

Napelemekről általában és részletesen

Szerző: Trenyik Tamás / KÖVET Egyesület



Napelempark

Manapság napelem-bumm tapasztalható. A támogatási rendszerek is kiemelten kezelik a kérdést. Az ingatlan tulajdonos polgár fejében valószínűleg már többször megfordult a beruházás kecsegtető lehetősége. Kivitelezők, pályázatírók, napelem forgalmazók iparkodnak a gondolatot cselekvésre váltani. Nem esik sok szó azonban a különböző típusú cellák teljesítményéről és felépítésük különbözőségéről. Abban minden típusú napelem azonos, hogy a félvezető technológiára épül és a napból érkező fotonok energiáját képes hasznosítani. Könnyed bevezetőnek lássuk először a működési elvet!

A félvezető két típusa: n és p

A szolárcella valójában két félvezető összekapcsolása, amely a ráérkező foton energiáját elektromos árammá képes átalakítani. Alapvetően az ideális félvezető azonos atomok tökéletesen rendezett hálózata. E célra kevés elem felel meg, ilyenek például a szilícium vagy a germánium. Ismertek azonban kettős elrendezések is: gallium-ársén [GaAs] vagy kadmium-tellúr [CdTe], sőt még ennél komplexebb egységek is, mint az indium-gallium-ársén [InGaAs].

A szilícium atomja négy vegyértékes, így 4 kovalens kötést tud létrehozni. Ha a komplexben egy kis mennyiségű szilíciumot kicserélünk egy 3 vegyértékes elemre [pl. bór], akkor az ekörül található szilíciumatomok egyike

nem tud ebben a kötésben részt venni, a szerkezetben kialakul egy elektronlyuk. Ezt a lyukat egy darab pozitív töltésként foghatjuk fel. Tehát amikor elektronlyukról beszélünk, akkor pozitív töltéssel van dolgunk, ha szabad elektronokról, akkor értelemszerűen negatív töltéssel. Szabad elektronok pedig úgy jönnek létre, ha a fenti receptnek megfelelően szennyezzük a szilíciumatomok egy másik részét, ez esetben azonban öt vegyértékes elemmel [pl. foszforral]. Egyébként, ha a szilícium nem szennyezett [szaknyelven dópolt], akkor a lyukak és a szabad elektronok száma megegyezik.

A fenti módon szennyezett félvezető tehát akkor *p-típusú*, ha több a lyuk, mint a szabad elektron, és akkor *n-típusú*, ha a fordítottja igaz.

A p-n átmenet

Ez az első hallásra is nagyon izgalmasnak tűnő jelenség akkor jön létre, ha egymáshoz érintünk egy p- és egy n-típusú félvezetőt. Ekkor a szabad elektronok hozzákötődnek az elektronlyukakban lévő pozitív töltésekhez, így aztán nem marad egy szabad elektronunk sem, az érintkezési felületen létrejön egy töltéshor-dozával nem rendelkező kiürített tartomány. Esetünkben azonban, mivel a p-oldalon elektron-többlet van és az n-oldalon proton-többlet mutatkozik, a kiindulási állapotban elektromos töltéssel rendelkező terület alakul ki. Így a

két réteg határterületén az e^- -ok vándorlása miatt kialakul egy polarizációs zóna. A szabad elektronok természetes igényüknek engedelmessé válnak, szívesen átlépnének az n-oldalról, hogy beépüljenek a p-oldal elektronlyukába. Azonban ezt a polarizációs zóna megakadályozza, mivel az átlépéshez le kellene győzniük a határterületnél kialakuló potenciálgátat, az úgynevezett kontaktpotenciált.

Érthetőbb: a két különböző típusú félvezető érintkezésénél a kezdeti gyors átrendeződés után beáll egy új állapot, amikor az előbb említett kedvező helyzet – szabad, ellentétes töltések kedvező közelsége – „kifulladt”. Ez egy új és stabil belső állapot, ahol külső erő [energia] kell ahhoz, hogy a folyamat tovább induljon.

Így az elektronátlépés csak akkor történhet meg, ha a diódához elektromos forrást csatlakoztatunk, így a közölt energia segítségével az elektronok energiát kapnak a kiürítési zóna átlépéséhez. Ha az összes lyuk feltöltődött egy-egy elektronnal, akkor a többletelektronok tovább vándorolnak az áramforrás felé. Ezzel egyidejűleg az alacsonyabb feszültséggel töltött területről elektronok indulnak az n-zóna felé, az ott mutatkozó elektronhiányt helyreállítják.

A fotovoltaiikus cella gyakorlatilag egy olyan dióda, amely képes hasznosítani a Napból érkező fotonok energiáját arra, hogy az elektron átlépje a félvezető rés közöttbértékét. Következésképpen a p-n átmenetet fotonnal gerjesztve jön létre az elektromos áram.

Ennyi fizikatudományi alapozás után folytassuk könnyebb témákkal!

Meglepő, hogy a jelenséget már 1839-ben leírta Alexandre-Edmond Becquerel. Az első szilícium alapú modern szolárcella pedig már 1946-ban elkészült. Ennél használták először a p-n átmenetet.

A szolárcellák besorolása több kategóriába történik, főleg a technikai kivitelezés alapján.

1. Első generációs cellák: ezek a szilícium félvezető képességén alapulnak, napjaink legelterjedtebb termékei. Két fő típusa ismeretes: a monokristályos és a polikristályos cella.

- Monokristályos cella: egy speciális eljárással nagy szilícium kristályt növesztenek. A gyártás során ezt a nagy kristályt felszelelik. Ez az eljárás nagyfokú precizitást követel meg, ami drágává teszi a

terméket. Hatásfoka nagy tisztaságának köszönhetően 17–18%. Jó hatásfoka révén területigénye kisebb, mint a többi elterjedt celláé. Magas hőmérsékleten csökkenő hatásfokkal bír, amely már a magyar klímán is teljesítménycsökkenéshez vezet [bár kevésbé, mint a polikristályos]. Mivel nagy tisztaságú szilíciumból készül, kinézete teljesen egységes, nem látható felületi színelterés. A gyártók általában 25 év garanciát adnak erre a típusra. Szórt fényben magasabb hatásfokot tud, mint a polikristályos cella. Sok előnye mellett természetesen drágább a többi elterjedt típusnál. Hátránya még, hogy részleges takarásnál a cella egésze leáll az energiatermeléssel [ezen manapság mikro-inverterek alkalmazásával segíteni lehet].

- Polikristályos cella: a modulok sok kristályból készülnek, egy-egy cellát is több kristályból építenek meg. Előállításuk gazdaságosabb, ezért a leggyakrabban alkalmazott modulok. Hatásfoka némileg gyengébb 12–14%-os, mint a monokristályos celláé. Magas hőmérsékleten ez is csökkenő hatásfokkal üzemel. Könnyedén megkülönböztethető a monokristályostól, mert ennek cellái tökéletes négyzetek, szemben a monokristályos cellák csapott sarkú négyzetekkel szemben.
2. Második generációs cellák [vékonyfilm cellák]: valamilyen hordozófelületre egy vagy több réteg fényelnyelő anyagot gőzölnek fel. Tömegtermelésre kifejezetten alkalmas technológia, ezért olcsóbb, mint a fenti kristályos cellák. Alacsonyabb hatásfokuk miatt területigényük jelentős. Garancia idejük jellemzően rövidebb, mint a kristályos celláé.
- Amorf Si [a-Si] vékonyfilm cella: kezdetleges cellák, amiket először gyártottak nagyüzemi körülmények között. Alacsonyabb hőmérséklet szükséges a gyártás során. Az amorf elnevezés arra utal, hogy az Si elrendezése nem kristályos és egyáltalán nem rendezett. Alacsony és nem stabil hatásfokú, 4–8% közötti, viszont magas hőmérsékleten is üzemképes. Jellemzően kisméretű berendezésekben [pl. számológép] használják.
 - Kadmium-tellúr [CdTe] vékonyfilm cella: ígéretes technológia, magas abszorpciós hányadossal és kémiai stabilitással, magas hőmérsékleten is jó hatásfokkal. Hatásfoka 9–11%. Költséghatékonyságban legyőzi a kristályos cellákat. Ellene szól, hogy a kadmium, mint nehézfém felhalmozódik az élő szervezetekben.



Mindenhol jól jön egy kis plusz energia

- Réz-kadmium-gallium-szelén [CIGS] cella: hatásfoka 10–12%, az egyik legkedveltebb vékonyfilm technológia. Alacsonyabb a kadmiumtartalma, mit a CdTe celláé.
3. Harmadik generációs cellák
- Nanokristályos cellák: kvantum dot [QT] technológiaként is ismert, köszönhetően annak, hogy a kristályrács mérete a nanométeres tartományba esik. Hatásfoka 7–8%. Kiváló hőmérséklettűréssel rendelkezik.
 - Polimer cella: rugalmas polimer alapra felvitt vékonyfilm technológia. Kísérleti stádiumban elért hatásfoka 3–10%. Hőtűrése gyengébb.
 - Festékkel érzékenyített cella: az elektródok között festékanyagokat használ. Bár hatásfoka 10% körüli, a színyanyagok viszonylag hamar lebomlanak UV és IR fényben.
 - Koncentrált cellák: tükrökkel és lencsékkel összegyűjtött fényt bocsát viszonylag kis felületű szolárcellára. A keletkező nagy mennyiségű hőenergia elvezetésre és hasznosításra kerül. Hatásfoka meghaladja a 40%-ot. Hátránya az egyéb harmadik generációs cellákkal szemben a bonyolult telepítés.
4. Perovszkit cellák: a perovszkit nevű ásványra alapozott technológia. Kísérleti fázisban van, sok előnye van a hagyományos szilícium alapú cellákkal szemben, mivel olcsóbb és egyszerűbb az előállítása és 31%-os hatásfok jellemzi. Jelenleg megoldásra vár az anyag tartósságának növelése. Hőtűrése kiváló. Sokak szerint a jövő napelem-technológiája, magas hatás-

foka és alacsony előállítási költsége kifejezetten versenyképessé teheti.

Összefoglalásul elmondható, hogy a jelenleg legnépszerűbb technológia a kristályos és a vékonyfilmes cella. Mérlegelve az előnyöket és a hátrányokat, figyelembe véve a berendezések árát is, természetesen a helyi körülmények döntik el az optimális technológiát. Ezt leegyszerűsítve, ha kevés helyünk van, akkor a kristályos cella a megfelelő, ha sok, akkor jó lehet a vékonyfilmes is.

Ha égető szükséglet érzünk a napelem birtoklásra, akkor az elterjedt technológiák közül tudunk választani, ha időnk több van, mint sürgető vágyunk, akkor megvárhatjuk a jelenleg kísérleti fázisban [de legalábbis nem elterjedt állapotban] lévő technológiák tömegessé válását, mert ezek magasabb hatásfokkal képesek dolgozni.

Irodalomjegyzék

- Askari Mohammad Bagher, Mirzaei Mahmoud Abadi Vahid, Mirhabibi Mohsen: **Types of Solar Cells and Application**. American Journal of Optics and Photonics, 2015; 3(5): 94-113
https://hu.wikipedia.org/wiki/P-n_%C3%A1tmenet
- Luis Hernández-Callejo, Sara Gallardo-Saavedra, Víctor Alonso-Gómez: **A review of photovoltaic systems: Design, operation and maintenance**. Solar Energy 188 [2019] 426-440
- Shruti Sharma, Kamlesh Kumar Jain, Ashutosh Sharma: **Solar Cells: In Research and Applications – A Review**. Materials Sciences and Applications, 2015, 6, 1145-1155