

# ЕКОЛОГИЈА И АЛТЕРНАТИВНИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ

Катедра за инжењерство за енергетику  
Факултет за производњу и менаџмент Требиње

ВЕЛИНКА ТОМИЋ  
vtomic2020@gmail.com

# КОНВЕРЗИЈА СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЕЛЕКТРИЧНУ

Edmond Becquerel, 1839. год.

Фотонапонски ефекат «свјетлосни електрицитет»

Процес у коме фотонапонски (ФН) материјали и уређаји претварају свјетлосну енергију у електричну енергију.

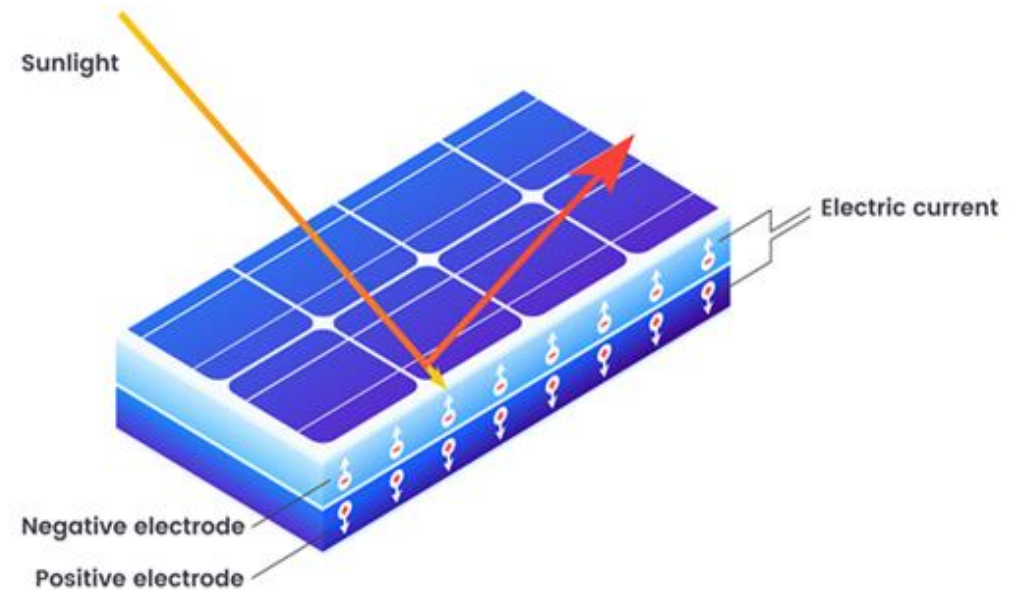
Фотонапонска конверзија

Фотонапонска конверзија се остварује помоћу фотоелемената у којима дјеловањем фотона на кристалну решетку неког полупроводника се ослобађају носиоци наелектрисања чиме се успоставља електрична енергија.

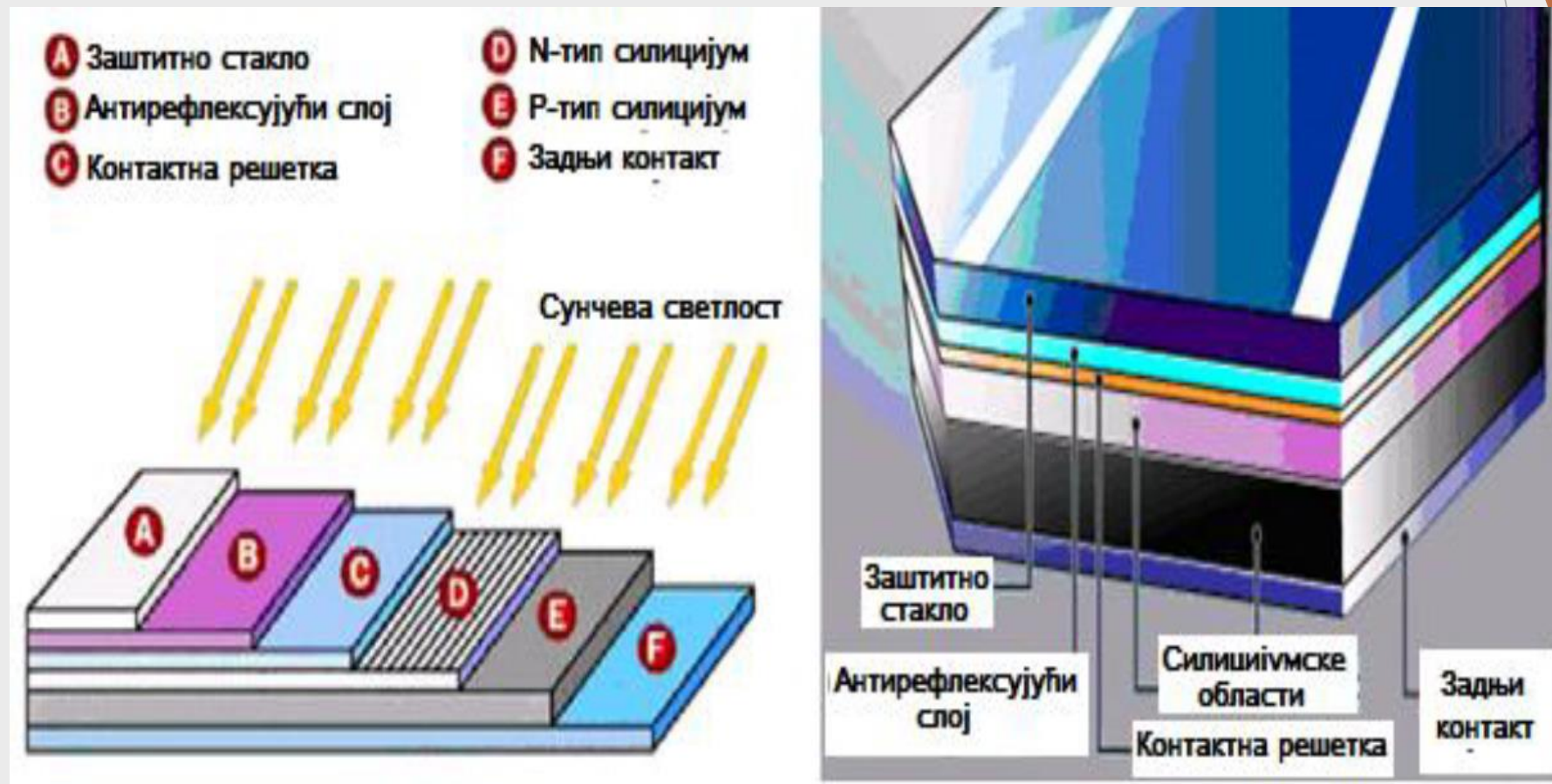


# Фотонапонска ћелија

- ▶ Фотонапонска ћелија је полупроводничка структура која конвертује свјетлост директно у електрицитет помоћу ФН ефекта.
- ▶ Прва соларна ћелија израђена је у Бел лабораторијама (Bell Laboratories) 1954 године.
- ▶ Типичана фотонапонска ћелија димензије 10x10 cm.
- ▶ Типичана фотонапонска ћелија има ефикасност од око 15%.
- ▶ Вијек трајања преко 20 година.
- ▶ Најпопуларнији материјал од кога се праве соларне ћелије је силицијум, јер је у природи присутан у великим количинама.
- ▶ Једна соларна ћелија генерише напон од око 0,5 V.



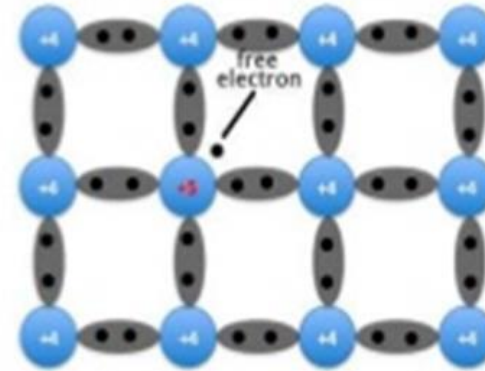
# Фотонапонска ћелија



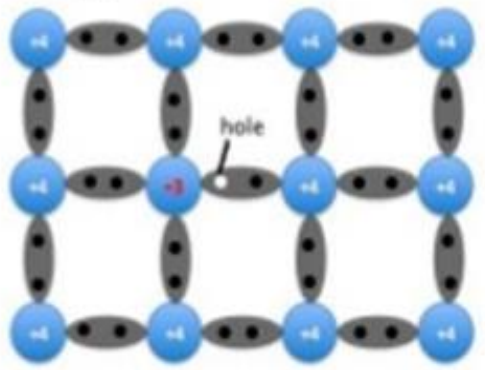
# Фотонапонска ћелија

- ▶ Чист силицијум је слаб проводник електричне енергије, зато што нема слободних електрона да се крећу.
- ▶ Како би отклонили овај проблем, силицијум од којег се производе соларне ћелије у себи садржи корисне нечистоће (атому силицијума додамо атом фосфора).
- ▶ Процес прављења нечистог силицијума назива се доповање и тако добијен силицијум се назива Н-тип силицијум (Н-негативан) зато што у њему преовлађују електрони.
- ▶ Доповани силицијум Н-типа је много бољи проводник од чистог силицијума.
- ▶ Други дио соларне ћелије је обично допован са бором, који има само три електрона на спољашњем слоју, и тако се добија П-тип силицијума. (П-позитиван)
- ▶ Умјесто да има слободне електроне П-тип силицијума има слободна мјеста и преноси супротан (позитиван) напон.

N-Type Semiconductor



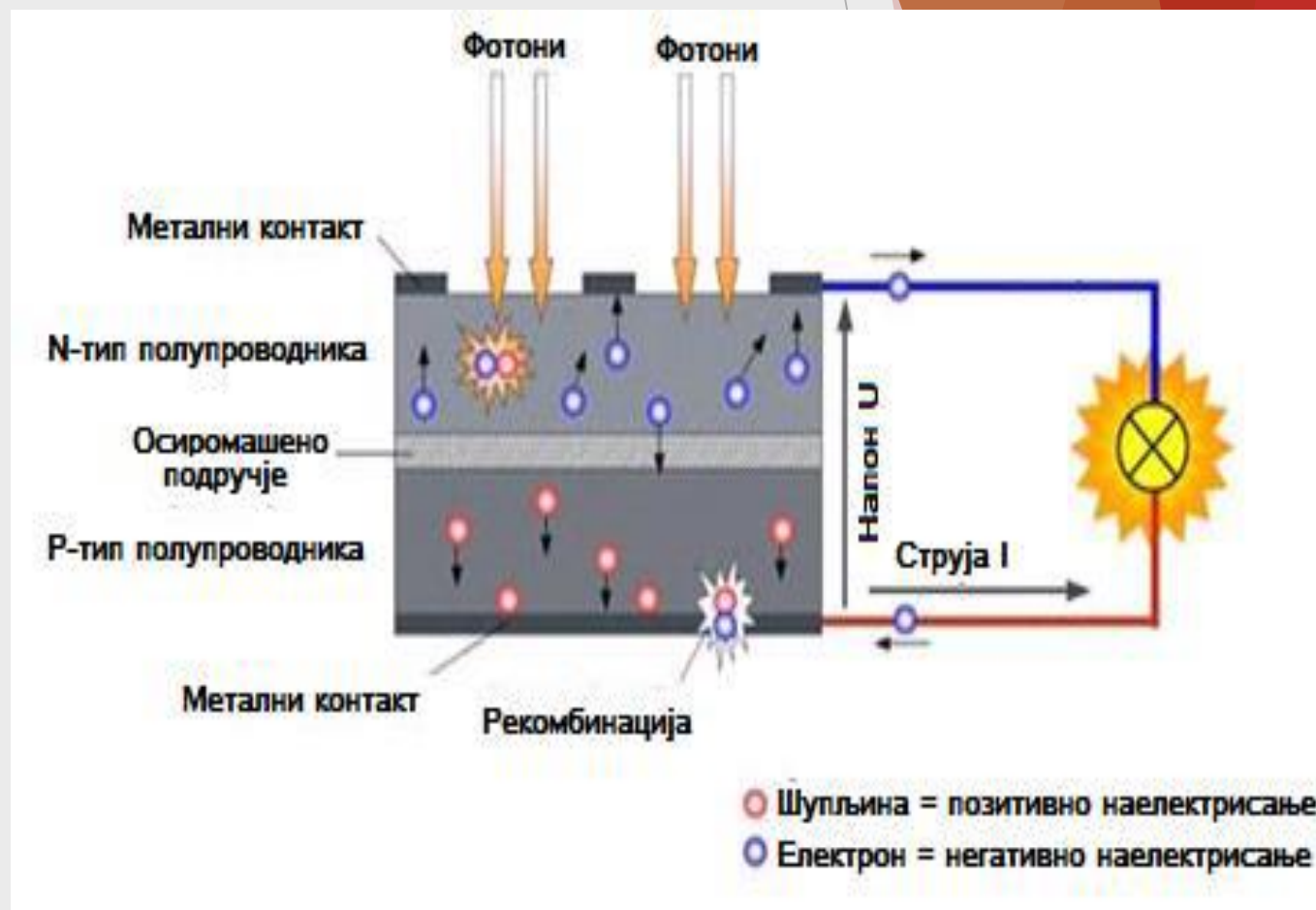
P-Type Semiconductor





# Принцип рада фотонапонске ћелије

- ▶ Када свјетлост, у форми фотона, удари у соларну ћелију, сваки фотон са довољно енергије ослободиће тачно један електрон, што ће резултирати и празним мјестом.
- ▶ Ако се ово деси близу електричног поља, или у домету утицаја електричног поља, електрично поље ће послати електрон на Н-страну, а празно место на П-страну.
- ▶ Електрони се крећу путањом до П-стране да се уједине са празним местима које је електрично поље тамо послало.
- ▶ Кретање електрона ствара струју, а електрично поље ћелије проузрокује напон.
- ▶ Снага је производ струје и напона....



# Принцип рада фотонапонске ћелије

Energija fotona:

$$h * \nu = W_i + E_{kin}$$

$W_i$  - Рад излаза

$E_{kin}$  - Кинетичка енергија емитованих електрона

Ајнштајнов закон

$$E = h * \nu$$

$h$ - Планкова константа

=  $6,6262 \cdot 10^{-34}$  Js

$\nu$ - фреквенција фотона

- ▶ Електрони могу бити слободни или валентни везани.
- ▶ Валентни су везани уз атом, док слободни електрони могу да се крећу.
- ▶ Да би валентни постао слободан треба да добије енергију која је већа или једнака енергији везе.
- ▶ У случају фотонапонске ћелије, електрони добијају енергију од судара са фотоном.
- ▶ Дио енергије се троши да се ослободи од утицаја атома а преостали се претвара у кинетичку енергију сада већ слободног електрона тј. Фотоелектрон.
- ▶ Енергија која је је потребна да се валентни (везани) елетрон ослободи утицаја атома назива се рад рад излаза  $W_i$ .

# Ефикасност фотонапонске ћелије

$$\eta = \frac{P_{el}}{P_{sol}} = \frac{U \cdot I}{E \cdot A}$$

гдје је:

- $P_{el}$  [W] - излазна електрична снага фотонапонске ћелије
- $P_{sol}$  [W] - снага сунчевог зрачења
- $U$  [V] - ефективна вриједност излазног напона
- $I$  [A] - ефективна вриједност излазне струје
- $E$  [W/m<sup>2</sup>] - интензитет сунчевог зрачења
- $A$  [m<sup>2</sup>] - површина ћелије

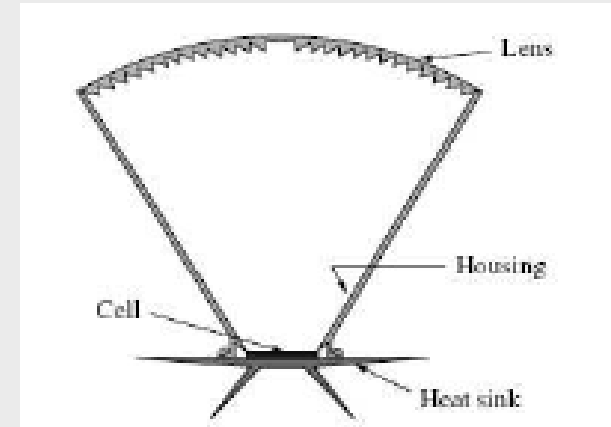
- ✓ Ефикасност фотонапонске ћелије дефинише се као однос електричне снаге коју даје фотонапонска ћелија и снаге сунчевог зрачења.
- ✓ Фотонапонска ћелија производи напон од око 0,5 [V] уз густину струје од неколико десетина [mA/cm<sup>2</sup>] зависно од интензитета сунчевог зрачења, али и од спектра зрачења.
- ✓ Ефикасност фотонапонске ћелије се огледа у процентуалној реализацији претварања сунчеве енергије у електричну.
- ✓ Ефикасност фотонапонске ћелије се креће до 40%. Типична ефикасност комерцијалне соларне ћелије је 15%, што значи да се око 1/6 сунчеве енергије претвори у електричну.
- ✓ Енергија која се не претвори у електричну претвара се у топлотну, те тако грије ћелију и смањује јој ефикасност.



# Ефикасност фотонапонске ћелије

У циљу повећања ефикасности фотонапонске конверзије сунчевог зрачења користе се фотонапонске ћелије са концентраторима у облику Френелових сочива или нагнутих огледала.

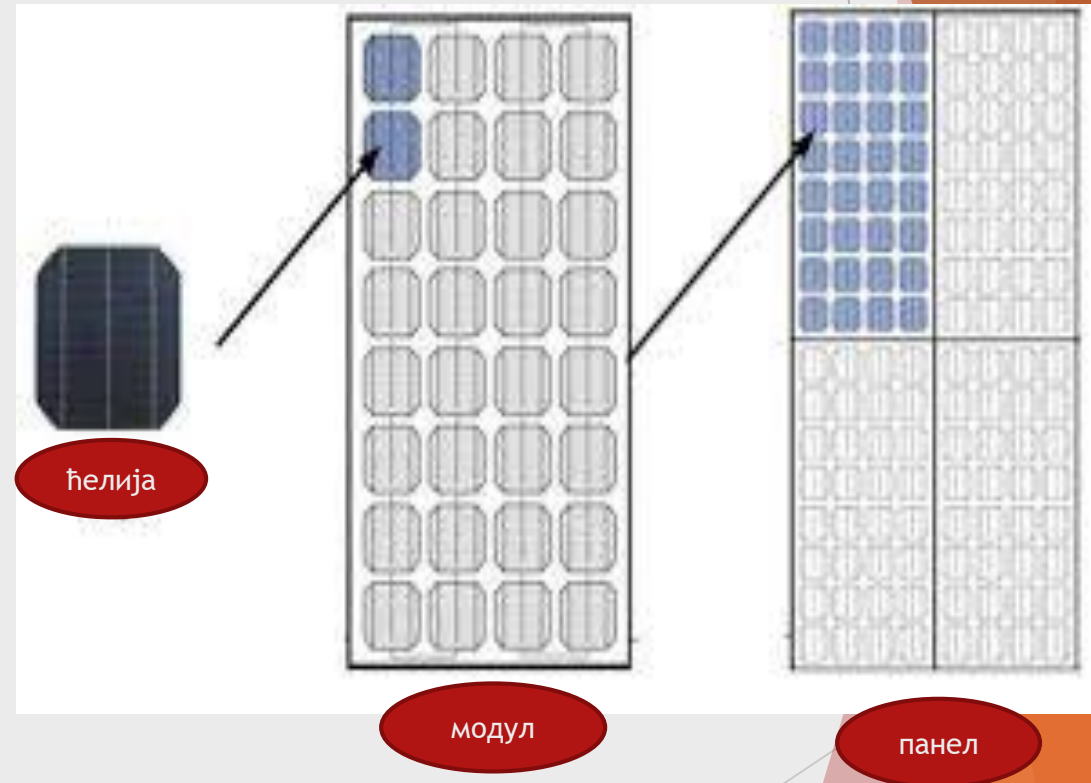
- ❖ За описивање концентратора користи се концентрациони фактор  $C$ .
- ❖ равни панел  $C=1$ ,
- ❖ концентрирајући системи  $C < 40.000$
- ❖ Френелова сочива од пластике  $C=10-500$



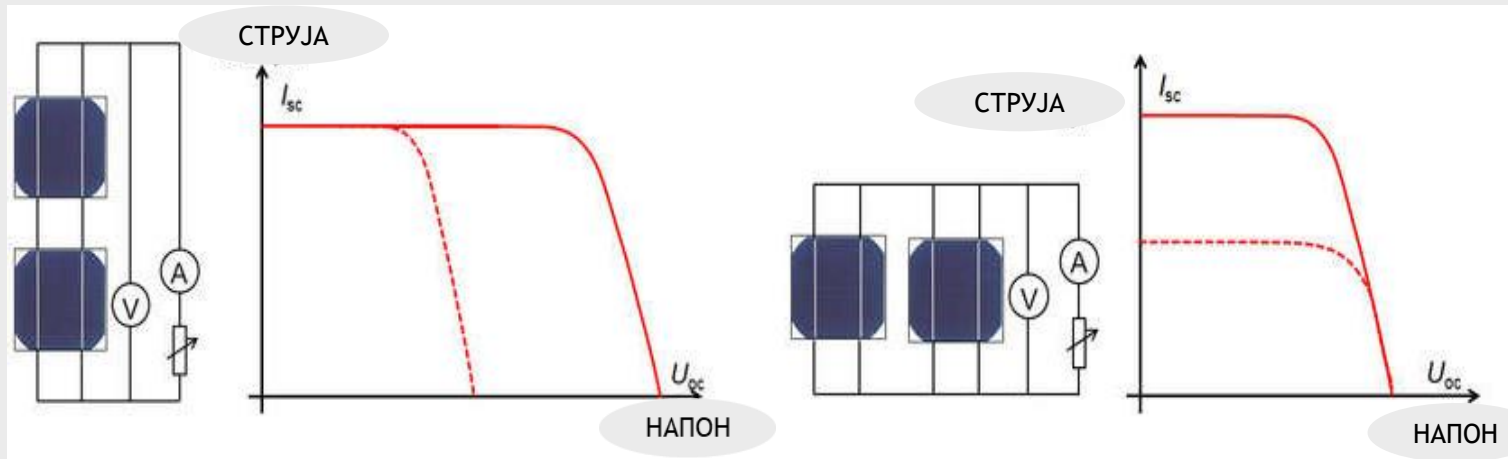
*Соларна ћелија са Френеловим сочивом*

# ФН МОДУЛИ И ПАНЕЛИ

- ▶ ФН системи генерално се састоје од много ФН ћелија.
- ▶ ФН системи не производе буку, немају покретних делова
- ▶ ФН системи не испуштају загађујуће материје у околину.
- ▶ ФН системи производе неколико десетина пута мање CO<sub>2</sub> по јединици произведене енергије од технологија које се користе у производњи енергије из фосилних горива.
- ▶ ФН системи могу обухватати и опрему за складиштење енергије и интегралну носећу структуру.



# Повезивање фотонапонских ћелија



Серијски

Паралелно

- ▶ Уколико се жели постићи већа вриједност напона на излазу, модули се повезују СЕРИЈСКИ, наизмјенично се спајају (+) и (-) полови ћелија у низу. Вриједност струје остаје непромијењена.
- ▶ Уколико се жели постићи већа струја, модули се повезују ПАРАЛЕЛНО, сви (+) полови се спајају на исти проводник, аналогно и сви (-) полови се спајају на исти проводник
- ▶ Повезивањем ћелија постиже се и једноставност руковања, постављања и одржавања, те отпорност на вањске утицаје.

# Параметри излазне снаге

Панел  $1\text{m}^2$

- ▶ Даје снагу до  $150\text{ [W]}$
- ▶ 30 година без одржавања
- ▶ када је облачно...напон остаје исти ..снага варира



Излазна снага фотонапонског панела зависи од:

1. максималне снаге соларног панела

колико ће соларне енергије у јединици времена панел претварати у оптималним условима, тј. у подне уз директну сунчеву светлост по хладном времену.

2. интензитета сунчевог зрачења (временски услови, облаци, магла итд. и висина сунца на небу..)

Максимални интензитет сунчевог зрачења је  $1.000\text{ [W/m}^2\text{]}$

3. угла излагања сунцу (Сунчеви зраци би требало да падају на панел под правим углом) И

4. броја сунчаних сати.

# Врсте фотонапонских ћелија

ТИП Si СОЛАРНЕ ЋЕЛИЈЕ	енергетска ефикасност	карактеристике
Монокристалне Si ћелије	13-18%	најефикаснија фотонапонска ћелија, велике површине, стабилне, <b>НАЈСКУПЉЕ</b>
Поликристалне Si ћелије	До 15%	Мале површине, јефтиније, животно вијек до 20 година, <b>НАЈЗАСТУПЉЕНИЈЕ</b>
Аморфне	8%	<b>НАЈЈЕФТИНИЈЕ</b>

# Развој технологија израде ФН ћелија

Технологије

«треће генерације ФН ћелија»

Циљ:

- ефикасност 30%-60%
- Јефтини материјали
- Ниски трошкови производње
- Мала маса

Соларне ћелије у развоју	Енергетска ефикасност	Карактеристике
Соларне ћелије од галијум арсенида (GaAs соларне ћелије)	Са концентраторима чак 30%-35%	Идеалан материјал за израду ћелија; већа ефикасност, мања дебљина и тежина, велика топлотна отпорност... 100 пута скупље од монокристалних Si ћелија
Соларне ћелије са концентраторима	>20%	Нису за облачне дане; Концентраторима се фокусира само директно сунчево зрачење; Стабилне на високим темп.



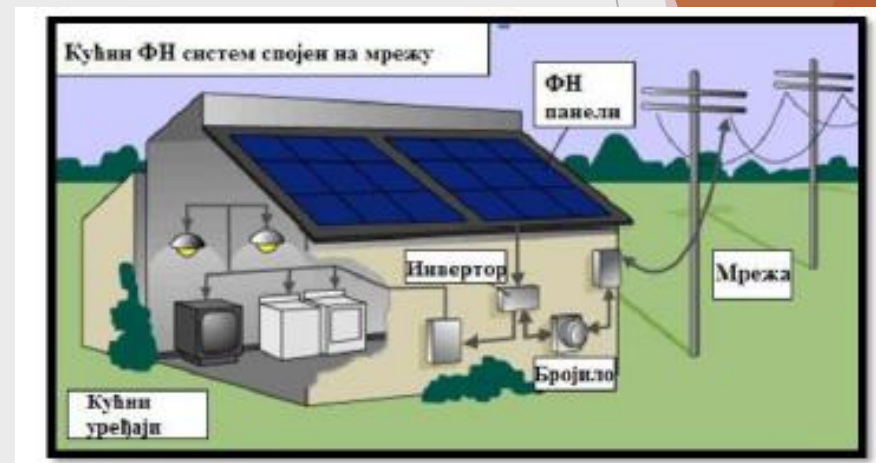
# ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ

## ► Самостални системи

Фотонапонски системи који нису прикључени на мрежу, (off-grid)

## ► Мрежно повезани ФН система

Фотонапонски системи који су прикључени на јавну електроенергетску мрежу (on-grid)

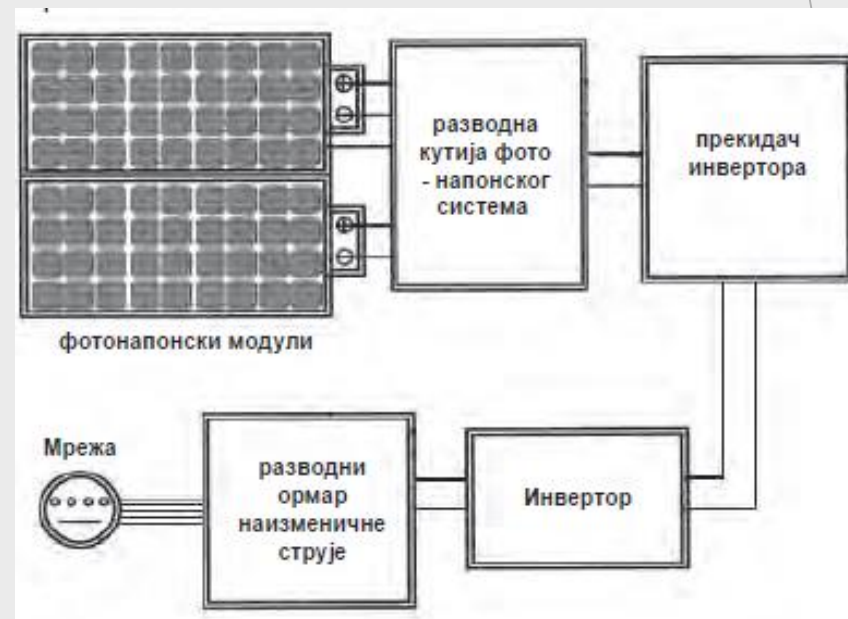


Током дана електрична енергија коју генерише ФН систем може одмах да се користи, или може бити предата електро-мрежи као вишак тј. Може се продати ....

# Мрежно повезани ФН система

Интерактивни фотонапонски систем

- ▶ једноставност и нижа цијена система,
- ▶ Повезује се на стандардну инсталацију зграде
- ▶ Једине двије потребне компоненте су фотонапонски генератор и инвертор,
- ▶ Нема локалног складиштења енергије



Интерактивни фотонапонски систем

# Самостални ФН системи

- ▶ Независтан од електричне мреже,
- ▶ Користе се у областима које нису лако доступне,
- ▶ Нема приступ мрежи електричне енергије.
- ▶ Произведена енергија обично се складишти у батеријама.
- ▶ Типичан самостални систем се састоји од једног или више ФН модула, батерије и контроле пуњења.
- ▶ Инвертор служи за конвертовање једносмерне у наизменичну струју коју користе апарати за свој рад.



Самостални једносмерни ФН систем са акумулатором

# Гдје се налазе ове соларне електране?

