

6.6. КОМЕРЦИЈАЛНИ СОЛАРНИ ЌЕЛИИ

- Комерцијалните соларни ќелии се делат на два типа според начинот на производство:
Кристални силициумови соларни ќелии и соларни ќелии со тенок слој на полупроводник.
- Кристалните силициумови ќелии се најраспространетите соларни ќелии во моментот и се произведуваат како монокристални или поликристални.
- Монокристалните силициумови соларни ќелии се 200 до 400 μm дебели правоаголни вафери, кои најчесто се остатоци од производството на

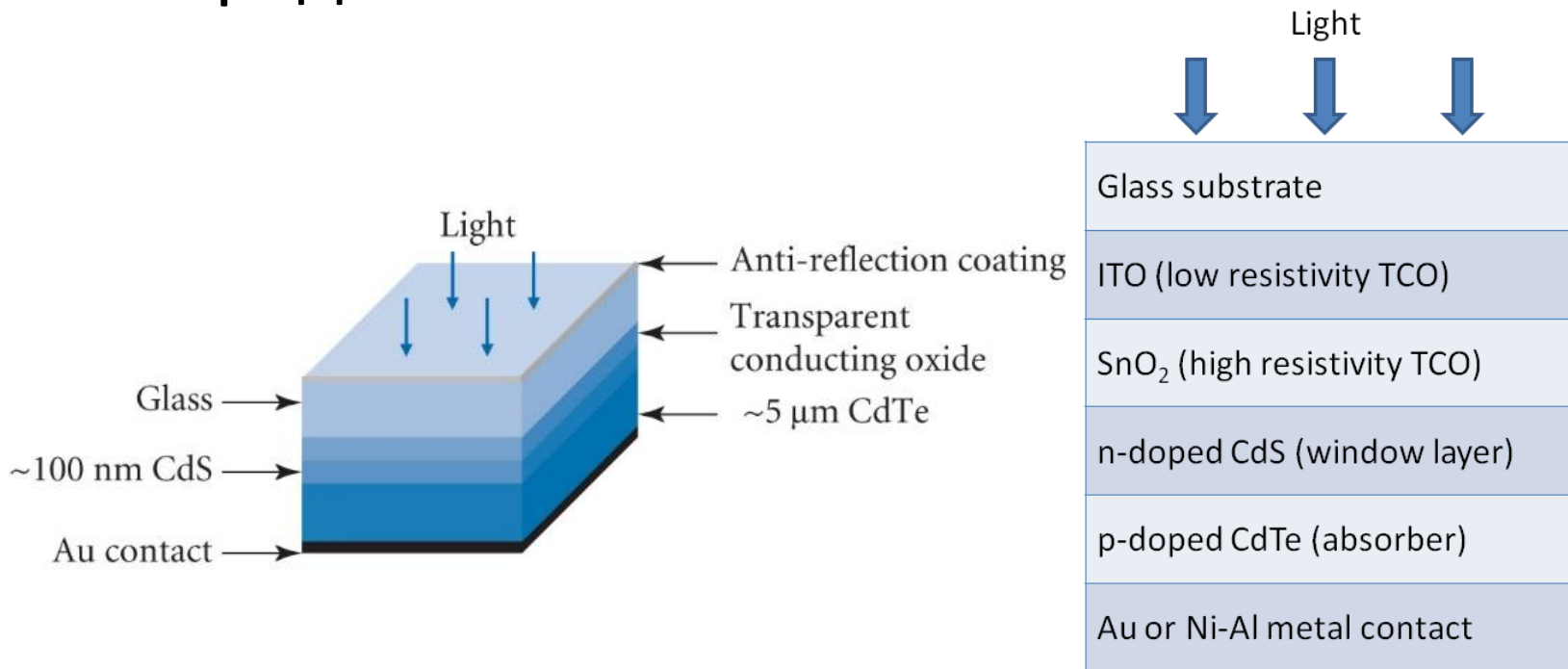
- процесори, поради што и цената им е пониска.
- Најголемиот недостаток на монокристалните соларни ќелии е што тие треба да се сечат во соодветен облик, па поради тоа се јавуваат загуби во отпад.
- За да не се јавуваат овие загуби, развиени се поликристалните соларни ќелии, кои се леат во правоаголна форма и кај нив нема отпад од сечење.
- Најголемиот недостаток на кристалните силициумови ќелии е нивната мала апсорпција на светлината, поради што треба да се најмалку

- 200 до 400 μm дебели, што значи примена на голема количина на скап градивен материјал. Поради тоа развојот на соларните ќелии оди во насока на користење на материјали кои подобро ја апсорбираат светлината и поради тоа се потребни потенки слоеви (околу 1 μm), поради што се наречени соларни ќелии со тенок слој (thin-film cells)
- Материјалите кои имаат добра апсорпција на светлина и кои се повеќе се користат во производството на соларните ќелии се:

- GaAs – галиум арсенид
- CdTe – кадмиум телурид
- CuInGaSe₂ – (CIGS) бакар индиум галиум селенид
- A-Si:H – аморфен хидрогенизиран силициум
- Галиум арсенидот има најдобри карактеристики $E_{\text{gap}} = 1.4 \text{ eV}$, издржлив е на високи температури и има голем простор меѓу појасите, поради што може да ја задржи термичката побуда на ниско ниво.

- Соларните ќелии од галиум арсенид најчесто се користат со концентратори кои ја фокусираат светлината на мала површина и го зголемуваат светлинскиот флуks и до 100 пати. Бидејќи галиум арсенидот е скап соларните ќелии се со мала површина и се користат во ситуации каде што требаат вискои перформанси (во вселената).
- Другите материјали погоре наброени можат да се користат и кај соларни ќелии со поголема површина (и до 1 m^2). Како најперспективен материјал се покажува

- CdTe – кадмиум телурид, кој исто така има $E_{\text{gap}} = 1.4\text{-}1.5 \text{ eV}$, и соларните ќелии изградени од него се претставени на наредната слика.

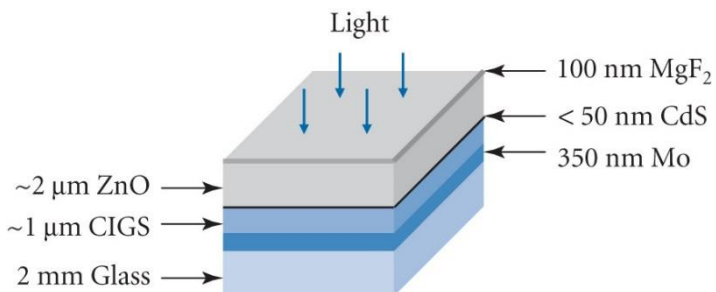
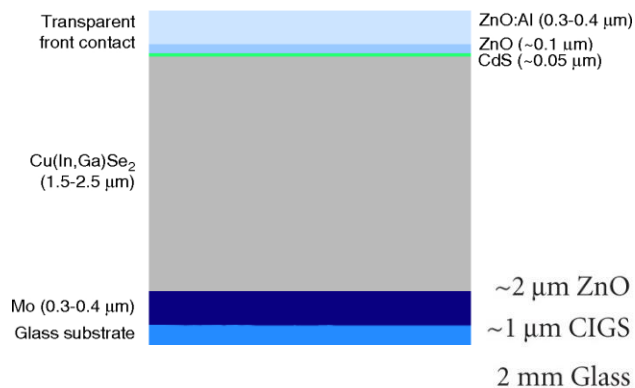
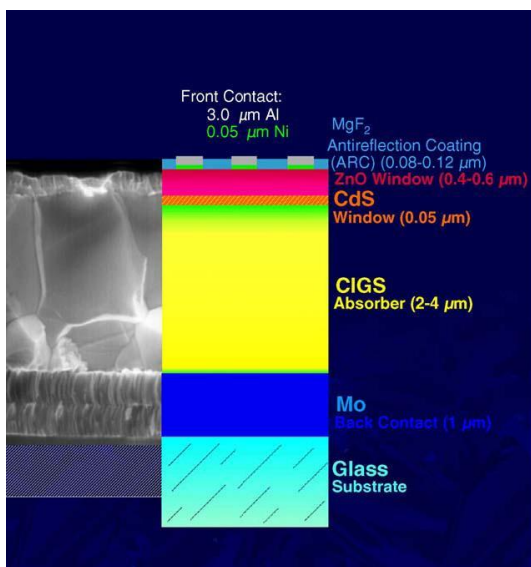


Градба на CdTe ќелија

- ITO – Индиум калај оксид
- SnO₂ – Калај диоксид
- CdS – Кадмиум сулфид
- Au – злато
- Ni-Al – Никел Алуминиум
- Келијата се произведува на тенка стаклена плоча со дебелина помеѓу 2 и 4 mm, која е премачкана со антирефлектирачки слој. Под него се два слоја на просирен спроводлив оксид (со ниска и висока отпорност) кои овозможуваат подобар електричен контакт на CdTe слојот

- Овие ќелии претставуваат спој на различни полупроводници, бидејќи П и Н областите се различни полупроводници, поради што имаат добри перформанси но покажуваат нестабилност поради неможноста да се воспостави добар контакт со CdTe областа.
- Ќелии од CuInGaSe_2 – (CIGS) бакар индиум галиум селенид
- Изградена на тенок стакло на кое има слој молибден кој служи како електрода, над кој е CIGS слојот кој е од П тип, над кој има CdS (Кадмиум сулфид) слој кој е Н тип и ZnO (Цинк оксид) кој служи како електрода,

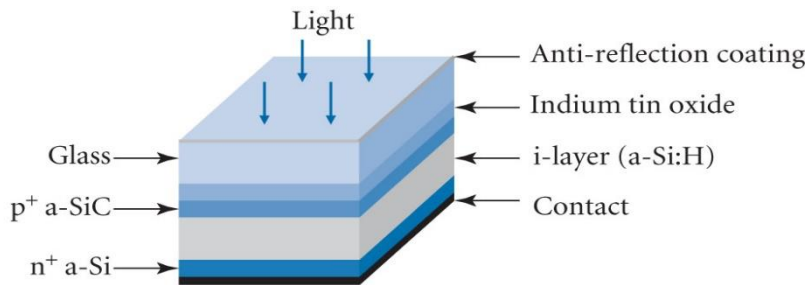
- над кој има слој од MgF_2 (магнезиум флуорид) кој е антирефлектирачки слој.
- Специфично за овој материјал е дека енергијата на процепот може да варира со дебелината на CIGS слојот како и со количината на индиум во слојот.



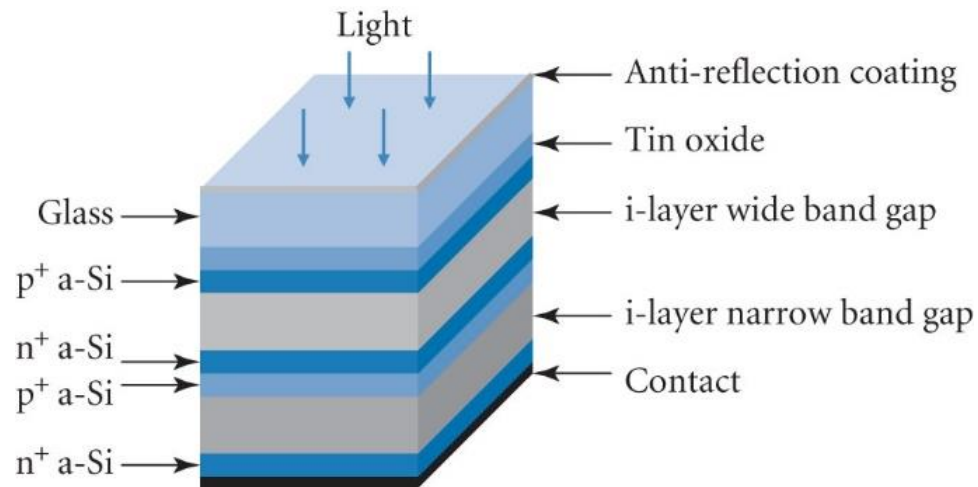
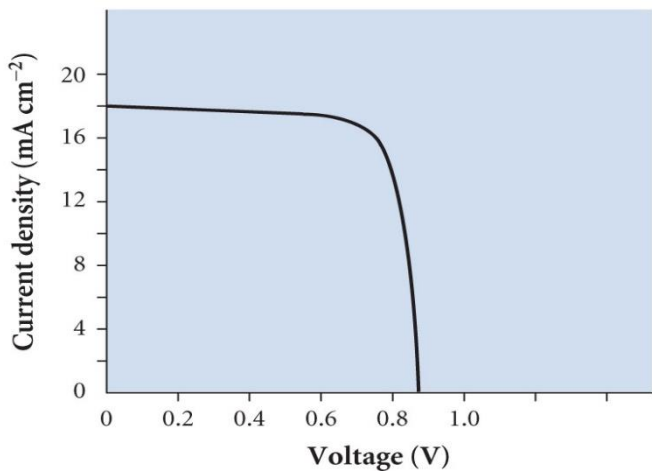
Градба на CIGS ќелија

- Соларни ќелии од A-Si:H – аморфен хидрогенизиран силициум
- Аморфниот силициум не гради правилна кристална решетка како кристалниот силициум. A-Si:H всушност е легура на аморфен силициум со 5-20% водород кој поради нестабилните врски со силициумот обезбедува слободни електрони. Поради аморфната структура се обезбедува висока оптичка апсорпција, поради што дебелината на слојот може да биде само 1 μm . На следната слика е прикажана една A-Si:H соларна ќелија

(a)



(b)



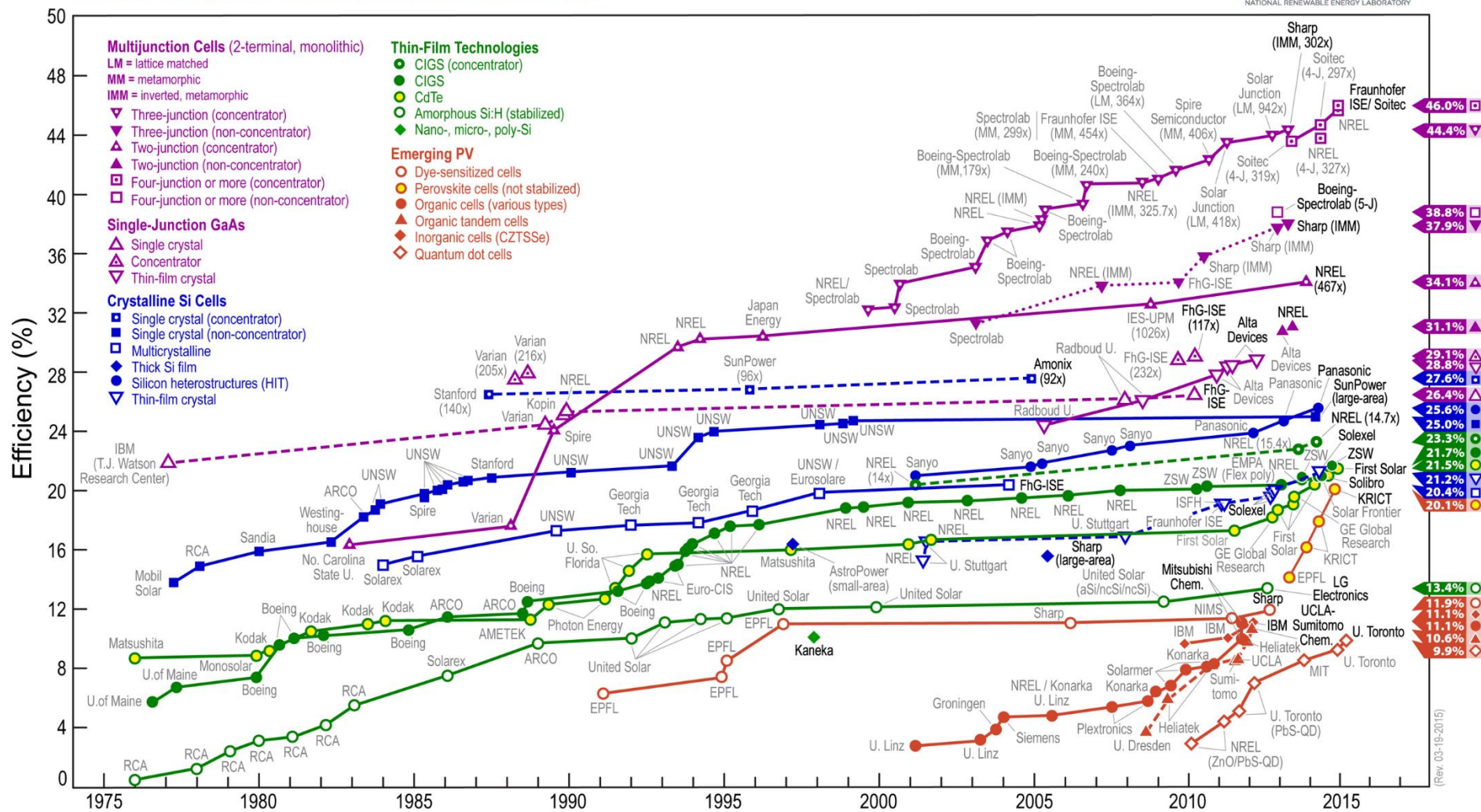
Градба на еднослојна и повеќеслојна A-Si:H ќелија

- Ќелијата е изградена врз стакло со прозирен оксид на индиум и калај што овозможува електричен контакт со П слојот од аморфен хидрогенизиран SiC (Силициум карбонат) под кој се наоѓа интринсичкиот (И) слој од A-Si:H, под кој се наоѓа Н слојот од A-Si со што се создава т.н. П-И-Н спој.
- Треба да се внимава бидејќи кај овие ќелии се намалува ефикасноста со осветлувањето што е ефект кој први го приметиле Штеблер и Вронски, кој настанува поради појава на метастабилни недостатоци во материјалот.

- Треба да се напомниме дека наместо аморфен силициум може да се користи и поликристален силициум но тие поради послабата апсорпција треба да се обработат површински со цел да ја продолжат патеката на светлината внатре во слојот.
- Ефикасноста на овие ќелии може да се зголеми со правење на повеќеслојни ќелии составени од неколку П-И-Н споеви еден врз друг.
- Во разгледуваниот пример фотоните со високо ниво на енергија ќе бидат

- апсорбирани во горниот слој додека фотоните со пониско ниво на енергија ќе бидат апсорбирани во долниот слој.
- Слоевите се сериски поврзани и струјата што поминува низ нив е иста и ограничена со слојот што произведува најмалку струја.
- Изборот на слоевите треба да се направи внимателно па можна комбинација би била: a-Si:H ($E_{\text{gap}} = 1.7 \text{ eV}$, слој со широк меѓупростор) и a-SiGe:H ($E_{\text{gap}} = 1.1 \text{ eV}$, слој со тесен меѓупростор). Теоретски ќелија со 4 слоја би имала 50% ефикасност.

Best Research-Cell Efficiencies



Промена на ефикасноста на соларните ќелии во текот на времето

Пример: Една соларна ќелија со два слоја има меѓупростор од 1.7 и 1.1 eV. Густината на струјата од фотоните со енергија помеѓу 1.1 и 1.7 eV е 19 mAcm^{-2} , додека густината на струјата од фотоните со енергија поголема од 1.7 eV изнесува 21.3 mAcm^{-2} . Спореди ја излезната моќност на соларните ќелии со два слоја со соларните ќелии со еден слој силициум ($E_g=1.1 \text{ eV}$). Да претпоставиме дека напонот на отворено коло за секој слој и за силициумската ќелија е претставен со $V_g-0.4 \text{ V}$. Факторот на исполнување нека биде 0.8.

$$V_{OC} = (1.1 - 0.4) + (1.7 - 0.4) = 2V$$

Максималната моќност P_m се дефинира преку равенката:

$$P_m = FF \cdot V_{OC} I_{SC} = 0.8 \cdot 2 \cdot 19 = 30.4 \text{ mWcm}^{-2}$$

Силициумската ќелија со еден слој има струја

$$I_{SC} = 19 + 21.3 = 40.3 \text{ mAcm}^{-2}$$

Напонот на отворено струјно коло е:

$$V_{OC} = (1.1 - 0.4) = 0.7 V$$

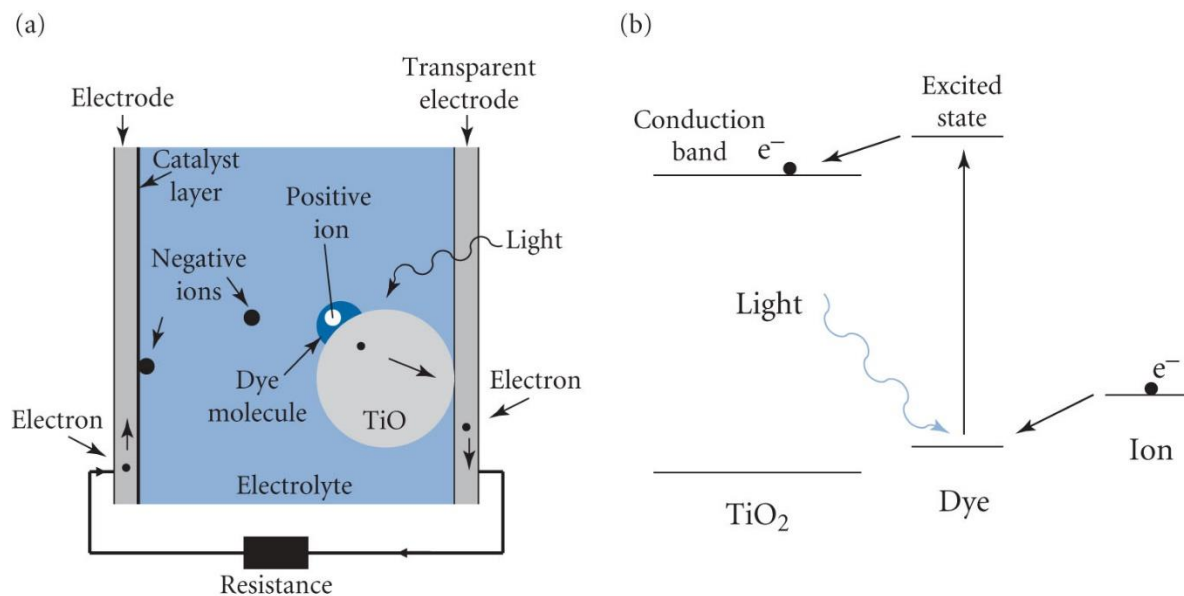
Излезната моќност е:

$$P_m = FF \cdot V_{OC} I_{SC} = 0.8 \cdot 0.7 \cdot 40.3 = 22.6 \text{ mWcm}^{-2}$$

Од што може да се заклучи дека ефикасноста е повисока кај двете ќелии.

6.7. ТЕХНОЛОГИИ ВО РАЗВОЈ

- Електрохемиски ќелии – соларни ќелии чувствителни на бои составени од наночестички TiO_2 (титаниум диоксид) со молекули на боја потопени во електролит.



Функционална шема на електрохемиски ќелии

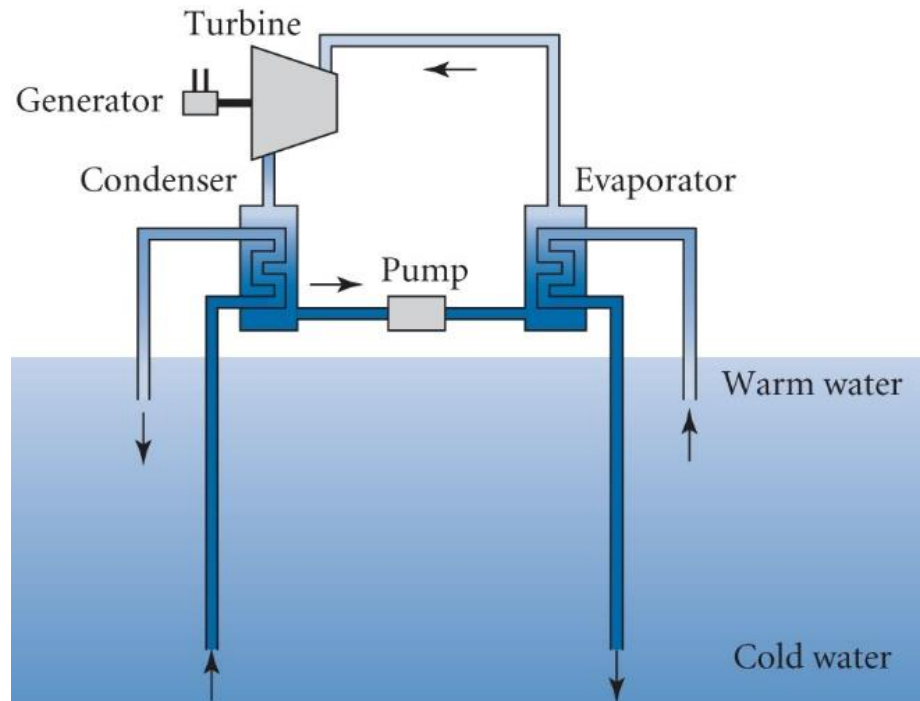
- Светлосната енергија се апсорбира од бојата и се користи за создавање на парови електрони - шуплини.
- Предност е што TiO_2 (титаниум диоксид) е ефтин и моменталната ефикасност во лабораторија е околу 11%. Ефикасноста може да се зголеми ако наместо боја се користат нанокристали од олово сулфид и олово селениум.
- Концентраторите се закривени огледала, леќи или рефлектори со цел да се концентрира светлосната енергија на помала површина.

- Ефикасноста на соларните ќелии со концентратори е над 27 проценти со концентрирана светлина од над 400 сонца. Негативно е што концентраторите треба да имаат систем за следење на сонцето што ја зголемува нивната цена
- Органски полупроводнички соларни ќелии, се состојат од Цинк Фталоцијанин (ZnPc) и фулерен C₆₀ (наноструктура на јаглерод во облик на фудбалска топка) кој има својства на суперспроводливост. Предноста е што составните материјали се евтини и што може да бидат свитливи.

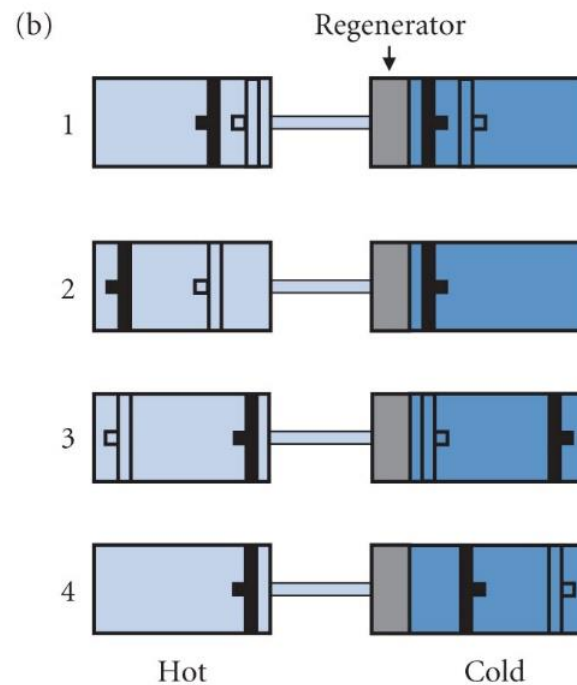
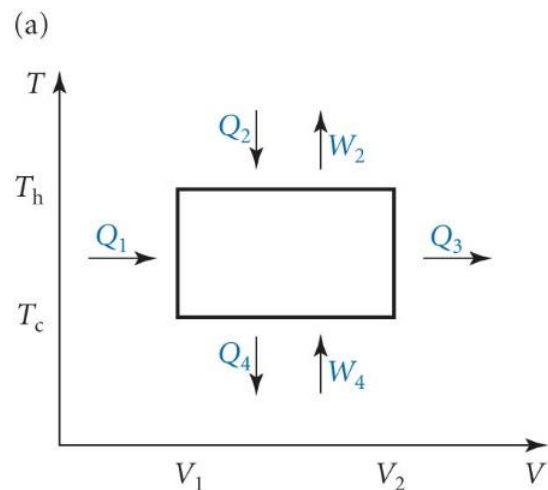
- Термофотонапонски ќелии, хибридни ќелии кои покрај директното претворување на светлината во електрична енергија ја искористуваат и енергијата на топлината која се генерира и апсорбира од соларната ќелија со што се емитираат фотони кои ги прифаќаат фотодиоди при што се зголемува ефикасноста на ќелијата.
- Соларни панели – панели кои се состојат од сериски поврзани помали соларни ќелии со цел да се зголеми излезниот напон на ќелиите.

- Скоро секогаш се поставуваат во комбинација со акумулатори, кои го акумулираат вишокот на произведена енергија и овозможуваат стабилен напон преку ноќ или кога немаме директна сончева светлина. Оваа комбинација скоро секогаш се користи на далечни локации каде нема постоечка електрична мрежа
- Соларни термоцентрали – постојат два типа: првиот е со помош на концентратори да се загрее и испари водата во резервоар за да може да придвижи парни турбини и

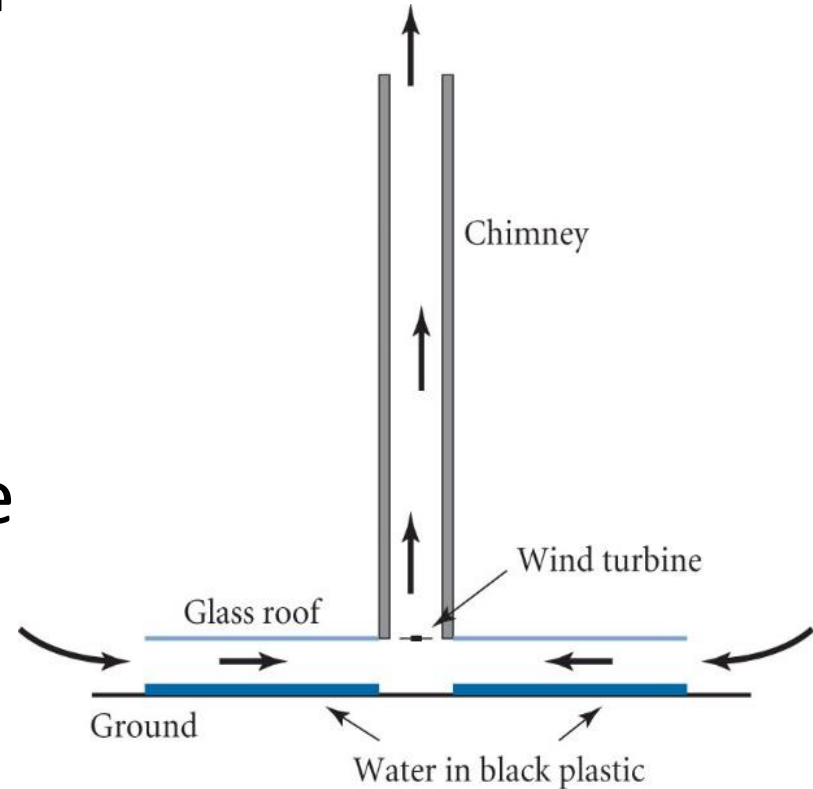
- Вториот кој ја користи температурната разлика помеѓу слоевите во океаните и работи на принцип на топлинска пумпа, но поради малата температурна разлика има мала ефикасност



- Стирлинг мотори што работат на соларна енергија – практично соларната енергија преку концентратори се користи за загревање на затворениот водороден гас кај стирлинг моторите



- Соларни оџаци – се уреди кои загреваат течност во подножјето на оџакот и користејќи ја висинската (разлика во притисок) и температурната разлика, предизвикувајќи струење низ оџакот кое би придвижило некаква ветерна турбина. Имаат ниско ниво на ефикасност.



6.9 ЕКОНОМСКИ АСПЕКТ НА СОЛАРНИТЕ КЕЛИИ

	€ cents/kWh	Capital costs (€/kW)
coal	4–9	1200
Gas	3–5	550
Wind	3–10	750–1000
Hydro	3–14	900
Biomass	7–20	1100
Solar PV	25–30	5000–9000

- Од табелата може да се види дека соларните фотоволтаични ќелии имаат највисока цена на чинење на произведен киловатчас електрична енергија, како и највисока цена на капитални трошоци по киловат. Поради тоа сеуште најмногу се користат на оддалечени локации, каде што не се поврзуваат на мрежа.

- Во последно време со користење на субвенционирана откупна цена, како и субвенции за изградба на соларни центри се зголемува инсталираната моќност на соларните фотоволтаични центри.
- Со користење на субвенционирана откупна цена времето на враќање на инвестицијата во соларни центри е помеѓу 2,5 и 7 години.

6.10 ВЛИЈАНИЕ НА СОЛАРНИТЕ ЌЕЛИИ ВРЗ ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

- Соларните ќелии при производство на електрична енергија воопшто не ја загадуваат животната средина, не создаваат CO₂, не создаваат бучава, поради што лесно се добива дозвола за градба.
- Сепак при производство на ќелиите се создава определено количество на CO₂, како и се користат опасни материјали како кадмиум и арсен, но во мали количества

6.11 ПЕРСПЕКТИВА НА СОЛАРНИТЕ КЕЛИИ

- Со намалување на цената на производство на силициумовите вафери соларните ќелии ќе бидат се поперспективни. Развојот на нови технологии и зголемување на процентот на размена на енергија во соларните ќелии исто така влијае на перспективноста на технологијата, која важи за чиста енергија и која треба до 2060 година да покрива помеѓу 15 и 20 проценти од потрошувачката.