;
- napsugárzás kihasználásnak fokozása hatékonyabb fényelnyeléssel;
- gyártási folyamatok sebességének és átmenő teljesítményének növelése;
- gyártás lépéseinek egyszerűsítése (ez által csökkennek a költségek és nő a termelési szint) és a berendezés költségek csökkentése;
- alapoperációs rendszer elemek (kiegészítő elemek) költségeinek csökkentése és megbízhatóságának növelése.

A szerzők ezúton köszönik meg a Kínai-Magyar TÉT 2009-2010 CN-62/2007 támogatását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Ráuber, A. (2002). PSE Projektgesellschaft Solare Energiesysteme mbH. Soltrain projekt (4.1030/Z/02-067/2002 sz. EU Altener program
- [2] A fotovillamos jelenség. (2009. 12 01). Letöltés dátuma: 2009. 12 01, forrás: http://www.wagnersolar.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=238&Itemid=73
- [3] ACCESS Solarbuzz Research Reports . (2009). Letöltés dátuma: 2009. 12 05, forrás: Solarbuzz: <http://www.solarbuzz.com/index.asp>
- [4] Ferrazza., F. (1996). Growth and post-growth processes of multicrystalline silicon for photovoltaic use. Switzerland: Scitech Publ. ZUG.
- [5] Khattak C. P., Schmidt F. (1997). Growth and characteristic of 200kg multicrystalline silicon ingots. IEEE Press, (old.: 111-114). Anaheim.
- [6] Sarti D., Durand F., Choudhury A., Marfaing Y., Einhaus R., Luge R. (1997). Electromagnetic cold crucible continuous casting for multicrystalline silicon solar cells. Bedford: Stephens and Associates.
- [7] Van Overstraeten R, Mertens R. (1996). Physics, Technology and Use of Photovoltaics, Chap. 4., Bristol: Adam Hilger Ltd
- [8] Finck von Finckenstein B et al. (2000). Proc. 28th IEEE Photovoltaic Specialist Conf. Hilali M et al., (2002).

- [9] Richards B, Cotter J, Honsberg C, Wenham S, . (2000). 375-378. Proc. 28th IEEE Photovoltaic Specialist Conf.,.

MANUFACTURING TECHNOLOGY OF PHOTOVOLTAIC PANELS AT YINGLI GREEN ENERGY COMPANY

At the Faculty of Engineering University of Debrecen related to the building integrated photovoltaic systems research work is performed. In this research activity our partner is Yingli Green Energy Holding Company Limited. In summer 2009 we had the opportunity to visit the factory of this company placed in Baoding, near Beijing. During this visit we got familiarized with the most advanced manufacturing technology of photovoltaic panels. This paper presents the main phases of this process, enhancing the building integrated panels.