

Solární napájecí zdroje a jejich využití v bezpečnostních technologiích

Solar power source and their use in security technologies

Struška Martin

Bakalářská práce
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin STRUŠKA**
Osobní číslo: **A08375**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Solární napájecí zdroje a jejich využití v oblasti bezpečnostních technologií**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte historii vývoje solárních zdrojů a jejich využití.
2. Porovnejte různé druhy solárních zdrojů včetně jejich účinnosti.
3. Zaměřte se na současné využití solárních zdrojů v PKB.
4. Diskutujte další možnosti využití v PKB.
5. Vypracujte přehled v současnosti na trhu dostupných solárních zdrojů.
6. Provedte srovnání jejich parametrů a ceny.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Mgr. MURTINGER, Karel; Ing. BERANOVSKÝ, Jiří, Ph.D.; Ing. TOMEŠ, Milan, CSc. Fotovoltaika : Elektrická energie ze slunce. Praha : EkoWATT, 2009. 93 s.
2. HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika : Budovy jako zdroj proudu. Ostrava : HEL, 2010. 176 s.
3. LIBRA, Martin; POULEK, Vladislav. Fotovoltaika : Teorie i praxe využití solární energie. Praha : ILSA, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2.
4. Sun Professionals [online]. 2008 [cit. 2011-02-01]. Slunce-stin.cz. Dostupné z WWW: <http://www.slunce-stin.cz/cz/kategorie/venkovni-stineni/predokenni-rolety/predokenni-rolety-se-solarnim-pohonem/>.
5. CZECHSOLAR : čistá energie ze slunce [online]. 2008 [cit. 2011-02-01]. Solární panely. Dostupné z WWW: <http://www.czechsolar.cz/fotovoltaika/>.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lubomír Macků, Ph.D.

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

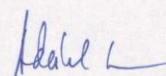
Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

V teoretické části této bakalářské práce je popsána historie, principy, technologie solárních článků a srovnání jejich účinností.

V praktické části jsou srovnány dostupné druhy solárních článků včetně jejich parametrů a ceny. Dále je praktická část zaměřena na využití solárních článků v průmyslu komerční bezpečnosti.

Klíčová slova: fotovoltaický článek, solární panel, průmysl komerční bezpečnosti, účinnost

ABSTRACT

In the theoretical part this thesis is described history, principles, technology of solar items and comparison of its effectiveness.

In the practical part are compared accesible types of solar items including its parameters and price. This part is focused on use of solar items in the commercial security industry too.

Keywords: solar cell, solar panel, commercial security industry, efficiency.

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Lubomíru Macků, Ing. Ph.D. ,za odborné vedení, nasměrování mého úsilí vloženého do problematiky solárních článků, poskytnuté rady a pozornost, kterou mi věnoval při vypracovávání bakalářské práce.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 HISTORIE SOLÁRNÍCH PANELŮ, JEJICH PRINCIPY, MATERIÁLY A VÝROBA	11
1.1 HISTORIE SOLÁRNÍCH PANELŮ	11
1.2 PRINCIPY, MATERIÁLY A VÝROBA SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ.....	12
1.2.1 Fyzikální principy polovodičového fotovoltaického článku.....	12
1.2.2 Základní typy fotovoltaických článků	17
1.2.3 Komerčně dostupné typy fotovoltaických článků	18
1.2.4 Fotovoltaické články z monokrystalického křemíku.....	20
1.2.5 Fotovoltaické články z polykrystalického křemíku.....	23
1.2.6 Fotovoltaické články z amorfního křemíku	26
1.3 NOVÉ TRENDY A SMĚRY VÝVOJE FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ.....	28
1.3.1 Galiumarsenid (arsenid galitý, GaAs)	29
1.3.2 Diselenid mědi a india (coper indium diselenide, CuInSe ₂ , CIS).....	29
1.3.3 Telurid kadmia (cadium telluride, CdTe)	29
1.3.4 Články využívající organické látky	30
2 POROVNÁNÍ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ VČETNĚ JEJICH ÚČINNOSTI.....	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
3 SOUČASNÉ VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH ZDROJŮ V PKB.....	37
3.1 PRODUKTY NA TRHU.....	37
3.1.1 Solární svítidlo s PIR detektorem.....	37
3.1.2 Předokenní rolety se solárním pohonem.....	38
3.1.3 Venkovní žaluzie se solárním pohonem	39
3.1.4 Solární systém pro napájení závor a bran (SOLEMYO)	40
3.1.5 Další dostupné produkty na trhu:	41
4 DALŠÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ V PKB.....	44
5 PŘEHLED SOUČASNĚ DOSTUPNÝCH VÝROBCŮ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ A JEJICH PRUDUKTŮ.....	45
5.1 SEZNAM VÝROBCŮ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ:	45
5.2 SEZNAM VÝROBCŮ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ A JEJICH PRODUKTŮ	46
6 SROVNÁNÍ PARAMETRŮ A CENY SOUČASNĚ DOSTUPNÝCH SOLÁRNÍCH PANELŮ.....	64
ZÁVĚR	66
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	67
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	70
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	71
SEZNAM TABULEK	73

ÚVOD

Energie je jednou z nejdůležitějších věcí na této planetě. Činnost, pohyb, vývoj, to vše je doprovázeno přeměnou energie z jedné formy do jiné. Většinu energie si naše civilizace bere z fosilních paliv tj. ze zásob, které tady rostliny po milion let vytvářely a které nyní čerpáme rychlostí o několik řádů převyšující rychlosti jejich tvorby. To, že se zásoby fosilních paliv jednou vyčerpají, však není jediným problémem. Dalším z problémů je například, že těžba a spalování fosilních paliv pozvolna mění naše životní prostředí, především atmosféru. Například při těžbě zemního plynu nebo ropy se do atmosféry dostává nemalé množství metanu (do jisté míry to platí i pro uhlí). Spalování fosilních paliv produkuje oxid uhličitý a jeho obsah v atmosféře stále stoupá. Jak metan, tak oxid uhličitý patří mezi takzvané skleníkové plyny a nárůst jejich koncentrace v atmosféře vede k růstu teploty.

Nejvýznamnější formou energie pro civilizaci je v současnosti bezpochybně elektřina. Její výhoda je, že ji lze snadno rozvádět a využívat. Naše civilizace (plná techniky a technologií) je na ní tak závislá, jako jsou živé organismy závislé na potravě, nebo rostliny na slunečním záření. Již několikahodinový výpadek elektřiny způsobí naprosté zastavení většiny činností. Přes všechny snahy o snižování spotřeby elektrické energie spotřeba elektřiny stoupá a pravděpodobně po nějakou dobu ještě stoupat bude. Většinu elektřiny zatím vyrábíme v tepelných elektrárnách, které mají poměrně malou účinnost a jako zdroj energie využívají převážně fosilní paliva nebo uran.

Teprve v posledních několika letech dochází k významnějšímu využívání onoho univerzálně dostupného zdroje, neškodného k ovzduší, kterým je sluneční záření dopadající na Zemi. Na plochu, kterou zabírá běžný rodinný dům, dopadne během roku ze slunce přibližně 100 MWh energie, na průměrnou zahradu přibližně 1 GWh. Přitom obvyklý roční odběr rodinného domku je kolem 4 MWh a spotřeba energie na topení asi 20 až 30 MWh. Teoreticky je energie ze slunce více než postačující. Pro přímé využití sluneční energie potřebujeme ovšem vhodné zařízení, které je schopné přeměnit energii slunečního záření na elektřinu. V dnešní době je takovým nejběžnějším zařízením fotovoltaický článek. [2]

O tom, jak jsou fotovoltaické články konstruované, jak se postupně vyvíjely a jak jsou dnes používány, jakož i další zařízení, která jsou pro výrobu elektřiny ze slunečního záření

potřebné, hovoří tato bakalářská práce. Vše musí být natolik levné a spolehlivé, aby cena získané elektřiny byla srovnatelná s cenou elektřiny vyrobené ve velkých elektrárnách.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE SOLÁRNÍCH PANELŮ, JEJICH PRINCIPY, MATERIÁLY A VÝROBA

1.1 Historie solárních panelů

Začalo to v roce 1839 náhodným objevem devatenáctiletého francouzského fyzika Alexandra Edmonda Becquerelera. Při experimentech s kovovými elektrodami ponořených v elektrolytu zjistil, že při jejich osvětlení začne procházet malý proud. První skutečný fotovoltaický článek (jen v tuhé fázi, bez elektrolytu) s použitím selénu vytvořil Adams a Day v roce 1877. Další významný krok učinil Fritts v roce 1883. Jeho první články měly plochu 30 cm^2 a jejich účinnost byla okolo 1%. Fritts také jako první odhadl, jak velký použitelný potenciál toto zařízení má. Ke komerční výrobě a praktickému využití ale nedošlo, protože účinnost byla přece jen příliš nízká. Grondahl použil pro fotovoltaické články oxid měďný vytvořený v tenké vrstvě na měděném plechu. Proud byl odváděn spirálou s olověného drátu. Později byl proud odváděn kovovou mřížkou vytvořenou napařením. Celé uspořádání se již podobalo dnešním fotovoltaickým článkům. Tato technologie měla výhodu v levném a dostupném materiálu, účinnost však byla stále příliš nízká.

V počátku byl rozvoj brzděn také tím, že nebylo jasné, jakým je mechanismus vzniku elektrického proudu ve fotovoltaických člancích a jaké jsou možnosti a omezení při přeměně energie slunečního záření na energii elektrickou. Významným krokem na cestě k moderním fotovoltaickým článkům byla příprava monokrystalů křemíku, kterou vyvinul Jan Czochralski a patentoval Russell S. v Ohl v roce 1946 v USA.

Fotovoltaické články z křemíku dopovaného jiným prvkem (články s p-n přechodem) a s účinností kolem 6 % vyrobili v Bellových laboratořích v roce 1954. Tato účinnost již byla rozumně velká pro praktické využití, cena byla ale příliš vysoká (použití velmi čistého křemíku).

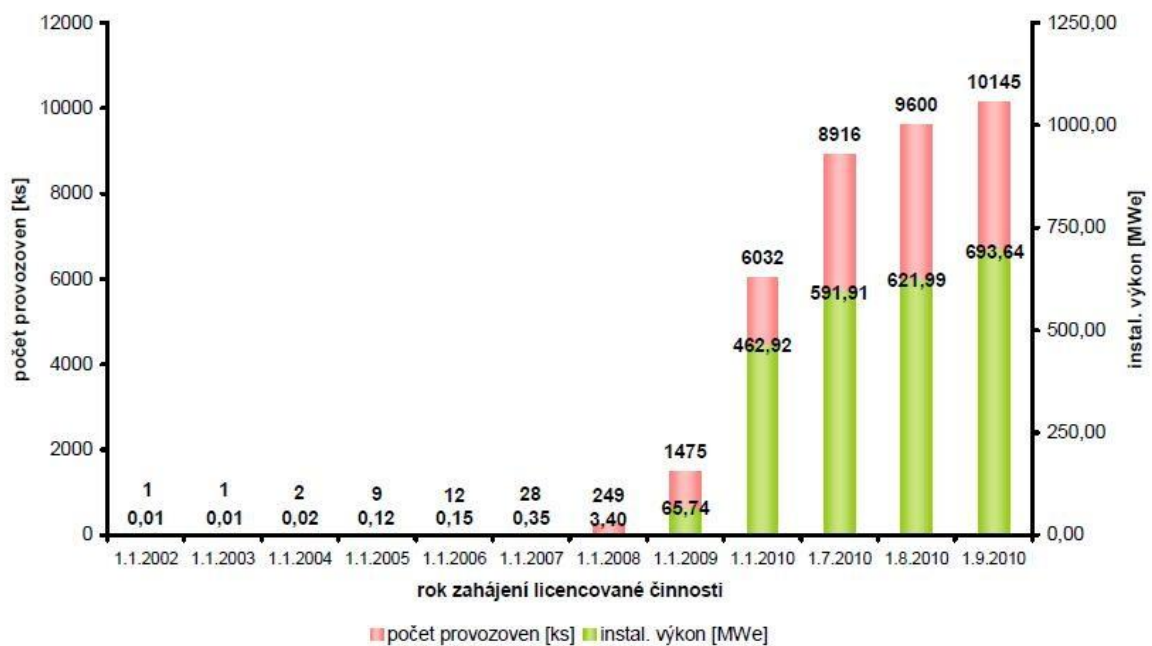
Významným impulzem pro rozvoj tohoto odvětví bylo proto využití fotovoltaických článků jako zdroj energie na umělých družicích po roce 1957. Zde cena nehrála roli, protože fotovoltaické články byly v podstatě jedinou praktickou cestou, jak zajistit napájení třeba telekomunikačních družic. Na Zemi se uplatnily solární fotovoltaické články až v sedmdesátých letech, kdy jejich cena klesla. Stejně však bylo jejich použití omezeno

na napájení navigačních světel nebo různých zabezpečovacích zařízení v místech bez elektrické sítě.

Větší pozemské využití fotovoltaických článků nastalo až po ropné krizi v sedmdesátých letech, kdy se hledaly cesty, jak se zbavit závislosti na ropě a vlády dávaly hodně peněz do výzkumu nových technologií pro výrobu energie. Svou roli zde také nepochybně sehrálo masivní rozšíření křemíkových polovodičových součástek, a tedy také levnější masová výroba čistého křemíku.

Bouřlivý rozvoj výroby fotovoltaických článků a panelů v posledních letech ilustruje Obrázek 1.

Jakkoli už je historie fotovoltaika poměrně dlouhá, většina opravdu významných věcí se děje až v posledních deseti letech a na opravdu významné události (například levné a relativně účinné fotovoltaické články) se teprve čeká. [1]



Obrázek 1. Trh s fotovoltaickými panely [4]

1.2 Principy, materiály a výroba solárních článků

1.2.1 Fyzikální principy polovodičového fotovoltaického článku

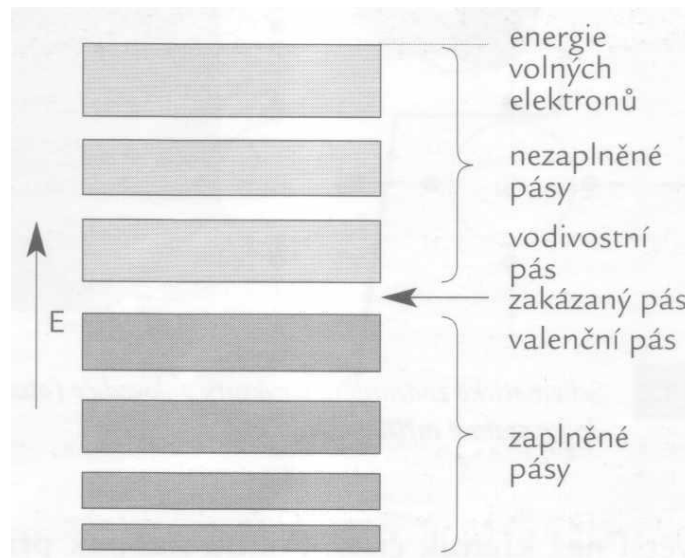
K tomu abychom přeměnili energii proudu fotonů (slunečního záření) v energii pohybujících se elektronů (elektrický proud), potřebujeme v zásadě jen dvě věci:

1. Volné elektrony.
2. Elektrický potenciál (pole), který je uvede do pohybu směrem ze zdroje do spotřebiče.

Volné elektrony nepřestávají problém, jsou k dispozici v každém kovu. Problém je, jak jim dodat potřebnou energii a usměrnit jejich tok potřebným směrem.

Záření se za určitých podmínek chová, jako by bylo tvořeno proudem částic. Albert Einstein je nazval fotony. Foton slunečního záření dokáže předat svou energii elektronu v kovu, nebo v polovodiči. Samotný přenos energie ze záření na elektrony je tedy možný. Již od 19. Století je známo, že pokud ozařujeme povrch kovu zářením, tak dochází k uvolnění elektronů z jeho povrchu. Pokud je energie záření dostatečná, vylétne elektron z povrchu kovu a zanechá po sobě v kovu kladný náboj – fyzikové jej nazývají dírou. Jde o takzvaný fotoelektrický jev. Pokud ovšem elektron zůstane v kovu, pak je zase velmi rychle vtažen do nějaké díry a jeho energie se uvolní jako neúčinné teplo. Je proto nutné oddělit od sebe elektrony a díry a „donutit“ elektrony. Aby předtím, než „zapadnou“ zpět do díry, prošly elektrickým obvodem a vydaly energii získanou ze slunečního záření ve formě užitečné práce v našem spotřebiči. Toto oddělení se dá lépe realizovat v polovodičích než v kovech. Polovodiče (obrázek 2.) jsou látky, jejichž elektrické vlastnosti leží někde mezi kovy a izolanty, tj. nejsou v nich volné elektrony jako v kovech, ale relativně snadno tam mohou vzniknout (teplem nebo třeba právě dopadem slunečního záření). K výše zmíněnému oddělení elektronů z děr je zapotřebí vytvořit v polovodiči takzvaný p-n přechod. Tento p-n přechod je základem celé naší moderní elektroniky a pochopení toho, jak funguje, je podstatné pro pochopení fotovoltaického článku. Podstatu vzniku p-n přechodu lze vysvětlit na nejběžnějším polovodičovém materiálu – křemíku. Atom křemíku má ve valenční sféře čtyři elektrony (je tedy jen z poloviny zaplněna), a proto „potřebuje“ nějak získat čtyři elektrony, aby dosáhl stabilního uspořádání valenční sféry (oktet). V krystalu křemíku proto každá atom zaujme takové uspořádání, že sdílí čtyři elektrony se sousedními atomy; vytvoří proto čtyři vazby se sousedními atomy. Tuhý křemík je proto tvořen mřížkou atomů křemíku, které jsou navzájem spojeny kovalentními vazbami, a na rozdíl od kovů se v takovém materiálu žádné volné, k atomům nevázané elektrony nevyskytují. To ovšem přísně vzato platí jen při velmi nízkých teplotách; při pokojové teplotě dochází v důsledku tepelných kmitů k přerušení některých vazeb a k uvolnění malého množství elektronů. Kovalentní vazby v křemíku nejsou totiž zdaleka tak pevné, jak je tomu například uhlíku (ve formě diamantu). K uvolnění elektronů z vazeb

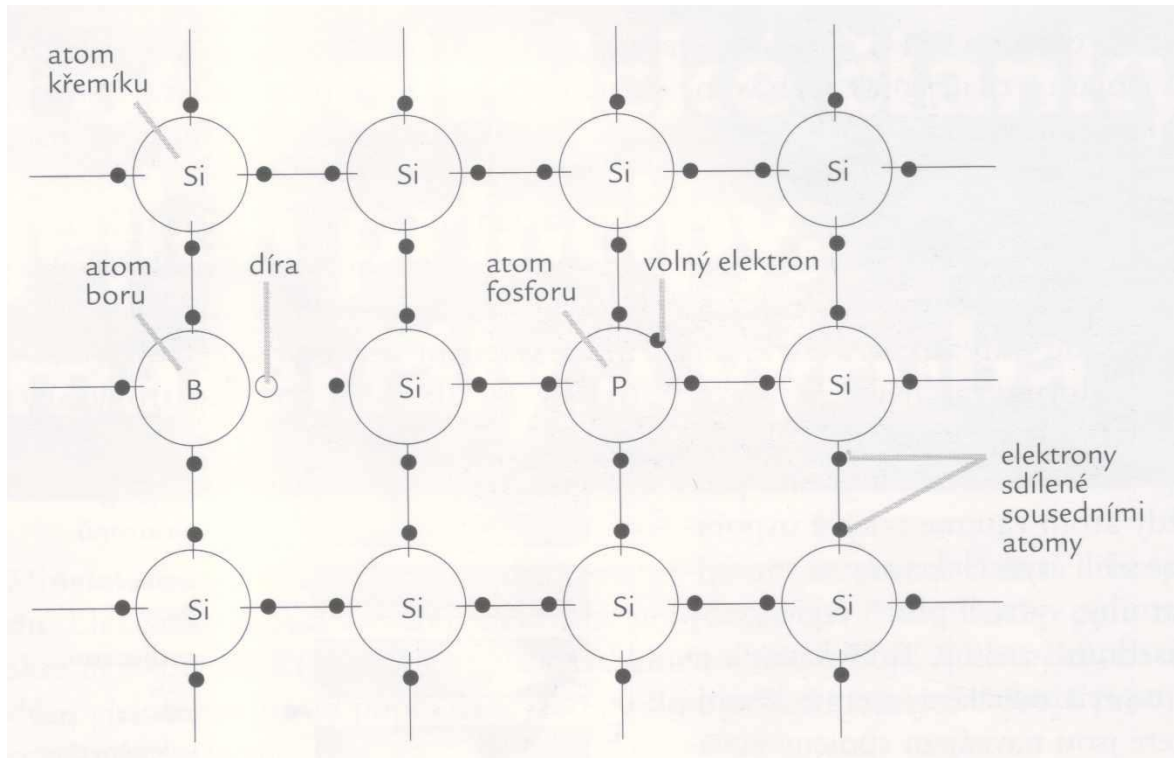
stačí u křemíku dodat poměrně malé množství energie; fyzikové říkají, že křemík má poměrně malou šíři zakázaného pásu. To je rozdíl energie mezi posledním obsazeným (valenčním) pásem a prvním neobsazeným (vodivostním) pásem (Obrázek 2).



Obrázek 2. Valenční a zakázané pásy v polovodiči [1]

Při pokojové teplotě má proto vždy nějaké (malé) množství elektronů dostatečnou energii na to, aby se uvolnilo z vazeb a dostalo do neobsazeného (vodivostního) pásu. Křemík proto (na rozdíl od diamantu) v malé míře vede elektrický proud.

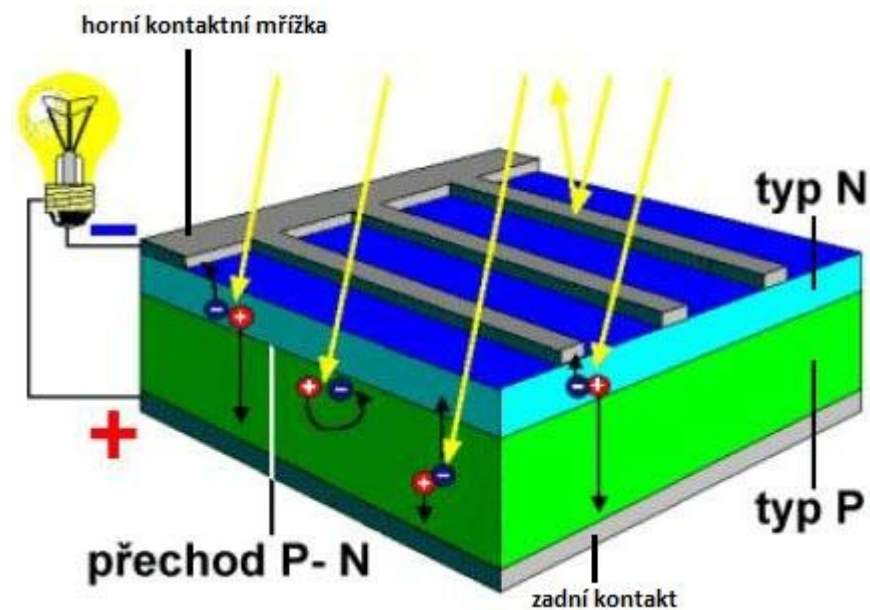
Aby bylo možné křemík prakticky využívat ve fotovoltaickém článku, musí se určitým způsobem modifikovat přidáním malého množství jiných prvků (říká se tomu dopování). Pokud například do křemíku přidáme do křemíku malé množství fosforu (nebo jiného prvku z 5. skupiny periodické soustavy prvků), kterým docílíme toho, že přebývající pátý elektron nemá v dosahu žádný atom, s nímž by mohl vytvořit vazbu, pak se tento elektron může mnohem snadněji (dodáním malého množství energie) uvolnit. Takto modifikovaný křemík (křemík typu n jako negativní, protože je v něm přebytek záporných částic – elektronů) má elektrickou vodivost výrazně větší než čistý křemík. Pokud naopak přidáme do křemíku bor (nebo jiný prvek z 3. skupiny periodické soustavy prvků), který má jen tři elektrony ve valenční sféře, pak při vytvoření čtyř kovalentních vazeb na atomu boru jeden elektron chybí a vzniklá díra se chová jako kladná částice, která se může pohybovat po krystalu a vést elektrický proud (ve skutečnosti jde stále o pohyb elektronů, které se pohybují mezi jednotlivými děrami). Takto dopovaný křemík se nazývá křemík typu p (Obrázek 3).



Obrázek 3. Struktura polovodiče (atomy fosforu a boru začleněné do krystalové mřížky křemíku [1])

Zajímavá situace vznikne, když spojíme krystal n a p polovodiče. Volně se pohybující elektrony (mluví se o nich někdy jako o elektronovém plynu) totiž nemají tendenci vyrovnat svou koncentraci v celém spojení krystalu. Přecházejí proto z části n do částí p a důsledku toho v části n přebývají kladné náboje a v části p záporné. Elektrické pole vznikne v důsledku tohoto rozložení náboje, ovšem zase přitahuje elektrony zpět, a tak se mezi těmito dvěma protichůdnými silami ustaví rovnováha a na rozhraní vznikne gradient koncentrace elektronů. Toto rozhraní se nazývá p-n přechod a má jednu velmi důležitou vlastnost a to, že umožňuje pohyb elektronu jen v jednom směru (z přechodu n do přechodu p). P-n přechod je základem usměrňovacích diod tranzistorů, a tak vlastně celé dnešní elektroniky.

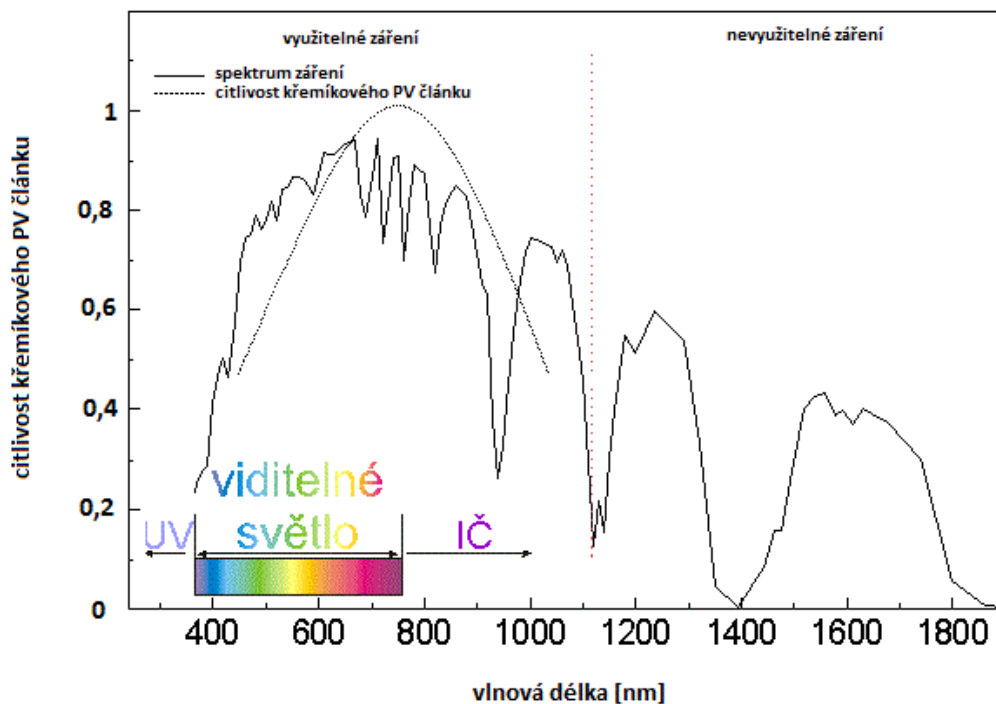
Základem fotovoltaického článku je velkoplošný p-n přechod orientovaný kolmo na plochu článku. Pokud na něj dopadne sluneční záření (proud fotonů) o dostatečně velké energii, dojde k uvolnění elektronů a vzniku stejného množství děr. Elektrické pole p-n přechodu „přetahuje“ elektrony z n- polovodiče do p- polovodiče. Takto vzniklý proud elektronů může být veden z fotovoltaického článku pomocí vhodných kontaktů umístěných na obou stranách p-n přechodu (Obrázek 4).



Obrázek 4. Schéma fotovoltaického článku (dále jen FV) [5]

K tomu, aby foton uvolnil elektron, musí mít energii větší než šířka takzvaného zakázaného pásu (rozdíl v energii volně pohyblivého elektronu nacházejícího se v takzvaném vodivostním pásu a vázaného elektronu nacházejícího se ve valenčním pásu). U křemíku, který má šířku zakázaného pásu přibližně 1,1 eV, to znamená, že vlnová délka záření musí být kratší než 1000nm, tj. jde o část infračerveného záření a celou oblast viditelného slunečního záření. Z energetického hlediska se ovšem využije jen ta část energie fotonu, která se rovná šířce zakázaného pásu. Zbývající energie fotonu se promění na kinetickou energii uvolněného elektronu a posléze na teplo. Bez ohledu na svou energii každý foton uvolní tímto způsobem právě jeden elektron. Velikost proudu, který fotovoltaický článek poskytuje, proto závisí na intenzitě slunečního záření (počtu fotonů, které na něj za jednotku času dopadnou). Napětí na fotovoltaickém článku zase souvisí s intenzitou výše zmíněného elektrického pole, které přesouvá elektrony, a ta je závislá především na materiálu polovodiče (šířce jeho zakázaného pásu). Toto napětí je obecně poměrně malé, u křemíku je to méně než 0,6V a při zatížení ještě trochu klesá. Udává se, že při optimálním proudu, kdy je výkon článku maximální, je napětí 0,5V. vzhledem k tomu je nutné spojovat řadu článků do série, aby se získalo prakticky využitelné napětí (zpravidla se používají moduly na 36 nebo 72 články, které dávají 18 nebo 36V). Jak již bylo uvedeno, fotovoltaický článek může využít jen takové formy, jejichž energie je větší než rozdíl energie mezi valenčním a vodivostním pásem u použitého polovodiče. Křemíkový článek může využít fotony s energií větší než asi 1,1 eV, což představuje záření

o vlnové délce menší než 1 100 nm (pro fotony platí, že čím je jejich vlnová délka kratší, tím větší mají energii). Sluneční záření procházející atmosférou obsahuje fotony s energiemi od 0,5 eV (infrachervené záření) do asi 2,9 eV (ultrafialové záření). Do oblasti využitelné křemíkovými články spadá velká část energie slunečního záření – to je také jeden z důvodů, proč se křemík používá (Obrázek 5).



Obrázek 5. Část slunečního záření využitelná křemíkovým fotovoltaickým článkem.

Energie fotonů s kratší vlnovou délkou (větší energií) ale není využita beze zbytku, to znamená, že každý foton uvolní jen jeden elektron a přebytek jeho energie se promění v teplo. V důsledku toho nelze principiálně dosáhnout s takovýmto článkem větší než asi 55% využití energie záření. U reálného fotovoltaického článku jsou ještě další ztráty a v praxi se dosahuje účinnosti jen někde mezi 10 až 20 %. [1]

1.2.2 Základní typy fotovoltaických článků

Fotovoltaické články mají už za sebou téměř 50 let vývoje a byla vyvinuta celá řada typů a konstrukcí s využitím různých materiálů. Někdy se pro přehlednost rozlišují tři generace fotovoltaických článků

První generace – jde o fotovoltaické články vyráběné z destiček monokrystalického křemíku, v nichž je vytvořen velkoplošný p-n přechod. Tento typ se

vyznačuje dobrou účinností a dlouhodobou stabilitou výkonu a v současné době je to stále ještě nepoužívanější typ fotovoltaických článků (hlavně na velké instalace). Nevýhodou je relativně velká spotřeba velmi čistého, a tedy drahého křemíku a poměrně velká náročnost výroby.

Druhá generace – ta je charakterizována snahou snížit množství potřebného křemíku a zlevnit výrobu tím, že se používají tenkovrstvé články. Nejběžnější jsou články z polykrystalického, mikrokrytalického nebo amorfního křemíku. Jejich hlavní nevýhodou je znatelně nižší účinnost a menší stabilita (účinnost dále klesá s časem). Začínají se používat i jiné materiály než křemík. V poslední době se tenkovrstvé články prosazují hlavně v takových aplikacích, kde je požadována pružnost a ohebnost. Existují například fotovoltaické fólie, které se při rekonstrukci nalepí na plochou střechu a plní funkci nepropustné fólie a současně vyrábí elektřinu. Hlavně díky zájmu armády se rozvíjí také použití fotovoltaických článků, které tvoří součást oblečení nebo batohu, a umožňují tak napájet přenosná zařízení (mobilní telefon nebo vysílačku).

Třetí generace – jsou kompozitní, z jednotlivých vrstev složené fotovoltaické články, schopné efektivně využívat širokou část slunečního spektra. Je to dáno tím, že každá vrstva dokáže využít světlo v určitém rozsahu vlnových délek a to záření, které využít nemůže, propustí do hlubších vrstev, kde je využito. [1]

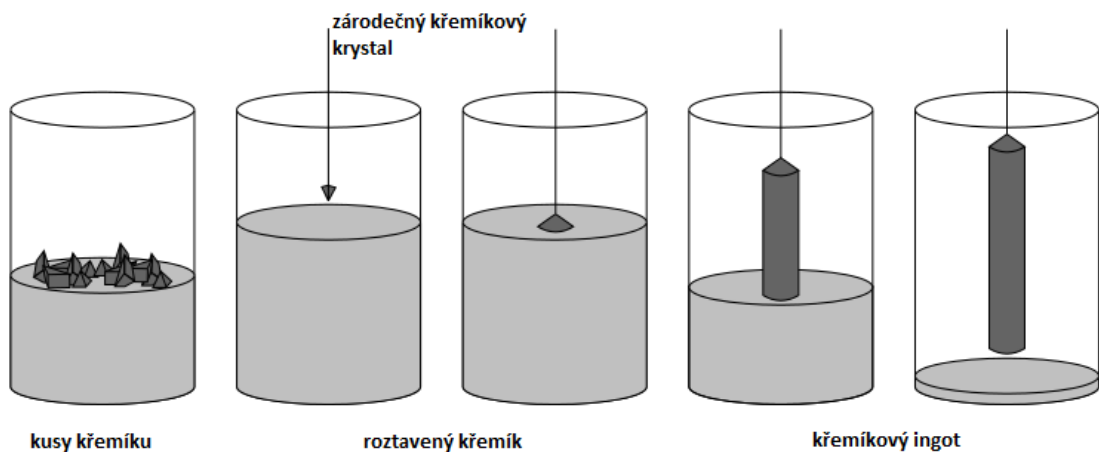
1.2.3 Komerčně dostupné typy fotovoltaických článků

Většina (přes 90%) komerčně dostupných fotovoltaických článků se vyrábí z křemíku. To, že je křemík v současnosti nejvíce používaným materiálem, souvisí do značné míry s tím, že se s něj dělá většina polovodičových součástek a technologie výroby křemíku potřebné čistoty je dobře zvládnutá. Poměrně vysoká cena tohoto materiálu je dána především požadavkem na velmi vysokou čistotu materiálu. Křemík pro elektroniku dosahuje čistoty až 99,9999999 %.

Křemík jako takový však není nikterak vzácný prvek – v zemské kůře je zastoupen 26 %. Do nedávné doby se pro výrobu fotovoltaických článků používal výlučně křemík, který nevyhovoval přísným požadavkům výrobců mikroelektroniky. V současné době už je ale spotřeba křemíku na výrobu fotovoltaických článků tak velká, že tento zdroj nestačí. Navíc křemík pro mikroelektroniku je čistší (a díky tomu také dražší), než je třeba pro fotovoltaiku.

Výchozím materiálem pro výrobu je křemen (oxid křemičitý). První stupeň výroby je redukce oxidu křemičitého uhlíkem v elektrické obloukové peci. Takto se dá získat křemík o čistotě 98 – 99 % s cenou pod 2 americké dolary za jeden kilogram.

V dalším stupni se tento křemík převede na těkavou sloučeninu (trichlorsilan), která se dá dobře vyčistit destilací. Z této sloučeniny se křemík opět získá rozkladem za vysoké teploty na elektrickým proudem zahřívaném povrchu křemíkové tyče o průměru kolem 8 mm, která v průběhu naroste na podstatně větší průměr vyloučeným křemíkem (Obrázek 6). Tento postup vede k vytvoření ingotů (Obrázek 7.) z polykrystalického křemíku o čistotě zhruba 99,999999 %. Křemík zpravidla obsahuje malé množství boru, který se z něj dá jen velmi nesnadno kompletně odstranit. Tato nečistota způsobuje vodivost typu p. Cena polykrystalického křemíku se pohybuje v řádu desítek amerických dolarů za jeden kilogram. V poslední době díky velké poptávce cena výrazně stoupla. [1]



Obrázek 6. Czochralského metoda výroby monokrystalů křemíku



Obrázek 7. Ingot monokrystalického křemíku [6]

Nejčastěji se setkáváme s třemi typy křemíkových článků:

1.2.4 Fotovoltaické články z monokrystalického křemíku

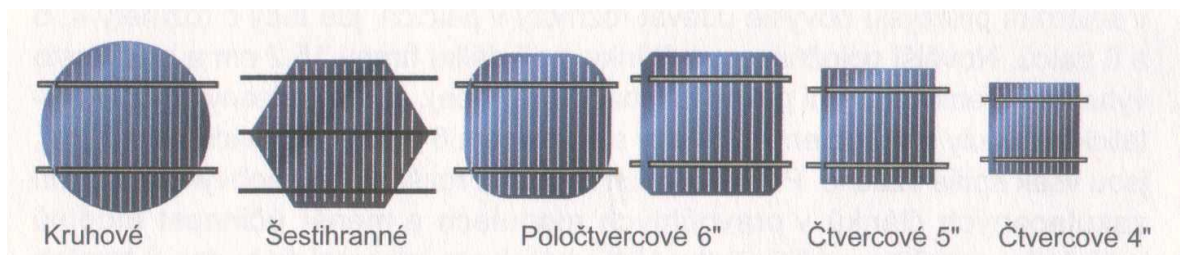
Monokrystalické Obrázek 8 (= skládají se z jediného krystalu) křemíkové články jsou většinou čtvercového tvaru, nebo čtvercového se zaoblenými rohy (semisquare). Délka hrany čtvercového článku je 10, 12,5 a 15 centimetrů. V mezinárodním měřítku je v solárním průmyslu obvyklé udávat rozměry v palcích: jde tedy o rozměry 4, 5 a 6 palců (Obrázek 9). Novější poločtvercové články mají délku hrany 15,2 cm a jsou často vybaveny třemi vodivými pásky (buzar – sběrnice). Jsou nabízeny i monokrystalické moduly se zaoblenými články s průměrem 6 palců (odpovídá asi 15 centimetrům), jsou však spíše vzácné. Příčinou jejich menšího rozšíření je neobvyklost použití zaoblených článků v pravoúhlých modulech a menší účinnost modulů v důsledku menšího využití plochy. V modulech pro integraci do budov, u kterých je žádoucí částečná průhlednost nebo určité vzhledové působení, nebo pro domácí solární systémy však oblé články představují naprosto vhodnou alternativu. Spotřeba materiálu u oblých článků je v důsledku způsobu výroby – články se řezou z kulatých tyčí – mnohem menší než u čtvercových článků. Aby se zvýšilo využití plochy a současně se snížila spotřeba materiálu, jsou nabízené také šestihhranné články

Jelikož se materiál článku skládá z jediného krystalu, mají sytě modré až černé zbarvení. Elektrická kvalita monokrystalických solárních článků je velmi vysoká. Teoretická účinnost těchto článků je 24 %, ale technologicky lze dosáhnout účinnosti od 14 % do 16 %. Jejich energetická návratnost (EPT – Energy Payback Time), což je doba za kterou vyprodukují energii spotřebovanou při jejich výrobě, je cca 2,7 let. Tvar článku je určen procesem výroby. Při výrobě monokrystalického křemíku se většinou používá tzv. Czokralskiho (Cz) proces: pomocí ponořeného zárodku krystalu se z vysoce čisté křemíkové taveniny při pomalém otáčení vytahuje kulatá monokrystalická tyč až do průměru 30 cm a několika metrů délky. Předtím se křemík musí roztavit v kotli při teplotě 1420 °C. krystalizace je energeticky nejnáročnější proces ve fotovoltaice. Kulatá tyč se přiřízne na čtvercový průřez a poté se řeže na destičky (plátky, wafers) o tloušťce 0,3 mm. Při úpravě tvaru tyčí a řezání na destičky přijde velká část křemíku nazmar jako odpad při řezání. Podle toho, co všechno se z plátkové destičky odřeže, vzniknou později kruhové, poločtvercové nebo čtvercové články. Na destičky, které jsou již dotovány příměsí typu p, se napaří tenká vrstva dotovaná difúzí fosforu. Po umístění zadní kontaktní vrstvy a také kontaktního palce a antireflexní vrstvy jsou solární články kompletní. Antireflexní vrstva zajišťuje, že se od povrchu článku odráží co nejméně světla. Čím méně světla se od

povrchu solárního článku odráží, tím více světla lze využít k získávání energie. Během roků vývoje se osvědčily různé antireflexní vrstvy. Stále více jsou povrchy článků opatřovány mikroskopicky malými strukturami. Byly k tomu vyvinuty různé metody: pomocí laseru nebo mechanickým či chemickým zpracováním jsou vytvářeny malé pyramidální nebo rýhované struktury, které fungují jako pohlcovače světla a tak ještě jednou značně snižují reflexi ve srovnání s dielektrickými antireflexními vrstvami. [1]



Obrázek 8. Monokrystalický
článek [7]

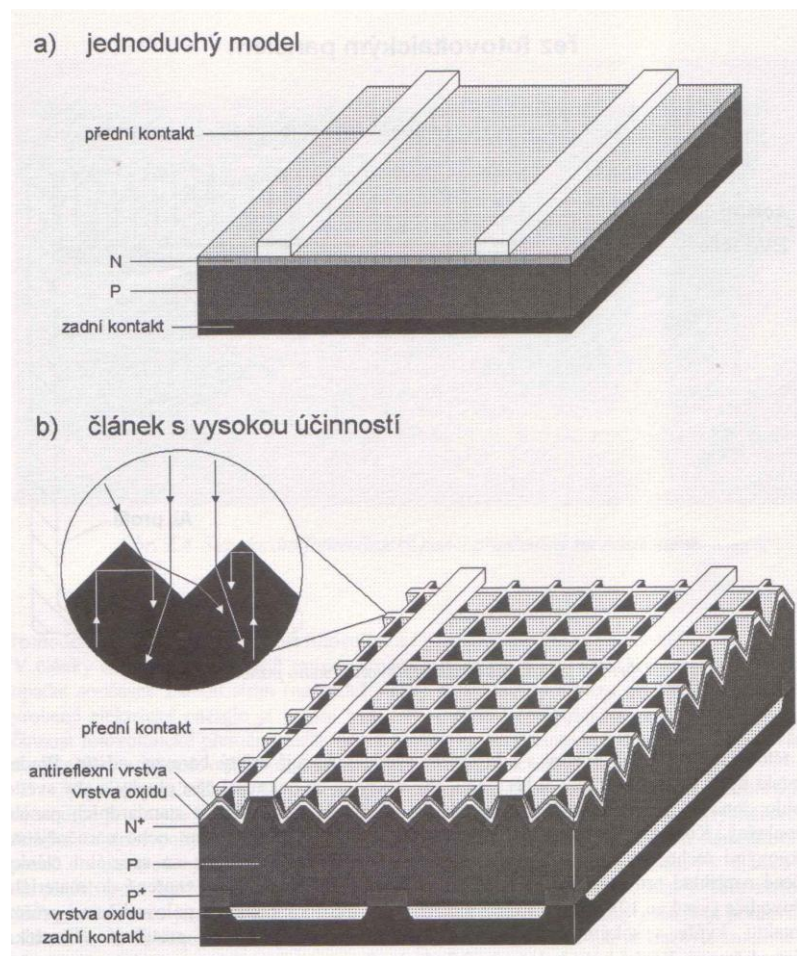


Obrázek 9. Další druhy monokrystalických článků [1]

Vysoce výkonné solární články

Pro výrobu výkonných článků Obrázek 10 na bázi krystalického křemíku jsou potřebné polovodičové materiály s vysokou čistotou. Pomocí metody zonální tavby (float zone, fz) je možno vyrobit kvazi-monokrystalický křemík s vyšší čistotou. Tyč z vysoce čistého polykrystalického křemíku s monokrystalickým křemíkovým zárodkem na hrotu je vedena elektromagnetickou cívkou a pomocí vysokofrekvenčního elektromagnetického pole směrem od monokrystalického hrotu postupně prstencově tavená. Při ochlazení se vytvoří monokrystalická struktura v celé tyči. Účinnost solárních článků s tímto výchozím materiálem se zlepšuje o jedno až dvě procenta. Mimo to umožňují tyto solární články s destičkami typu n jednodušší kontaktování zadní strany, čímž může účinnost dále vzrůstat. Metoda zonální tavby je ovšem pracnější a dražší.

Protože technologie výroby monokrystalického křemíku metodou zonální tavby je energeticky velmi náročná, začaly se hledat další možnosti jak to obejít. Řešením je výroba solárních článků z polykrystalického křemíku [1]



Obrázek 10. Schéma polovodičového FV článku [3]

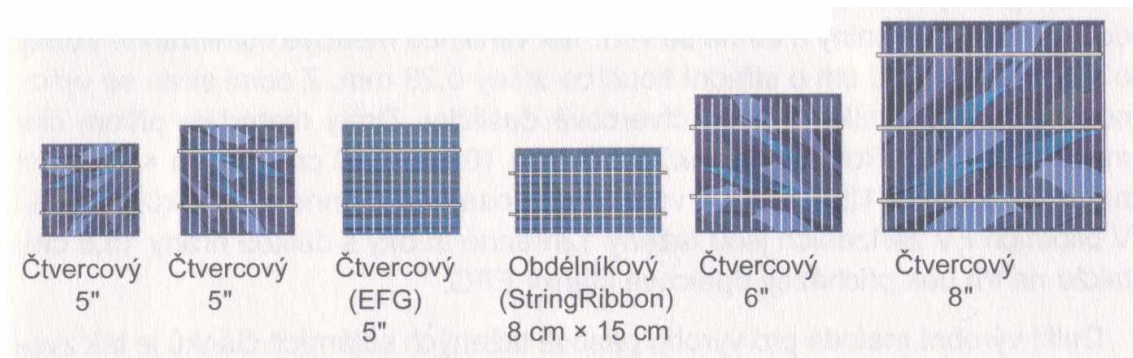
1.2.5 Fotovoltaické články z polykrystalického křemíku

Polykrystalické Obrázek 11Obrázek 10 (= mnohokrystalové) články lze snadno rozpoznat podle odlišným modře se třpytící krystalové struktury. Jsou čtvercové s délkou hrany 4, 5, 6 nebo 8 palců (asi 10, 12,5, 15, 15,6 nebo 21 cm) Obrázek 12. Obvyklé účinnosti leží mezi 13 % a 16 %.

Polykrystalický křemík lze vyrábět jednodušeji a levněji než monokrystalický křemík. Většinou se zde používá metoda blokového lití. Křemík se ve vakuu zahřeje na 1500 °C a v grafitovém kelímku se regulovaně ochlazuje až do blízkosti bodu tání. Tak vzniknou polykrystalické křemíkové bloky 40 x 40 cm o výšce 30 cm. Bloky se nejprve rozřezou na tyče a ty pak na destičky (wafers). Odpad z řezání je menší než u monokrystalických válců. Následující kroky až po hotové solární články probíhají stejně jako u monokrystalických článků. Metodou blokového lití se tvoří krystaly s rozdílnou orientací. Podle rozdílných odrazů světla lze dobře rozpoznat jednotlivé krystaly. [1]



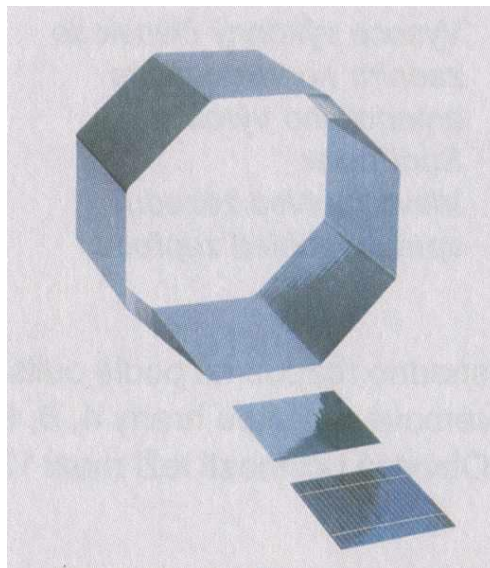
Obrázek 11. Polykrystalický
článek [7]



Obrázek 12. Další druhy polykrystalických článků [1]

Polykrystalické pásové křemíkové články:

Při tradiční výrobě článků přijde polovina křemíku nazmar jako odpad na řezání. Nařezané destičky musí mít mimo to z mechanických důvodů tloušťku asi o 0,3 mm. Aby se snížily ztráty materiálu a zvýšilo se jeho využití, byly vyvinuty různé metody tažení pásů. Přitom se přímo z křemíkové taveniny vytahují fólie o tloušťce až 0,1 mm. Křemíkové pásy již mají tloušťku pozdějších destiček a musí se jen z rovných ploch nařezat na kousky, většinou pomocí laseru. Jejich energetická návratnost je přibližně 2,7 let.

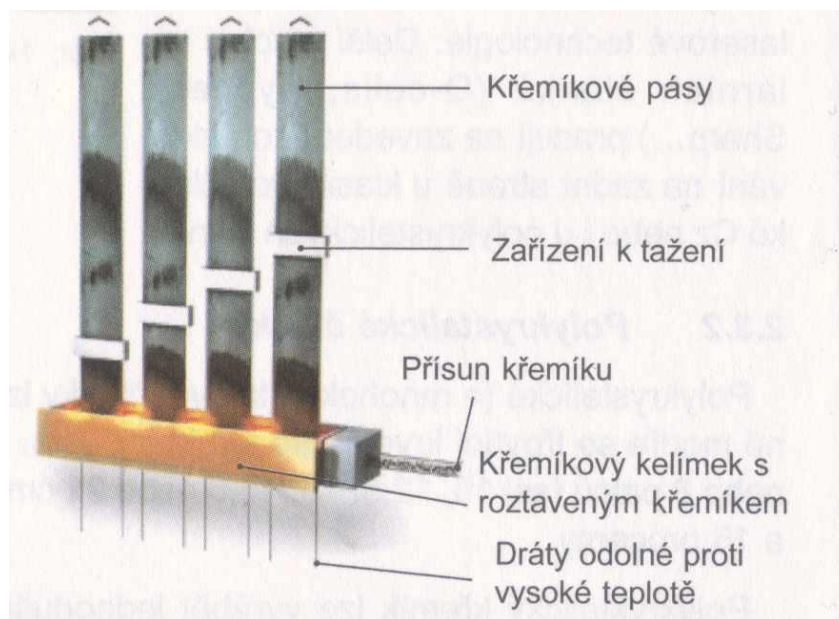


Obrázek 13. Osmihranné křemíkové trubky k výrobě článků EFG [1]

Ve srovnání s výrobou destiček metodou tažení z kelímku nebo blokového lití šetří metody tažení pásu energii i materiál a nabízejí značný potenciál snižování nákladů. Vedoucí postavení mezi metodami tažení pásu a má metoda EFG (Edge defined Film-fed

Growth). Byla vyvinuta firmou ASE a od poloviny 90. let se používá v průmyslové sériové výrobě. Osmiúhlý tvarovací nosič z grafitu se ponoří do křemíkové taveniny a táhne se ven. Tak vzniknou metrové osmihranné trubky Obrázek 13 o délce hrany 12,5 cm x 12,5 cm. Ve výrobě se dosahuje účinnosti článků 14,5 %. V pilotních fotovoltaických zařízeních jsou taženy 12hranné trubky s délkou hrany 15,6 cm, takže na trh pak přicházejí 6palcové články EFG.

Další metoda pro výrobu pásově tažených solárních článků je tak zvaná metoda string ribbon Obrázek 14. U této metody se dvě křemenná vlákna protahují křemíkovou taveninou. Mezi oběma vlákny vzdálenými od sebe asi 8 cm vzniká rostoucí, tuhneící křemíkový pás. Z něho se pak vyrábějí solární články o rozměru 8 cm x 15 cm. Tato metoda byla vyvinuta americkou firmou Evergreen Solar. [1]



Obrázek 14. Princip výroby článku string ribbon [1]

1.2.6 Fotovoltaické články z amorfního křemíku

Články z amorfního křemíku Obrázek 15 mají oproti výše popsaným typům výhodu v tom, že spotřebují podstatně méně materiálu, a ve výsledku jsou tedy při velkosériové výrobě znatelně levnější.

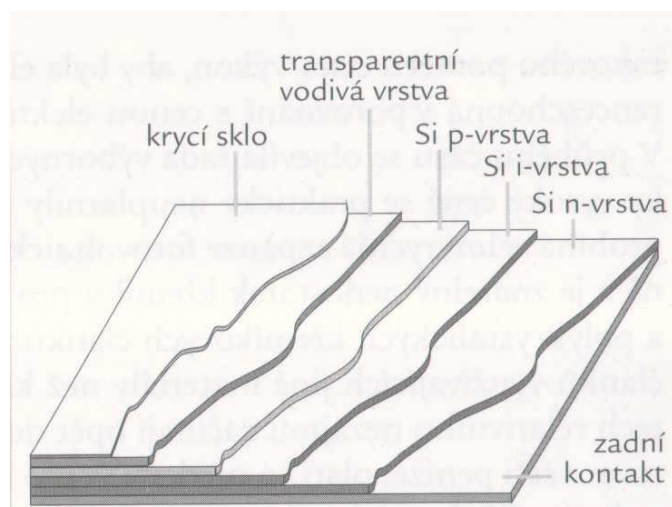
Proces výroby je založen na rozkladu vhodných sloučenin křemíku (silanu nebo dichlorsilanu) ve vodíkové atmosféře. Tímto způsobem se dají připravit velmi tenké vrstvy křemíku na skleněné, nerezové nebo plastové (zpravidla polyamidové) podložce. Takto nanesená vrstva je amorfní, tj. nemá pravidelnou krystalickou strukturu a obsahuje určité množství vodíku. Díky větší absorpci slunečního záření může být podstatně tenčí (vrstva o tloušťce o 1 mm pohltí 90 % slunečního záření). Takto lze připravit velmi tenké a ohebné fotovoltaické články a moduly, které se dají použít jako krycí fólie na střechy nebo našít na oblečení.

Tento materiál má ovšem oproti krystalickému křemíku daleko méně pravidelnou strukturu s velkým množstvím poruch. Některé atomy křemíku nemají kolem sebe potřebné sousedy, se kterými by mohly vytvořit vazbu, a jsou na nich tedy „visící“ vazby. Na těchto místech může docházet k rekombinaci nábojů, a tím se snižuje proud a účinnost. Částečně je tento problém odstraněn navázáním vodíku na tyto volné vazby (vodíková pasivace, hydrogenace). Dalším problémem je nestabilita, zčásti způsobená právě přítomností vodíku (struktura je narušována např. oxidací vzdušným krystalem. Výkon těchto článků proto zpočátku klesá a teprve časem se ustaví zhruba na 80 % původní hodnoty. U tohoto typu článků je také poněkud modifikovaný p-n přechod Obrázek 16; horní vrstva (s vodivostí typu p) je velmi tenká a zachytí jen málo fotonů. Teprve pod ní je další tenká vrstvička (je nedopovaná a označuje se jako vrstva i), v níž dochází k pohlcení většiny dopadajícího slunečního záření a vytvoření volných elektronů a děr. Tím, že elektrické pole p-n přechodu zasahuje přes vrstvu, v níž se tvoří elektrony a díry, dochází k jejich okamžité separaci, a tím se snižuje možnost jejich rekombinace. Účinnost tohoto typu článků je jen něco kolem 7 %. Větší účinnost (kolem 13 %) se dá dosáhnout vytvořením vícevrstvé struktury Obrázek 17.

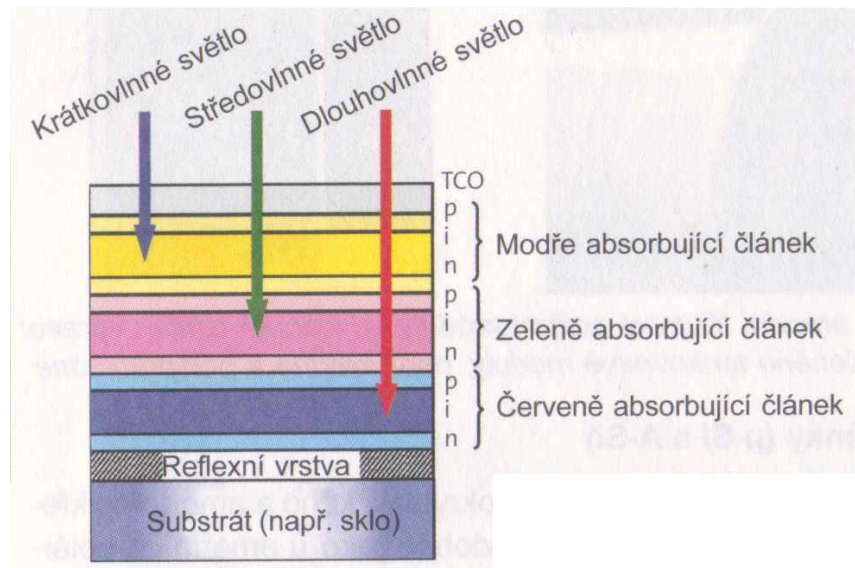
Předpokládá se, že tenkovrstvé články z amorfního křemíku mají před sebou ještě možnosti dalšího vývoje směrem k dosažení vyšších účinností a nižší ceny. [1]



Obrázek 15. FV článek z amorfního křemíku [3]



Obrázek 16. FV článek z amorfního křemíku [1]



Obrázek 17. Třívrstvý FV článek z amorfního křemíku [1]

1.3 Nové trendy a směry vývoje fotovoltaických článků

Vývoj nových typů fotovoltaických článků stále probíhá. Dříve bylo nutností hledat účinnější, lehčí a odolnější typy článků pro použití na kosmických plavidlech. V dnešní době je hlavním cílem výzkum a vývoje dosažení takového poměru cena/výkon, aby byla elektřina z fotovoltaických článků konkurenceschopná v porovnání s cenou elektřiny z uhelných, nebo jaderných elektráren. V průběhu času se objevila řada výborných typů s vysokou účinností, nicméně díky vysoké ceně se prakticky neuplatnily v pozemských aplikacích. V současnosti probíhá velmi rychlá expanze fotovoltaického průmyslu, výroba roste exponenciálně a je znatelný nedostatek křemíku pro výrobu „klasických“ monokrystalických a polykrystalických křemíkových článků. Tím vzniká tlak na vývoj nových druhů článků využívajících jiné materiály než křemík. Ještě důležitější je to, že se po letech relativního nezájmu začínají opět do výzkumu fotovoltaických článků investovat větší peníze. Platí to především pro USA, v Evropě a Japonsku byl zhruba od poloviny 90. let výzkum intenzivní

Většina nových článků jsou tenkovrstvé, které se dají vyrábět napařováním, nebo dokonce tisknutím, tj. metodami vyznačujícími se dobrou produktivitou a potenciálem pro snižování nákladů s růstem produkce.

Můžeme se setkat s následujícími materiály:

1.3.1 Galiumarsenid (arsenid galitý, GaAs)

Jde o monokrystalické tenkovrstvé články, které se dají vyrobit s odlišnými vlastnostmi, a tak optimálně přizpůsobit potřebám. Dá se u nich měnit poměr Ga/As a pochopitelně také použít různé přísady (Al, P, Sb, In) pro vytvoření p-n přechodů. Tyto články mají vysokou absorpci záření (stačí tloušťka několika mikronů k tomu, aby zachytily téměř všechno dopadající záření). Jsou méně citlivé na vyšší teploty než křemíkové články. Díky této vlastnosti se používají ve fotovoltaických systémech s koncentrátory záření. Jejich účinnost je díky těmto vlastnostem vyšší. GaAs se také často používá ke konstrukci vícepřechodových fotovoltaických článků. Nevýhodou je to, že galium je poměrně málo se vyskytující kov (je vzácnější než zlato) a arsen je dosti jedovatý prvek.

1.3.2 Diselenid mědi a india (coper indium diselenide, CuInSe₂, CIS)

Vyznačuje se vysokou absorptivitou pro sluneční záření, a mohou proto být velmi tenké (99 % slunečního záření se pohltí v prvním mikrometru tloušťky). Dosahují vysoké účinnosti (v laboratoři až 18 %, což je s ohledem na to, že to jsou tenkovrstvé články, poměrně vysoká hodnota). Jejich velkou předností je to, že díky nízké spotřebě materiálu mají velký potenciál pro snižování ceny s růstem produkce. Podobné jsou články CIGS, které obsahují navíc galium. Martin Roscheisen srovnal množství energie, které můžeme získat pomocí 1 kg této sloučeniny použité v solárních fotovoltaických panelech (za dobu jejich odhadované životnosti). Došel k výsledku, že pomocí 1 kg CIGS získáme více elektrické energie než s použitím 5 kg obohaceného uranu v jaderné elektrárně (uran je zatím naše energeticky nejbohatší surovina). Firma Nanostolar ve svých materiálech mluví o „ultralevených“ solárních článcích s účinností 16 % při ceně v řádu 1\$/Wp. Podle názoru odborníků se dá v této oblasti očekávat v blízké budoucnosti zajímavý vývoj.

1.3.3 Telurid kadmia (cadium telluride, CdTe)

Udává se, že tento materiál má téměř ideální vzdálenost valenčního a vodivostního pásu (1,44 eV) a velkou absorptivitou pro sluneční záření. Podobně jako CIS lze tenkovrstvé články z CdTe vyrábět nízkonákladovými technologiemi. Tento typ článků je nabízen komerčně např. firmou Abound Solar. Hlavními výhodami by měly být nízká cena

na W výkonu velmi krátká doba energetické návratnosti – jen pět měsíců (panely vyrobí za tuto dobu více energie, než bylo třeba k jejich výrobě). Plánovaná největší solární fotovoltaická elektrárna na světě o výkonu 2 GW, která má být postavena poblíž města Ordos ve Vnitřním Mongolsku, bude osazena panely na bázi CdTe.

1.3.4 Články využívající organické látky

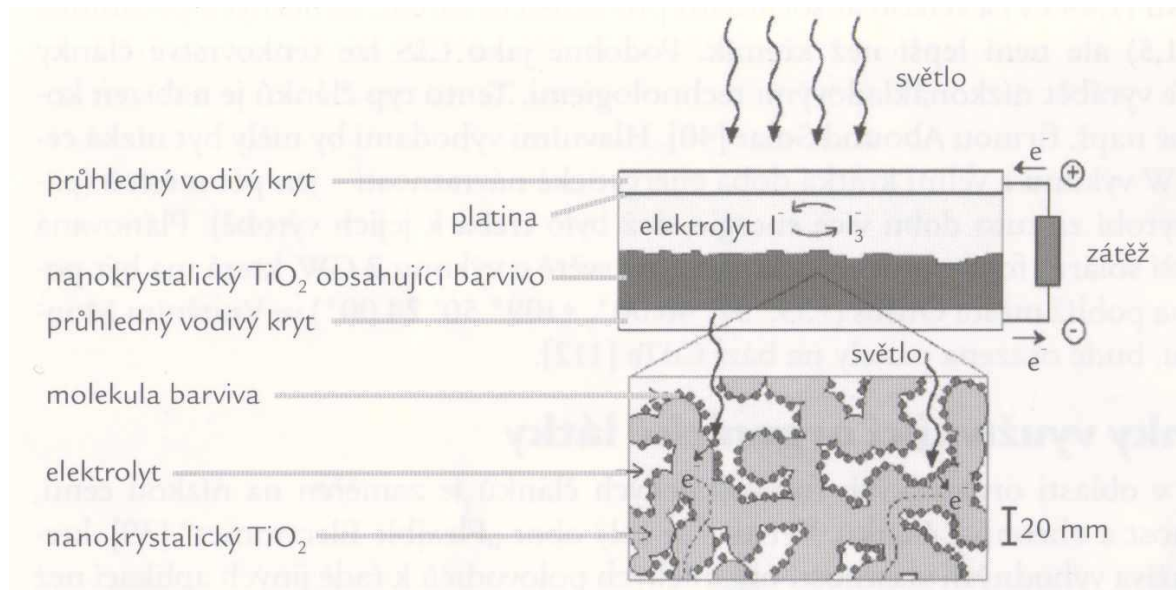
Vývoj v oblasti organických fotovoltaických článků je zaměřen na nízkou cenu, pružnost a ohebnost článků. Vytvořil se celý obor „Flexible Elektronik“, který využívá výhodných vlastností organických polovodičů k řadě jiných aplikací než jen k získávání energie.

Zatím to ale vypadá tak, že organické fotovoltaické články jsou sice potenciálně velmi slibné a je zde ohromné množství možností, nicméně současně jde o obor velmi nepřehledný a prozatím také relativně málo prakticky využívaný. Pokud jde o komerční aplikace, pak se nejčastěji setkáme s firmou Konarka, nicméně většina produktů na jejich stránkách zatím není běžně dostupná.

Organické sloučeniny mohou být využity pro vytvoření fotovoltaických článků různými způsoby:

Fotovoltaický článek s organickým barvivem

Někdy se nazývají podle Graetzela, který v 90. letech vytvořil díky použití ultrajemného TiO_2 na tomto principu články s rozumně vysokou účinností. Tento článek se skládá z vrstvy vysoce porézního a vysoce jemného oxidu titaničitého (užívá se výrazu „nanokrystalický“, protože rozměry krystalů jsou v řádu desítek nanometrů), v němž je nasáknut vodný roztok elektrolytu obsahující redox dvojici (například jód/jodid) a vhodné barvivo (organický komplex ruthenia). Barvivo zachycením fotonu vytvoří excitovaný stav a elektron je přenesen na TiO_2 (barvivo je tak převedeno do oxidovaného stavu). Elektron „prosákne“ skrz strukturou TiO_2 na průhlednou elektrodu a je odveden do vnějšího obvodu. Obvod je uzavřen tak, že na druhé elektrodě je elektron vstupující z vnějšího obvodu přenesen na jód, vytvoří se trijodidový anion a ten redukuje oxidovanou formu barviva, jež je tak připraveno na přijetí dalšího fotonu.



Obrázek 18. Struktura článku s oxidem titaničitým a organickým barvivem [1]

Výhodou článků tohoto typu jsou menší nároky na čistotu použitých materiálů. Zásadní nevýhodou jsou potíže s kapalným a korozivním elektrolytem, který musí být dokonale uzavřen, a se stabilitou použitého barviva, jež musí vydržet dlouhou dobu slunečního svitu a nesmí se rozkládat. V nedávné době bylo dosaženo účinnosti až 7,3 % Obrázek 18.

Praktickou realizací se zabývají např. firmy DYESOUL nebo Solarnix SA. Jak je v posledních letech obvyklé, i zde se objevují snahy o využití nanostruktur. V tomto případě se na místo běžné mikrokrystalického oxidu titaničitého galvanicky vytvoří na skleněné podložce pokryté vodivou vrstvou oxidu cínu tenká vrstva kovového titanu. Na něm se pak elektrolytickou oxidací nechá vyrůst vrstva oxidu titaničitého ve formě „nanotrubiček“, které se zahřátím převedou do krystalické, téměř průhledné formy. Ty se pak pokryjí elektrolytem s organickým barvivem.

Nanostruktury

V poslední době existují technologie, které umožní připravit dostatečně malé struktury, „kvantové tečky“. V takových strukturách se totiž uplatní efekt zvaný „quantum confinement“, který umožňuje „nastavit“ potřebnou velikost šíře zakázaného pásu. Zajímavé je, že takovéto struktury údajně dokážou na jeden zachycený foton uvolnit 2 až 3 elektrony.

Přitažlivé je také to, že takovéto nanostruktury by údajně bylo možné nanášet na povrch vhodného substrátu naléváním suspenze v odstředivce (spin coating).

Fotovoltaické články z vodivých polymerů

Jde o určitou analogii fotovoltaických článků s p-n přechodem. Ve směsi vodivých polymerů molekul, z nichž jedny mají elektronakceptorové vlastnosti a druhé elektrondonorové vlastnosti, dojde pohlcením fotonu ke vzniku vázaného páru elektron-díra a za určitých podmínek dojde k přenosu náboje na elektronakceptorovou molekulu. Jako elektrondonorovou molekulu lze použít například poly(3-oktyl-thiofen).

Jako akceptor elektronů slouží uhlíková nanotrubiice. Jde o neobyčejně zajímavou formu uhlíku. Je to vlastně jedna vrstva grafitu (tj. orthokondenzovaná benzenová jádra) svinutá do podoby duté trubice.

Problémy jsou zatím s účinností. Pohyblivost elektronů v organických systémech je horší než v organických polovodičích, a je tedy větší šance k rekombinaci nábojů (problém je třeba přítomnost kyslíku, který těžko ze systému vyloučíme).

Vícepřechodové struktury (multijunction)

Pokud má fotovoltaický článek jen jeden přechod p-n, pak jeho účinnost závisí jednak na tom, jakou část slunečního spektra může využít, a dále na tom, jaká část energie fotonu se přemění na elektrický proud a jaká na teplo. Pokud je šíře zakázaného pásu malá, lze využít širší část spektra (skoro všechny fotony dokážou excitovat elektron, ale za cenu menšího napětí, a tedy i účinnosti). Pokud je šíře zakázaného pásu větší, pak je i vyšší fotovoltaické napětí článku, ale nevyužijí se všechny fotony. Existuje tedy optimální šíře zakázaného pásu, při níž je účinnost článku maximální. Monokrystalické křemíkové články jsou velmi blízko tohoto optima. Pro použití na družicích mimo zemskou atmosféru jsou téměř optimální články s GaAs.

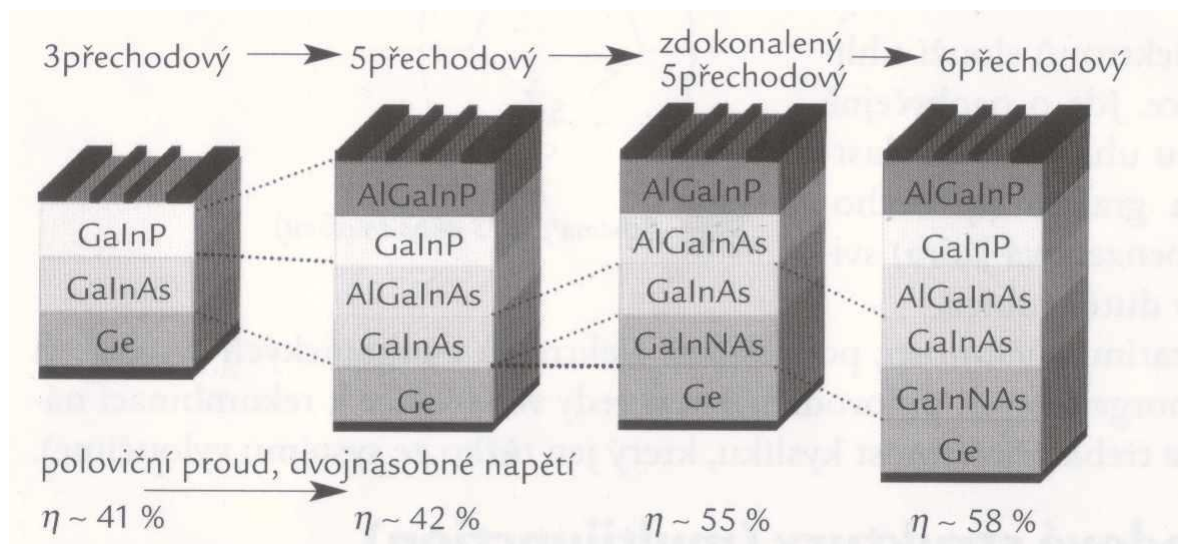
Pokud se ale vytvoří vícevrstvá struktura, jejíž každá část je optimalizována pro určitou část slunečního spektra, pak je možné dosáhnout podstatně lepšího využití energie dopadajícího záření. Vícevrstvá skupina sice redukuje proud, nicméně to je více než vykompenzováno zvýšením napětí článku.

Podstatnou výhodou těchto struktur je lepší využití energie slunečního záření a tedy i vyšší dosažitelná účinnost. Ve slunečním spektru jsou fotony o různých vlnových délkách; ty, jež mají energii menší, než je šíře zakázaného pásu daného polovodiče, projdou bez zachycení, u fotonů s větší energií se zase využije jen její část (zbytek se promění na teplo). Vytvořením vícevrstvé struktury, kde každá vrstva může využít jinou část solárního

spektra, se dá docílit podstatně vyšších účinností. Teoreticky lze využívat plné sluneční spektrum.

V praxi se zpravidla používá vrstevnatá struktura, kde ve vrchní vrstvě je polovodič zachycující fotony s vyšší energií a propouštějící fotony s energií nižší, které jsou pak zachyceny dalším polovodičem v nižší vrstvě. Jako materiál se pro jednotlivé vrstvy používají intermetalické sloučeniny prvků III. a V. skupiny, např. InP, GaSb, GaAs. Pečlivým nastavením složení lze vyladit šíři zakázaného pásu tak, aby celá struktura optimálně využila téměř celou energii dopadajícího záření.

Zatím jsou dostupné třívrstvé články, pracuje se na čtyřvrstvých strukturách a ověřují se již struktury šestivrstvé.



Obrázek 19. Vývoj vícepřechodových článků [1]

Logickým cílem je optimálně využít energii celého slunečního spektra, od blízkého ultrafialového záření až po blízké infračervené (takzvané Fullspectrum solar cells).

Existuje projekt FULLSPECTRUM, který je speciálně zaměřen na vývoj technologií vhodných pro využití energie celého slunečního spektra (vícepřechodové solární články jsou jen jednou z možností) Obrázek 19.

Vícepřechodové struktury jsou pochopitelně podstatně dražší než klasické křemíkové články, a tak se často používají ve spojení s vhodným koncentrátorem, který umožní snížit plochu článku, a zlepšit tak poměr užitné hodnoty k ceně. [1]

2 POROVNÁNÍ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ VČETNĚ JEJICH ÚČINNOSTI

V dnešní době je nejvíce používaným materiálem na výrobu FV článků křemík. Nejvyšší účinnosti lze dosáhnout u článků z monokrystalu, které dosahují účinnosti 14 % - 22 % (v laboratoři 25 %). Monokrystalický křemík je ale drahý, jeho výroba je energeticky náročná a nákladná. Z těchto důvodů se počátkem 80. let 20. století začaly vyrábět články z polykrystalického křemíku s účinností 12 % - 14 % (v laboratoři 20 %). I když je jejich účinnost ve srovnání s monokrystalickými články nižší, hlavní výhodou polykrystalického článku jsou ekonomicky nižší náklady na výrobu a tudíž i nižší cena. Efektivní náhradou za články z monokrystalického a polykrystalického křemíku se ukázaly články z amorfního křemíku. Lze je nanášet v extrémně tenkých vrstvách (cca 0,5 nm) na levné podklady (sklo, plast, ocel atd.). To vedlo ke snížení výrobních nákladů. Nevýhodou těchto článků je nízká účinnost 5 % - 8 % (v laboratoři 10%). Často jsou využívány na pohon elektrických zařízení s malou spotřebou (například kapesní kalkulačky). Dalším často používaným materiálem je galium arsenid GaAs. Výhodou těchto článků je poměrně vysoká účinnost 20 % (v laboratoři 30 %) a také odolnost proti kosmickému záření. Jsou schopy pracovat se stejnou efektivitou i při teplotách nad 100°C. Nevýhodou je podstatně vyšší cena a křehkost. Jako zajímavá se do budoucna jeví kombinace křemíkových a GaAs článků, protože oba materiály mají odlišnou spektrální citlivost. Vhodnou kombinací těchto materiálů lze dosáhnout účinnosti až 30 %. Dalším nadějným materiálem je telurid kadmium CdTe, který lze použít ve velmi tenkých vrstvách (od 1,2 mm do 1,5 mm) z důvodu jejich vynikající absorpční schopnosti. Tyto články dosahují účinnosti 10 % - 11 % (v laboratoři 15 %). Nevýhodou je nízké zastoupení CdTe v zemské kůře, proto nejsou tyto články využívány pro velké FV elektrárny, ale například pro napájení telekomunikačních a navigačních zařízení. Velké naděje jsou vkládány do článků CIS s účinností 14 % - 16 % (v laboratoři 18 %) a CIGS s účinností 12 % - 14 % (v laboratoři 20,3 %), protože náklady na jejich výrobu jsou nízké. Téměř nepodléhají degradaci světlem, a proto se předpokládá, že za několik let bude tato technologie dominantní. Posledním druhem jsou články s organickým barvivem, které dosahují účinnosti 5 % (v laboratoři 11,1 %). Tyto články by měly být levnější než křemíkové, ale prozatím není známo mnoho informací o tomto druhu FV článků.

Typ FV článku	Obvyklá účinnost [%]	Maximální účinnost dosažená v laboratoři [%]
Monokrystalický křemík	14 – 22	25
Polykrystalický křemík	12 – 14	20
Amorfního křemík	5 – 8	10
Galiumarsenid (GaAs)	20	30
Diselenid mědi a india (CIS)	14 – 16	18
Diselenid mědi, galia a india (CIGS)	12 – 14	20,3
Telurid kadmia (CdTe)	10 – 11	15
Organické barvivo	5	11,1

Tabulka 1. Porovnání účinnosti FV článků

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 SOUČASNÉ VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH ZDROJŮ V PKB.

3.1 Produkty na trhu

Jelikož se solární články začaly využívat ve větší míře až v posledních 10 letech, neměly možnost zásadním způsobem zasáhnout do průmyslu komerční bezpečnosti. Proto se vyskytuje na celosvětovém trhu jen několik produktů. Všechny produkty jsou nabízeny na internetu, ale nejsou k nim přiložena technická data a cena. Produkt je pouze popsán stručným popisem.

3.1.1 Solární svítidlo s PIR detektorem

Jedná se o svítidlo s kvalitním reflektorem a výkonným světelným zdrojem. Svítidlo je osazeno vysoce reflexní parabolou, která zajišťuje dostatek světla pro osvětlení vchodu, vjezdu do garáže apod. Svítidlo je osazeno PIR detektorem pohybu (Obrázek 20), který automaticky detekuje osoby nebo přijíždějící automobily. Součástí svítidla je externí solární panel, který zajišťuje dobíjení akumulátoru ve svítidle. [8]

Toto svítidlo je velmi vhodné například na chatu či chalupu, kde není elektrická přípojka.

Technické parametry:

Svítidlo: 30ks super svítivých LED diod

Akumulátor: 6V/1000mAh

Detekční úhel: 160 stupňů

Dosah svítidla je cca 10m, citlivost je plynule nastavitelná, délka kabelu mezi panelem a svítidlem je 3m, venkovní krytí IP44.

Cena: 1079,- Kč s DPH



Obrázek 20. Svítidlo s PIR detektorem [8]

3.1.2 Předokenní rolety se solárním pohonem

Tento typ předokenních rolet zabezpečuje objekt proti vloupání Obrázek 21. Oproti standardním předokenním roletám jsou komponenty vyrobeny ze stabilního extrudovaného hliníku a obsahují bezpečnostní prvky, díky čemuž roleta brání proti případnému vloupání. [9] K roletám jsou připojeny solární články, které nabijí akumulátor, a ten dodává dostatečné množství energie speciálnímu motoru. V případě vybité baterie lze stáhnout roletu manuálně. Bezpečnostní rolety lze použít jako prvek na stínění oken, dveří, průchodů atd.

Výhody:

- Roleta je certifikovaná proti vloupání

Nevýhody:

- Malá variabilita stínění
- Nelze dodat s integrovanou sítí proti hmyzu



Obrázek 21. Předokenní rolety napájené solárním panelem [9]

3.1.3 Venkovní žaluzie se solárním pohonem

Jedná se předokenní žaluzii Obrázek 22, ve které je důmyslně umístěna elektronika a akumulátor pro napájení motoru. Na čele boxu žaluzie je pak umístěn solární článek, který nabíjí akumulátor.

Žaluzie nesmí být umístěna na severní straně, kde není dostatek světla a dále nesmí být stíněn přesahem střechy. Jedním z řešení je, že je dodán solární panel zvlášť, který se umístí na místo s dostatkem sluneční energie. Žaluzie jsou vyrobeny z hliníku. [9]

Výhody:

- Pro žaluzii není potřeba přivádět elektřinu
- Ekologické a přitom komfortní ovládání

Nevýhody:

- Nevhodné pro severní světovou stranu
- Nelze integrovat žaluzii proti hmyzu



Obrázek 22. Okenní rolety napájené solárním panelem. [10]

3.1.4 Solární systém pro napájení závor a bran (SOLEMYO)

Solemyo je souprava k solárnímu napájení zařízení pro automatizaci bran, garážových vrat a silničních závor, včetně těch, které jsou umístěny daleko od přívodu energie. [11] Obrázek 23

Souprava obsahuje:

- Fotovoltaický panel
- Akumulátor
- Digitální solární regulátor pro dobíjení

Cena: 8370 Kč,- s DPH



Obrázek 23. Solární systém pro napájení závor a bran. [11]

3.1.5 Další dostupné produkty na trhu:

Další prokury, které nejsou dostupně na českém trhu, ale vyskytují se ve světě. Například semafor s LED diodami napájený FV panelem Obrázek 24 toto foto bylo pořízeno v Shanghai v Číně. Sloup veřejného osvětlení napájený FV panelem Obrázek 25 (foto v Shanghai, Čína). Stanice tísňového volání napájená FV panelem Obrázek 26 (Foto dálnice Francie). Signalizační semafor s FV článkem Obrázek 27. Směrová cedule s FV článkem Obrázek 28. Domnívám se že tyto produkty najdou v budoucnu uplatnění po celém světě. Například pokud má sloup veřejného osvětlení integrovaný akumulátor a je osazen kvalitní parabolou a světlí s nízkou spotřebou napětí (super svítivé LED diody) je schopen fungovat po celou noc na plný výkon a během den se mu opět dobíjí baterie. Je potřeba vít v potaz, že využití tohoto osvětlení bude častější v oblastech s méně proměnlivým ročním počasím, protože solární panel pokrytý sněhovou pokrývkou není funkční.

Tyto produkty jsou k dispozici pouze na zahraničních internetových stránkách (většinou čínských) a nejsou k nim známy jakékoliv podrobné informace.



Obrázek 24. Semafor s úspornými diodami napájený solárním panelem. [3]



Obrázek 25. Sloup veřejného osvětlení napájen solárním panelem. [3]



Obrázek 26. Stanice tísňového volání napájená FV panelem. [3]



Obrázek 27. Signalizační semafor
s FV článkem [12]



Obrázek 28. Směrová cedule s FV
článkem [13]

4 DALŠÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ V PKB

Vzhledem ke stále se zvyšujícím cenám energií a omezenému rozšiřování nových přírodních zdrojů pro výrobu energie, jejichž zdroje nejsou nevyčerpatelné a mají často negativní vliv na životní prostředí, lze předpokládat, že budou kladeny stále větší požadavky na používání solárních zdrojů. Totéž platí i pro všechny prvky z průmyslu komerční bezpečnosti, protože jednotlivci i firmy se budou snažit co nejlépe svůj majetek zabezpečit a ochránit.

Solární zdroje budou stále častěji využívány na napájení prvků průmyslové komerční bezpečnosti v chatových a chalupových oblastech, kde jsou časté výpadky elektřiny anebo tam, kde je z důvodu nevhodného terénu těžké přivést elektrickou energii. Právě tyto objekty se stávají častým terčem trestné činnosti.

Další možnosti využití FV článků v PKB je například:

- miniaturní elektronická zařízení, která mají nízký odběr napětí (například: kamerky, mikrofony, lokalizační služby GPS - štěnice), ve kterých bude integrován kvalitní solární článek, který bude udržovat zařízení v chodu, dokud bude mít dostatek energie z okolního světla. Vzhledem k vývoji solárních článků lze předpokládat, že budou dosahovat vyšších účinností a budou schopny využívat i minimální množství světla (například z veřejného osvětlení).
- GPS lokalizační služba automobilu. Do automobilu by bylo namontováno lokalizační zařízení se záložním zdrojem, které by bylo napájeno solárním panelem (například ve střešním okně). Automobil bude zamknutý a zastřežený autoalarmem. Zloděj odpojí baterii automobilu, aby vyřadil autoalarm z provozu. Snaží se auto odcizit, nebo odtáhnout, autoalarm automaticky odešle varovnou zprávu majiteli vozu, nebo příslušnému orgánu (policie, bezpečnostní služba), že je s jeho automobilem nelegálně manipulováno.

5 PŘEHLED SOUČASNĚ DOSTUPNÝCH VÝROBCŮ SOLÁRNÝCH ČLÁNKŮ A JEJICH PRUDUKTŮ

V současné době se vyskytuje na trhu několik druhů solárních článků od různých výrobců.

5.1 Seznam výrobců solárních článků:

Solární panely vyrábějí a prodávají tyto výrobci:

CNPV	Hyundai	Sanyo
Avancis	Kaneka	Sharp
AstroNergy	Mitsubishi Electric	SolarWorld
Bp Solar	Kyocera	Solon
Canadian Solar	NB Solar	SunTech
Conergy	PowerUp	SunWize
EcoSolargy, Inc.	REC Solar	Trina Solar
Evergreen Solar	Ritek	Upg
GE Electric	Samsung	Yingli Solar

Tabulka 2. Seznam výrobců fotovoltaických panelů

Tito výrobci nabízejí v různé míře na trhu tři hlavní skupiny solárních článků a to:

- monokrystalické články
- polykrystalické články
- amorfni články

Vlastnosti a charakteristiky těchto článků jsou podrobně rozebrány v teoretické části bakalářské práce.

5.2 Seznam výrobců solárních článků a jejich produktů

CNPV (Obrázek 29) byla založena v roce 2006. Hlavní sídlo má ve městě Dongying, Čína.

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: prvních 12 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 29. Logo firmy

CNPV[14]

Monokrystalický článek: Obrázek 30

CNPV	Jednotky	195M
Maximální jmenovitý výkon (dále jen P _{max})	W _p	195
Odchylka výkonu	%	±3
Napětí při jmenovitém výkonu (dále jen V _{mp})	V	37.9
Proud při jmenovitém výkonu (dále jen I _{mp})	A	5.15
Napětí naprázdno (U _{oc})	V	45.2
Proud nakrátko (dále jen I _{sc})	A	5.60
Max. systémové napětí	V	1000
Účinnost článku	%	17.5
Počet článků v konfiguraci modulu	72 článků, matrice 6x12, v sérii	
Druh a velikost solárního článku	mm	Mono-krystalické 125x125 mm
Normální provozní teplota	°C	45±2

Provozní teplota	°C	-40 až +85
Rozměry	mm	1581x809x40
Váha	Kg	15
Rám	Eloxovaný legovaný hliník, stříbrný	
Cena	Kč	10 724

Tabulka 3. Technické data monokrystalického článku firmy CNPV [14]



Obrázek 30 Vysoce výkonný monokrystalický článek [14]

Polykrystalický článek: Obrázek 31 Polykrystalický solární článek [15]Obrázek 31

CNPV	Jednotky	245P
Maximální jmenovitý výkon (Pmax)	W _p	245
Odchylka výkonu	%	±3
Napětí při jmenovitém výkonu (Vmp)	V	31.0
Proud při jmenovitém výkonu (Imp)	A	7.9
Napětí naprázdno (U_{0c})	V	37.5
Proud nakrátko (I_{sc})	A	8.5
Max. systémové napětí	V	1000
Účinnost článku	%	16.8
Počet článků v konfiguraci modulu	60 článků, matrice 6x10, v sérii	

Druh a velikost solárního článku	mm	Poly-krystalické 156x156 mm
Normální provozní teplota	°C	45±2
Provozní teplota	°C	-40 až +85
Rozměry	mm	1650x992x46
Váha	Kg	20
Cena	Kč	13 759

Tabulka 4. Technické data polykrystalického článku firmy CNPV [15]



Obrázek 31
Polykrystalický
solární článek [15]

Avancis (Obrázek 32) hlavním sídlem v Torgau, Německo.

Panely vyráběny v: Německo

Záruční doba na panely: prvních 12 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu Obrázek 33



Obrázek 32. Logo firmy
Avancis [16]

Avancis	Jednotky	PowerMax 110
Maximální jmenovitý výkon (Pmax)	Wp	110
Odchylka výkonu	%	±5

Napětí při jmenovitém výkonu (V_{mp})	V	42.3
Proud při jmenovitém výkonu (I_{mp})	A	2.6
Napětí naprázdno (U_{oc})	V	56.6
Proud nakrátko (I_{sc})	A	2.5
Max. systémové napětí	V	1000
Účinnost článku	%	11.6
Druh a velikost solárního článku	mm	Amorfní 1595x672 mm
Normální provozní teplota	°C	48.3
Rozměry	mm	1592x684x45
Váha	Kg	19.6
Cena	Kč	10 817

Tabulka 5. Amorfní článek firmy AVANCIS [16]

Obrázek 33 Amorfní článek
firmy AVANCIS [16]

AstroNergy (Obrázek 34) vznikla v roce 2006 v Číně.

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 34.

Logo firmy

AstroNergy [17]

AstroNergy	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
CHSM 6610P	Polykrystalický	235	7.69	29.81	20	11 831

Tabulka 6. Produkty firmy Astronergy [17]

BP Solar (Obrázek 35).

Panely vyráběny v: Čína, Indie, Španělsko a USA

Záruční doba na panely: prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 35.

Logo firmy Bp

Solar [17]

Bp Solar	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
BP3125J	Polykrystalický	125	7.1	17.6	12	neudána

Tabulka 7. Produkty firmy Bp solar [17]

Canadian Solar (Obrázek 36) vznikla v roce 2001 v Kanadě.

Panely vyráběny v: Kanada, Čína, Německo, Itálie, Japonsko, Korea

Záruční doba na panely: prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 36. Logo firmy

Canadian Solar [17]

Canadian Solar	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
CSI CS6P-230	Polykrystalický	230	8.34	29.6	20	8 889
CSI CS6P-235	Polykrystalický	235	7.9	29.8	20	10 908
CSI CS6P-235	Polykrystalický	235	7.9	29.8	20	10 873

Tabulka 8. Produkty firmy Canadian Solar [17]

Conergy (Obrázek 37) její sídlo je v Hamburku, tato firma byla založena v roce 1998.

Panely vyráběny v: Německo



Obrázek 37.

Logo firmy

Conergy [17]

Conergy	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
Conergy 175	Monokrystalický	175	4.95	35.2	16	neudána

Tabulka 9. Produkty firmy Conergy [17]

EcoSolargy, Inc. (Obrázek 38).

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: První rok na 98 %, každý rok na snížení výkonu max. o 0,6 %



Obrázek 38. Logo firmy

EcoSolargy, Inc. [17]

EcoSolargy, Inc.	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
Neptune TWES-(225)60P	Polykrystalický	225	8.6	29.3	20	11 116

Tabulka 10. Produkty firmy EcoSolargy Inc. [17]

Evergreen Solar (Obrázek 39) byla založena v Americe, nyní vyrábí v Číně – nižší výrobní náklady.

Panely vyráběny v: Čína a USA

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 39. Logo

firmy Evergreen

Solar [17]

Evergreen Solar	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
ES-A-200-FA3	Polykrystalický	200	11.05	22.6	18.5	neudána
ES-A-205-	Polykrystalický	205	11.27	22.7	18.5	neudána

FA3						
ES-A-210-FA3	Polykrystalický	210	11.48	22.8	18.5	neudána

Tabulka 11. Produkty firmy Evergreen Solar [17]

GE Electric (Obrázek 40) sídlem v Atlantě ve státě Georgiana, USA.

Panely vyráběny v: USA



Obrázek 40.

Logo firmy GE

Electric [17]

GE Electric	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
GEPV-85	Monokrystalický	85	4.88	17.4	8	5 782

Tabulka 12. Produkty firmy GE Electric [17]

Hyundai (Obrázek 41) má hlavní sídlo v Korei.

Panely vyráběny v: Korea

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 41. Logo firmy

Hyundai [17]

Hyundai	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
HiS-S227SG	Monokrystalický	230	7.8	29.3	19	neudána

Tabulka 13. Produkty firmy Hyundai [17]

Kaneka (Obrázek 42) má sídlo v Osace, Japonsku a v New Yorku, USA.

Panely vyráběny v: Jižní Korea a USA

Záruční doba na panely: První prvních 12 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 42.

Logo firmy

Kaneka [17]

Kaneka	Typ	P _{max} [W _p]	Imp [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
G-SA060	Amorfní	60	0.9	67	13.5	neudána

Tabulka 14. Produkty firmy Kaneka [17]

Mitsubishi Electric (Obrázek 43) má sídlo v Japonku, Tokio.

Panely vyráběny v: Japonsko

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 43. Logo firmy

Mitsubishi Electric [17]

Mitsubishi Electric	Typ	P _{max} [W _p]	Imp [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
MF125UE5N	Polykrystalický	125	7.23	17.3	13.5	neudána

Tabulka 15. Produkty firmy Mitsubishi Electric [17]

Kyocera (Obrázek 44) má hlavní sídlo v Scottsdale, Arizona.

Panely vyráběny v: Japonsko, Mexiko a USA

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 20 - 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 44. Logo firmy Kyocera [17]

Kyocera	Typ	P _{max} [Wp]	I _{mp} [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
KC 85T	Monokrystalický	85	4.75	17.4	8	6 300
KD135SX- UPU	Monokrystalický	135	7.63	17.7	12.5	6 800
KD215GX- LPU	Monokrystalický	215	8.09	26.6	18	10 183
KD225GX- LPB	Monokrystalický	225	7.55	29.8	21	neudána
KD235GX- LPB	Monokrystalický	235	7.89	29.8	21	9 493

Tabulka 16. Produkty firmy Kyocera [17]

NB Solar (Obrázek 45) má sídlo v Číně.

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 45.

Logo firmy NB

Solar [17]

NB Solar	Typ	P _{max} [Wp]	I _{mp} [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
NB-P180	Monokrystalický	180	4.98	36.2	16	8 457

Tabulka 17. Produkty firmy NB Solar [17]

PowerUp (Obrázek 46) má sídlo v Číně a vyrábí solární panely výhradně pro automobily.

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: 10 let na panely o výkonu 1-40W, 5 let na 65 – 80W



Obrázek 46. Logo

firmy PowerUp [17]

PowerUp	Typ	P _{max} [Wp]	I _{mp} [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
BSP10	Polykrystalický	10	0.58	17.3	2	1 864
BSP20	Polykrystalický	20	1.2	17.3	2.2	2 623
BSP30	Polykrystalický	30	1.67	18	2.25	4 229
BSP40	Polykrystalický	40	2.40	17.8	2.25	4 229

Tabulka 18. Produkty firmy PowerUp [17]

REC Solar (Obrázek 47) má sídlo v Phoenixu, USA.

Panely vyráběny v: Norsko Singapur a USA

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 47. Logo
firmy REC Solar
[17]

REC Solar	Typ	P _{max} [Wp]	Imp [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
REC215PE-US	Polykrystalický	215	7.6	28.3	22	8 613
REC230PE-US	Polykrystalický	230	7.8	29.4	22	9 234

Tabulka 19. Produkty firmy REC Solar [17]

Ritek (Obrázek 48) byla založena v roce 1988 na Tchaj-wanu.

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 48. Logo
firmy Ritek [17]

Ritek	Typ	P _{max} [Wp]	Imp [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
PM230	Polykrystalický	230	7.92	28.83	21	10 114

Tabulka 20. Produkty firmy Ritek [17]

Samsung (Obrázek 49) má hlavní sídlo v Korei.

Panely vyráběny v: Jižní Korea

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 49. Logo
firmy Samsung [17]

Samsung	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
LPC238SM	Monokrystalický	238	7.94	30	18.5	neudána

Tabulka 21. Produkty firmy Samsung [17]

Sanyo (Obrázek 50) byla založena v roce 1947 ve městě Moriguchi, Osaka.

Panely vyráběny v: Japonsko, Kanada, Mexiko, Německo, USA

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 50. Logo
firmy Sanyo [17]

Sanyo	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
HIT-N210A01	Monokrystalický	210	5.09	41.3	16	11 219
HIT-N215A01	Monokrystalický	215	5.09	51.6	16	14 636
HIT-N220A01	Monokrystalický	220	5.17	52.3	16	12 859
HIT-N225A01	Monokrystalický	225	5.17	43.4	16	13 290

Tabulka 22. Produkty firmy Sanyo [17]

Sharp (Obrázek 51) má hlavní sídlo v Japonku, Osaka.

Panely vyráběny v: USA

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu

SHARP

Obrázek 51. Logo
firmy Sharp [17]

Sharp	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
80	Polykrystalický	80	4.67	17.3	8.5	6 904
ND-224UC1	Polykrystalický	224	8.33	29.3	20	8 975
ND-U235F1	Monokrystalický	235	8.6	30	20	11 219
NU-U240F1	Monokrystalický	240	8.65	30.1	20	10 874

Tabulka 23. Produkty firmy Sharp [17]

SolarWorld (Obrázek 52) hlavním sídlem Bonn, Německo.

Panely vyráběny v: Německo

Záruční doba na panely: 5 let záruka na vadu panelu, 25 let na výkon panelu



Obrázek 52. Logo
firmy SolarWorld

[17]

SolarWorld	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
SW 240	Monokrystalický	240	7.87	30.6	22	10 770
SW 245	Monokrystalický	245	7.96	30.8	22	11 133

Tabulka 24. Produkty firmy SolarWorld [17]

Salon (Obrázek 53) má hlavní sídlo v Berlínu, Německo.

Panely vyráběny v: Německo a USA

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 53. Logo firmy Salon [17]

Salon	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
Blue 225/01 3BB	Polykrystalický	225	7.65	29.4	23.5	10 701
Blue 230/01	Polykrystalický	230	7.95	29	23.5	10 718

Tabulka 25. Produkty firmy Solon [17]

SunTech (Obrázek 54) byla založena v roce 2001 v San Franciscu, USA.

Panely vyráběny v: Čína, Japonsko a USA

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 54. Logo
firmy SunTech [17]

SunTech	Typ	P _{max} [W]	Imp [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
SunTech 85	Monokrystalický	85	4.83	17.6	10	neudána
SunTech 175	Monokrystalický	175	4.95	35.2	15.5	neudána

Tabulka 26. Produkty firmy SunTech [17]

SunWize (Obrázek 55) je dceřiná společnost firmy Mitsui & Co, sídlo má v Kingstonu, New York.

Panely vyráběny v: USA

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 55. Logo
firmy SunWize [17]

SunWize	Typ	P _{max} [Wp]	Imp [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
SW- S10P	Polykrystalický	10	0.30	17.4	9	1 364
SW- S20P	Polykrystalický	20	0.57	17.4	9	1 536
SW- S30P	Polykrystalický	30	1.15	17.4	9	2 227
SW- S40P	Polykrystalický	40	1.72	17.4	9	2 744
SW75	Monokrystalický	75	4.56	16.7	12	neudána
SW130	Polykrystalický	130	7.4	17.4	12	7 163

SW175	Monokrystalický	175	4.80	36.50	17	neudána
SW-S55P	Polykrystalický	55	3.15	17.4	9	4 004
SW-S65P	Polykrystalický	65	3.7	17.4	9	4 056
SW-S85P	Polykrystalický	85	4.9	17.4	9	5 696

Tabulka 27. Produkty firmy SunWize [17]

Trina Solar (Obrázek 56) byla založena v roce 1997 v Číně.

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 56. Logo firmy Trina Solar [17]

Trina Solar	Typ	Pmax [Wp]	Imp [A]	Vmp [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
TSM-DA01	Monokrystalický	180	4.9	36.8	16.5	7 249
TSM-PA05	Monokrystalický	225	7.66	29.4	19.5	7 853
TSM-DA05	Monokrystalický	230	7.66	30	19.5	10 529
TSM-PA05 Black	Polykrystalický	235	7.72	29.8	19.5	9 735

Tabulka 28. Produkty firmy Trina Solar [17]

UPG (Obrázek 57) má hlavní sídlo v Číně.

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: Jeden rok



Obrázek 57.

Logo firmy

UPG [17]

UPG	Typ	P _{max} [Wp]	I _{mp} [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
10Watt	Monokrystalický	10	0.51	18	1.5	604
20Watt	Monokrystalický	20	1.67	18	3.5	1 622
30Watt	Monokrystalický	30	2.32	17.2	4.5	neudána

Tabulka 29. Produkty firmy UPG [17]

Yingli Solar (Obrázek 58) sídlem ve městě Baoding, Čína.

Panely vyráběny v: Čína

Záruční doba na panely: První prvních 10 let na 90 % výkonu, 25 let na 80 % výkonu



Obrázek 58. Logo firmy

Yingli Solar [17]

Yingli Solar	Typ	P _{max} [Wp]	I _{mp} [A]	V _{mp} [V]	Hmotnost [Kg]	Cena [Kč]
Yingli YL230	Polykrystalický	230	7.8	29.5	20	8 975

Tabulka 30. Produkty firmy Yingli Solar [17]

6 SROVNÁNÍ PARAMETRŮ A CENY SOUČASNĚ DOSTUPNÝCH SOLÁRNÍCH PANELŮ

V tabulce (Porovnání účinnosti FV článků) jsou shrnuty parametry a ceny vybraných solárních panelů. Údaje v tabulce byly seřazeny sestupně a hlavním kritériem byl použit sloupec s maximálním jmenovitým výkonem (P_{max}). Dále byly výrobky se stejným P_{max} seřazeny sestupně podle ceny.

Z tabulky vyplývá, že monokrystalické panely se stejným maximálním jmenovitým výkonem nejsou vždy dražší než polykrystalické. Cena FV panelu je dána kvalitou vyrobeného článku a také tím, jak se firma prosazuje na celosvětovém trhu. Hodnoty ve sloupci napětí při jmenovitém výkonu (V_{mp}) se pohybovaly mezi $V_{mp} = 28.8 \text{ V} - 31 \text{ V}$ pouze monokrystalický panel firmy Sanyo (s $P_{max} = 225 \text{ Wp}$) má $V_{mp} = 43.3 \text{ V}$. V návaznosti na to má nejnižší proud při jmenovitém výkonu $I_{mp} = 5.17 \text{ A}$ a druhou nejvyšší cenu 13 290 Kč.

Nyní si rozdělíme P_{max} do několika kategorií:

$P_{max} = 225 \text{ Wp}$ – zde platí, že monokrystalické panely jsou dražší než polykrystalické. Hodnoty V_{mp} a I_{mp} mezi panely EcoSolargy, Inc. ($V_{mp} = 29.3 \text{ V}$ a $I_{mp} = 8.60 \text{ A}$) a Sanyo ($V_{mp} = 43.4 \text{ V}$ a $I_{mp} = 5.17 \text{ A}$) jsou velice odlišné. Dalo by se diskutovat, že je to způsobeno formou výroby FV panelu a vysokou čistotou křemíku.

$P_{max} = 230 \text{ Wp}$ – zde se vyskytují pouze polykrystalické panely a cenově se pohybují od 8975 Kč do 10 718 Kč. Hodnoty V_{mp} a I_{mp} jsou prakticky totožné.

$P_{max} = 235 \text{ Wp}$ – v této kategorii jsou cenově, napěťově i proudově solární panely z monokrystalického a polykrystalického křemíku téměř vyrovnané. Ceny obou těchto panelů se pohybují od 9 000 Kč do 12 000 Kč, totéž platí i pro hodnoty $V_{mp} = 28.8 \text{ V} - 30 \text{ V}$ a $I_{mp} = 7.72 \text{ A} - 8.60 \text{ A}$.

$P_{max} = 240 \text{ Wp}$ a 245 Wp – zde platí, že polykrystalický článek je výrazně dražší než monokrystalický i když polykrystalický má P_{max} o 5 Wp vyšší. Tomu by tak nemělo být. Polykrystalické články se začaly vyrábět z toho důvodu, protože monokrystalický křemík je drahý a jeho výroba je energeticky náročná a nákladná.

Výrobce	Model	Typ/Druh	Pmax [W]	Imp [A]	Vmp [V]	Cena s DPH [Kč]
CNPV	245P	Polykrystalický	245	7.90	31.0	13 759
SolarWorld	SW 240	Monokrystalický	240	7.87	30.6	10 770
AstroNergy	CHSM 6610P	Polykrystalický	235	7.69	28.8	11 831
Sharp	ND- U235F1	Monokrystalický	235	8.60	30.0	11 219
Canadian Solar	CSI CS6P- 235	Polykrystalický	235	7.90	29.8	10 873
Trina Solar	TSM-PAO5 black	Polykrystalický	235	7.72	29.8	9 735
Kyocera	KD235GX- LPB	Monokrystalický	235	7.89	29.8	9 493
Salon	Blue 230/01	Polykrystalický	230	7.95	29.0	10 718
Ritek	PM230	Polykrystalický	230	7.92	28.8	10 114
REC Solar	REC230PE- US	Polykrystalický	230	7.90	29.4	9 234
Yingli Solar	Yingli YL 230	Polykrystalický	230	7.80	29.5	8 975
Sanyo	HIT- N225A01	Monokrystalický	225	5.17	43.4	13 290
EcoSolargy, Inc.	Neptune TWES- (225)60P	Polykrystalický	225	8.60	29.3	11 116

Tabulka 31. Srovnání parametrů a cen solárních panelů

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo v teoretické části zpracovat historii, vývoj a srovnání účinnosti všech dostupných fotovoltaických panelů. Jedná se jak o panely, které jsou běžně k dostání, tak i o panely testované pouze v laboratoři. O těchto panelech je prozatím známo jen málo informací. Monokrystalické a polykrystalické panely patří v dnešní době mezi nejvíce používané. Nevýhodou těchto panelů je vysoká pořizovací cena a nízká účinnost. Během vypracovávání teoretické části bakalářské práce jsem se nesešel s žádným problémem a většina informací byla čerpána z knih a internetu.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na využití solárních panelů v průmyslu komerční bezpečnosti a srovnání všech dostupných solárních článků včetně jejich parametrů a ceny.

V této části bakalářské práce jsem se setkal s několika problémy:

1. Trh fotovoltaiky není dosud natolik rozvinut, aby zásadním způsobem zasáhl do průmyslu komerční bezpečnosti. Trh nabízí jen několik produktů, u nichž prodejci udávají pouze stručný popis výrobku. Nebývá tam uvedena cena ani technické parametry produktu. Další produkty jsou většinou nabízeny na zahraničních internetových stránkách (například čínské), které udávají pouze stručný popis a foto výrobku.

2. Dalším problémem bylo získávání informací o solárních článcích od českých firem. Osobně jsem telefonicky oslovil několik firem s dotazem, že mám zájem o montáž fotovoltaických panelů na vlastní dům a zda by mi byli ochotni sdělit, jaké druhy a typy solárních panelů nabízejí. Dostalo se mi odpovědi, že v dnešní době, kdy jsou pozastaveny státní dotace na solární energii, velmi poklesl zájem o jejich instalaci. Požádal jsem je tedy o zaslání katalogu s nabízenými výrobky, abych si mohl udělat přehled, jaké solární panely tyto firmy nabízejí a porovnat si jejich parametry a ceny. Katalog produktů neměla žádná firma k dispozici. Firmy mají jediný možný přístup ke zboží pouze po internetu, kde po vyplnění přihlašovacích údajů získají informace o výrobku (tyto údaje nejsou běžnému zájemci k dispozici). Jediným možným řešením pro získání informací o fotovoltaických panelech byl pro mě internet, kde jsem na zahraničních webových stránkách objevil několik odkazů na prodejce, kteří nabízejí solární panely s technickými parametry i cenou.

Většina údajů v praktické části bakalářské práce byla čerpána z internetových stránek.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of the theoretical part was to process history development and compare the efficiency of all available photovoltaic panels. There are stated panels, which are currently available as well as panels tested only in the laboratory. About these panels are little information. Monocrystalline and polycrystalline panels are most used nowadays. The disadvantage of these panels is their high cost and low efficiency. During the theoretical part creation I have encountered with no problems and most information was drawn from books and from the Internet.

The practical part of this thesis is focused on the use of solar panels in the commercial security industry and on the comparison of all available solar cells, including their parameters and price.

In this part of the thesis I encountered with several problems:

1.The photovoltaic market is not sufficiently developed to significantly intervene to the commercial security industry yet. At the market it is offered only few products and on these products is only a brief description of the product. There is not usually stated the price nor the technical characteristics of the product. Other products are generally offered from foreign websites (such as Chinese), which shows only a brief description and photo of the product.

2.The another problem was to collect information about the solar cells from Czech companies. I phoned to several companies and asked them what kinds and types of solar panels they offer, because I am interested in the installation of photovoltaic panels on my house. They answered me that nowadays when are suspended state subsidies for solar energy decreased interest in their installation. So I asked them to send me the catalog with products to summarize what types of solar panels they offer and compare their parameters and prices. None of these companies had available catalog. Companies have access to these products only via Internet, where they get information about the product after they login (these information are not available for customers). The only one possible solution for obtaining information about solar panels was the Internet, where I found on foreign web sites interesting links to vendors who offer solar panels with definition of technical parameters and price.

Most of information in the practical part of this work were obtained from the websites.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika : Budovy jako zdroj proudu. Ostrava : HEL, 2010. 176 s.
- [2] Mgr. MURTINGER, Karel; Ing. BERANOVSKÝ, Jiří, Ph.D.; Ing. TOMEŠ, Milan, CSc. Fotovoltaika : Elektrická energie ze slunce. Praha : EkoWATT, 2009. 93 s
- [3] LIBRA, Martin; POULEK, Vladislav. Fotovoltaika : Teorie i praxe využití solární energie. Praha : ILSA, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2.
- [4] *Bondboy's posterous* [online]. 30. 9. 2010 [cit. 2011-05-12]. Sluneční elektrárny. Dostupné z WWW: <<http://bondboy.posterous.com/uspornе-zarivky-zvysuji-spotrebu-elekriny>>.
- [5] KOSMÁK, František. *Elektrika* [online]. 3. 9. 2009 [cit. 2011-05-12]. Princip fotovoltaického článku. Dostupné z WWW: <<http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>>.
- [6] ZEMÁNEK, Roman. *Fotovoltaika.falconis* [online]. 2009 [cit. 2011-05-12]. Výroba fotovoltaického článku. Dostupné z WWW: <<http://fotovoltaika.falconis.cz/fotovoltaika/vyroba.php>>.
- [7] *Sunsolutions* [online]. 2009 [cit. 2011-05-12]. FV panely SHARP. Dostupné z WWW: <<http://www.sunsolutions.cz/fv-panely.php>>.
- [8] *Hutermann* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Solární svítidlo s PIR detektorem. Dostupné z WWW: <<http://www.hutermann.com/eshop/001/produkty/kamery-a-kamerove-systemy-od-299/solarni-svitidlo-s-pir-detektorem-cidlem-pohybu-bezpecnostni-reflektor-solio2-dobijeni-slunecni-energii-akumulator/kamera-venkovni-barevna-s-infraprisvicenim-ir86>>.
- [9] *Slunce-stin* [online]. 2008 [cit. 2011-05-12]. Předokenní rolety se solárním pohonem. Dostupné z WWW: <<http://www.slunce-stin.cz/cz/kategorie/venkovni-stineni/predokenni-rolety/predokenni-rolety-se-solarnim-pohonem/>>.
- [10] *Slunce-stin* [online]. 2008 [cit. 2011-05-12]. Venkovní žaluzie se solárním napájením. Dostupné z WWW: <<http://www.slunce-stin.cz/cz/kategorie/venkovni-stineni/venkovni-zaluzie/venkovni-zaluzie-se-solarnim-napajenim/>>.
- [11] *Azphony* [online]. 2009 [cit. 2011-05-12]. SOLEMYO - solární systém pro napájení závor a pohonů. Dostupné z WWW: <<http://azphony.cz/solemyo-solarni-system-pro-napajeni-zavor-a-pohonu-p-690.html>>.

- [12] *Xhlsolar.en.made-in-china* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Solar Traffic Light (XHL-R002). Dostupné z WWW: <<http://xhlsolar.en.made-in-china.com/product/vqOntpPcJmIL/China-Solar-Traffic-Light-XHL-R002-.html>>.
- [13] *Xhlsolar.en.made-in-china* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Solar Arrow Board (XHL-R004). Dostupné z WWW: <<http://xhlsolar.en.made-in-china.com/product/EozJsXKGhDcl/China-Solar-Arrow-Board-XHL-R004-.html>>.
- [14] *Fotovoltaika* [online]. 2010 [cit. 2011-05-14]. CNPV power. Dostupné z WWW: <http://fotovoltaika.p3c4.cz/katalog/cnpv/cnpv_180-200M_datacz.pdf>.
- [15] *Fotovoltaika* [online]. 2010 [cit. 2011-05-14]. CNPV power. Dostupné z WWW: <http://fotovoltaika.p3c4.cz/katalog/cnpv/cnpv_225-245P_datacz.pdf>.
- [16] *Solarni-panely* [online]. 2010 [cit. 2011-05-16]. Fotovoltaický amorfní CIS solární panel Avancis PowerMax 110, 110 W. Dostupné z WWW: <<http://solarni-panely.cz/e-shop/fotovoltaicke-panely/fotovoltaicky-amorfni-cis-solarni-panel-avancis-powermax-110-110-w>>.
- [17] *Buy Solar Panels* [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. Wholesale solar. Dostupné z WWW: <<http://www.wholesalesolar.com/solar-panels.html#GE>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- FV Fotovoltaický článek.
- PKB Průmysl komerční bezpečnosti.
- PIR Pasivní infračervený detektor.
- Wp (watt peak) Maximální výkon kterého je schopen solární systém dosáhnout. Výkon solárních elektráren se běžně udává v kWp (1 kWp = 1000 Wp).
- Pmax Maximální jmenovitý výkon.
- Vmp Napětí při jmenovitém výkonu.
- Imp Proud při jmenovitém výkonu.
- USA United States of America.
- Např. Například.
- DPH Daň z přidané hodnoty.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Trh s fotovoltaickými panely [4].....	12
Obrázek 2. Valenční a zakázené pásy v polovodiči [2].....	14
Obrázek 3. Struktura polovodiče (atomy fosforu a boru začleněné do krystalové mřížky křemíku [2].....	15
Obrázek 4. Schéma fotovoltaického článku (dále jen FV) [5]	16
Obrázek 5. Část slunečního záření využitelná křemíkovým fotovoltaickým článkem.	17
Obrázek 6. Czochralského metoda výroby monokrystalů křemíku	19
Obrázek 7. Ingot monokrystalického křemíku [6]	19
Obrázek 8. Monokrystalický článek [7]	21
Obrázek 9. Další druhy monokrystalických článků [1].....	21
Obrázek 10. Schéma polovodičového FV článku [3]	22
Obrázek 11. Polykrystalický článek [7]	23
Obrázek 12. Další druhy polykrystalických článků [1].....	24
Obrázek 13. Osmihranné křemíkové trubky k výrobě článků EFG [1]	24
Obrázek 14. Princip výroby článku string ribbon [1].....	25
Obrázek 15. FV článek z amorfního křemíku [3]	27
Obrázek 16. FV článek z amorfního křemíku [2]	27
Obrázek 17. Třívrstvý FV článek z amorfního křemíku [1].....	28
Obrázek 18. Struktura článku s oxidem titaničitým a organickým barvivem [2].....	31
Obrázek 19. Vývoj vícepřechodových článků [2].....	33
Obrázek 20. Svítidlo s PIR detektorem [8].....	37
Obrázek 21. Předokenní rolety napájené solárním panelem [9]	38
Obrázek 22. Okenní rolety napájené solárním panelem. [10]	39
Obrázek 23. Solární systém pro napájení závor a bran. [11].....	40
Obrázek 24. Semafor s úspornými diodami napájený solárním panelem. [3]	41
Obrázek 25. Sloup veřejného osvětlení napájen solárním panelem. [3]	42
Obrázek 26. Stanice tísňového volání napájená FV panelem. [3]	42
Obrázek 27. Signalizační semafor s FV článkem [12].....	43
Obrázek 28. Směrová cedule s FV článkem [13].....	43
Obrázek 29. Logo firmy CNPV[14].....	46
Obrázek 30 Vysoce výkonný monokrystalický článek [14].....	47
Obrázek 31 Polykrystalický solární článek [15].....	48

Obrázek 32. Logo firmy Avancis [16]	48
Obrázek 33. Amorfní článek firmy AVANCIS [16].....	49
Obrázek 34. Logo firmy AstroNergy [17].....	50
Obrázek 35. Logo firmy Bp Solar [17]	50
Obrázek 36. Logo firmy Canadian Solar [17]	51
Obrázek 37. Logo firmy Conergy [17].....	51
Obrázek 38. Logo firmy EcoSolargy, Inc. [17]	52
Obrázek 39. Logo firmy Evergreen Solar [17]	52
Obrázek 40. Logo firmy GE Electric [17].....	53
Obrázek 41. Logo firmy Hyundai [17].....	53
Obrázek 42. Logo firmy Kaneka [17]	54
Obrázek 43. Logo firmy Mitsubishi Electric [17].....	54
Obrázek 44. Logo firmy Kyocera [17].....	55
Obrázek 45. Logo firmy NB Solar [17].....	56
Obrázek 46. Logo firmy PowerUp [17]	56
Obrázek 47. Logo firmy REC Solar [17]	57
Obrázek 48. Logo firmy Ritek [17].....	57
Obrázek 49. Logo firmy Samsung [17].....	58
Obrázek 50. Logo firmy Sanyo [17]	58
Obrázek 51. Logo firmy Sharp [17].....	59
Obrázek 52. Logo firmy SolarWorld [17].....	59
Obrázek 53. Logo firmy Salon [17]	60
Obrázek 54. Logo firmy SunTech [17]	60
Obrázek 55. Logo firmy SunWize [17].....	61
Obrázek 56. Logo firmy Trina Solar [17].....	62
Obrázek 57. Logo firmy UPG [17]	63
Obrázek 58. Logo firmy Yingli Solar [17]	63

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Porovnání účinnosti FV článků	35
Tabulka 2. Seznam výrobců fotovoltaických panelů	45
Tabulka 3. Technické data monokrystalického článku firmy CNPV [14]	47
Tabulka 4. Technické data polykrystalického článku firmy CNPV [15]	48
Tabulka 5. Amorfní článek firmy AVANCIS [16]	49
Tabulka 6. Produkty firmy Astronergy [17]	50
Tabulka 7. Produkty firmy Bp solar [17]	50
Tabulka 8. Produkty firmy Canadian Solar [17].....	51
Tabulka 9. Produkty firmy Conergy [17]	51
Tabulka 10. Produkty firmy EcoSology Inc. [17].....	52
Tabulka 11. Produkty firmy Evergreen Solar [17].....	53
Tabulka 12. Produkty firmy GE Electric [17]	53
Tabulka 13. Produkty firmy Hyundai [17]	53
Tabulka 14. Produkty firmy Kaneka [17].....	54
Tabulka 15. Produkty firmy Mitsubishi Electric [17].....	54
Tabulka 16. Produkty firmy Kyocera [17]	55
Tabulka 17. Produkty firmy NB Solar [17]	56
Tabulka 18. Produkty firmy PowerUp [17].....	56
Tabulka 19. Produkty firmy REC Solar [17].....	57
Tabulka 20. Produkty firmy Ritek [17]	57
Tabulka 21. Produkty firmy Samsung [17]	58
Tabulka 22. Produkty firmy Sanyo [17].....	59
Tabulka 23. Produkty firmy Sharp [17]	59
Tabulka 24. Produkty firmy SolarWorld [17]	60
Tabulka 25. Produkty firmy Solon [17]	60
Tabulka 26. Produkty firmy SunTech [17].....	61
Tabulka 27. Produkty firmy SunWize [17]	62
Tabulka 28. Produkty firmy Trina Solar [17]	62
Tabulka 29. Produkty firmy UPG [17].....	63
Tabulka 30. Produkty firmy Yingli Solar [17].....	63
Tabulka 31. Srovnání parametrů a cen solárních panelů.....	65