



موضوع سمینار
فناوری سلول های خورشیدی شفاف
Transparent solar cells

استاد
پرفسور شهرام محمد نژاد

بهار ۹۶

سرفصل ها

مقدمه

مواد مورد استفاده

زیر لایه ها

فناوری های ساخت

بررسی جوانب اقتصادی

جمع بندی



مقدمه

- مقایسه
- بررسی جوانب اقتصادی
- فناوری‌های ساخت
- زیر لایه ها
- مواد مورد استفاده
- مقدمه

حفاظت از محیط زیست

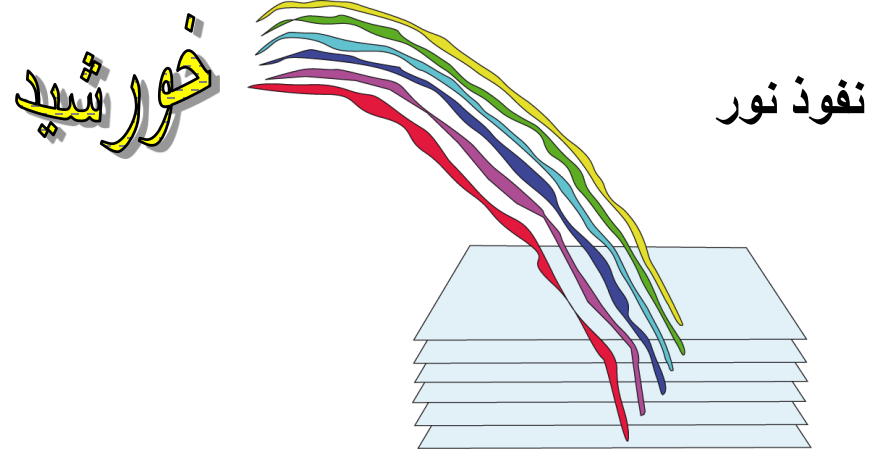
کاهش هزینه ها

خورشید منبع پایان ناپذیر انرژی

دلایل استفاده از سلول‌های خورشیدی

تاریخچه سلول‌های خورشیدی

کشف پدیده فتوولتاییک توسط: فیزیکدان فرانسوی
 AlexandreEdmond ← Becquerel در سال ۱۸۳۹
 ولتاژ باتری وقتی که صفحات نقره‌ای آن تحت تابش نور خورشید قرار می‌گیرند، افزایش می‌یابد.
 اولین سلول خورشیدی در سال ۱۹۴۱ از جنس سیلیکون با بازدهی ۱٪ ساخته شد.



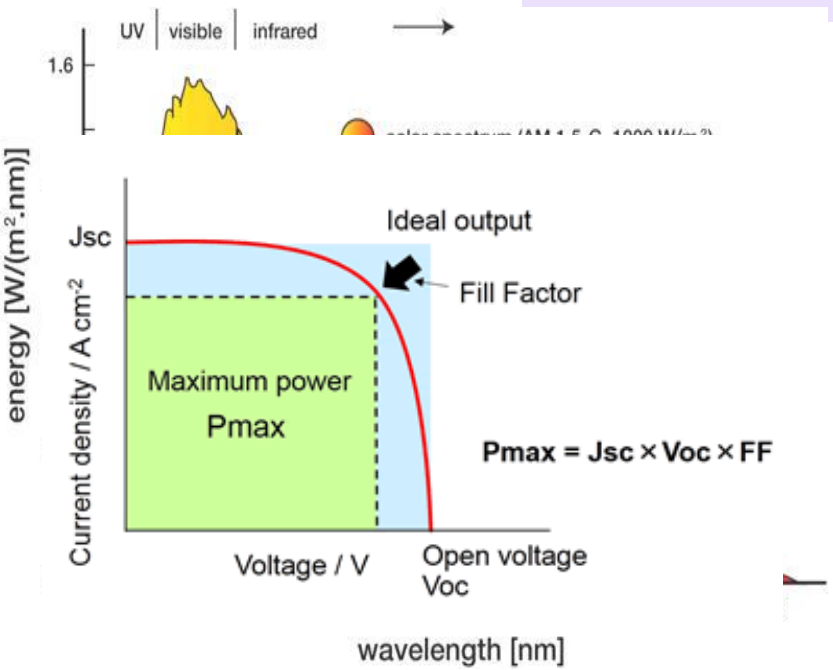
رنگ‌های خاص در ظرفیت‌های مختلف در لایه‌های پانل تصفیه.

جمع بندی	بررسی جوانب اقتصادی	فناوری‌های ساخت	زیر لایه ها	مواد مورد استفاده	مقدمه
----------	---------------------	-----------------	-------------	-------------------	-------

اساس سلول های خورشیدی

با در نظر گرفتن یک سلول خورشیدی به شکل یک جسم سیاه، به دلیل چند محدودیت غیر قابل رفع، بازدهی سلول های خورشیدی تک پیوندی محدود شده است :

محدودیت بازدهی سلول های خورشیدی



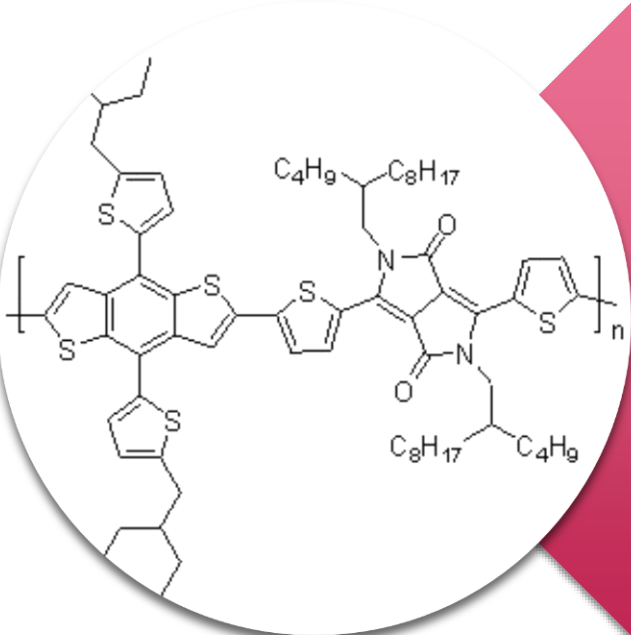
حد شاکلی- کوئیزر

انرژی شکاف باند محدود هر ماده
 باز ترکیب تشعشعی درون سلول
 تلفات تطبیق امپدانس بار

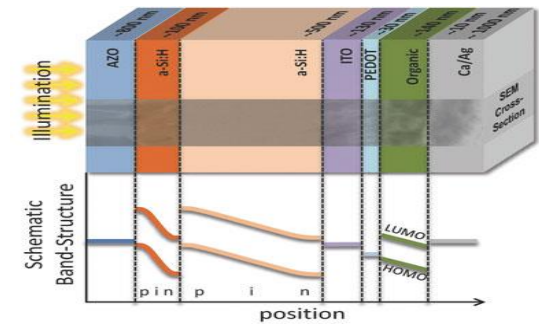
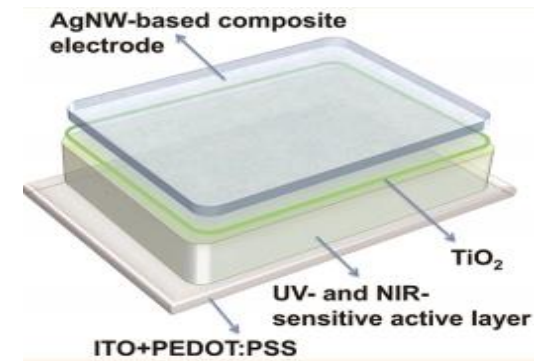


مواد مورد استفاده در سلول های خورشیدی شفاف

- مقدمه
- مواد مورد استفاده
- زیرلایه
- فناوری ساخت
- بررسی جوانب اقتصادی ر
- جمع بندی



مواد پلیمری که در ساخت اصلی ترین لایه سلول خورشیدی پلیمری یعنی لایه فعال UV/NIR به کار می رود از نوع PBDTT-DP و PCBM می باشد که در شکل مشاهده می شود. در این سلول ها به منظور افزایش شفافیت از-ITO (Ionalindium-tin-oxide) شیشه های استفاده می شود.



جمع بندی

بررسی جوانب
اقتصادی ر

فناوری ساخت

زیرلایه

مواد مورد
استفاده

مقدمه

سلول های خورشیدی شفاف

فعالیت برای عرضه این سلول ها به بازار از سال ۲۰۱۳ آغاز شده است و اغلب در مرحله تولید انبوه نمی باشند

پنل های خورشیدی شفاف از یک ترکیب متضاد تشکیل شده اند.

در اگوست ۲۰۱۴ محققان دانشگاه ایالت میشیگان یک سلول خورشیدی شفاف ساختند که می توان توسط آنها پنجره ها و لایه های شیشه ای را به سلول خورشیدی تبدیل کرد.
بر خلاف دیگر سلول های خورشیدی شفاف که تا به حال معرفی شده است این مورد کاملاً شفاف است بطوری که می توان تصاویر را از پشت آن دید .

سلول های خورشیدی با جذب فوتون به تولید الکتروسیته می پردازند اما یک جسم شفاف باید نور را از خود عبور بدهد و بازتاب آن به چشم ما برخورد کند تا ما آن را ببینیم



غیر سمی است

سلول های خورشیدی مبتنی بر α -Si:H برای ساخت در بسترهای منطقه شیشه ای بزرگ بسیار آسان است

برای پنجره های نیمه شفاف یا شفاف خورشیدی ، سلول های خورشیدی مناسب هستند به چند دلیل

سیلیکن آمورف هیدروژنه (α -Si: H)

این سلول ها ثبات دراز مدت خود را ثابت کرده اند

در سلول های خورشیدی α -Si:H

لایه های اکسید شفاف رسانا (TCO)

به طور معمول برای الکتروود (TCEs)

جلویی به کار می روند که در آن رنگ مقابل یک سلول با انعکاس از لایه TCO تعیین می شود

جمع بندی

بررسی جوانب
اقتصادی

فناوری ساخت

زیرلایه

مواد مورد
استفاده

مقدمه

در میان این موارد ITO بهترین هدایت و شفافیت را دارد ، اما قیمت بالای آن به دلیل کمبود این عنصر به و بی ثباتی شیمیایی اما به این دلایل استفاده از ITO نگران کننده است

با کنترل کردن ضخامت لایه Cu_2O

با تغییر ضخامت لایه های TCO

تنظیم رنگ به دو
صورت امکان پذیر
است

غیر یکنواخت

که در آنها از نقره نانوسیم (Ag NWS) به دلیل مقاومت کم، عبور بالا نور و انعطاف پذیری بالا استفاده می شود .

خواص ناپایدار مربوط به خوردگی

چسبندگی ضعیف بر بستر سطوح

با این حال نقره نانوسیم (Ag NWS) در بسیاری از موارد برای استفاده تجاری نامطلوب است

تا به امروز، اکسید قلع ایندیوم (ITO)، فلئور دوپ اکسید قلع و اکسید روی (ZnO) همچنین TCEs ها به طور گسترده ای در دستگاه های مختلف نوری ، صفحه نمایش صفحه تخت، نوری سنسور، صفحه نمایش لمسی، و سلول های خورشیدی مورد استفاده قرار گرفته است .

TCEs چند ساختار نیز می تواند برای سلول خورشیدی شفاف در دسترس باشد

جمع بندی

بررسی جوانب
اقتصادی ر

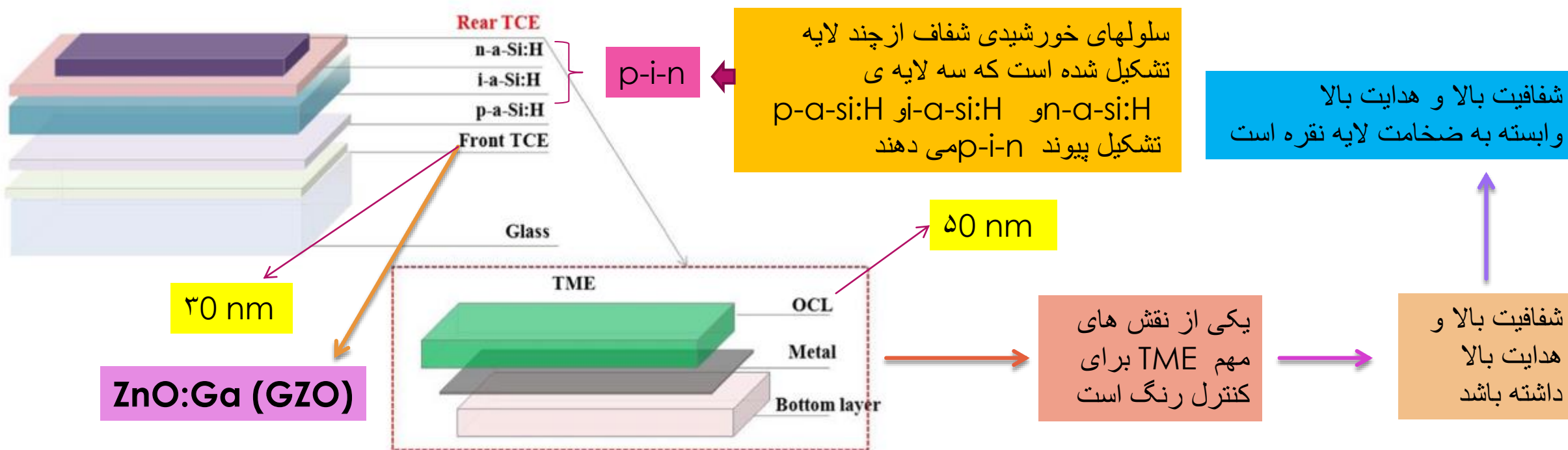
فناوری ساخت

زیرلایه

مواد مورد
استفاده

مقدمه

ساختار سلول های خورشیدی شفاف (a-Si:H)



جمع بندی

بررسی جوانب
اقتصادی ر

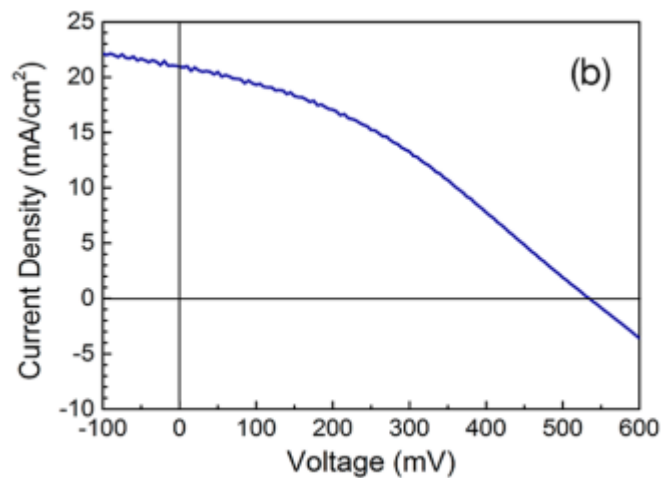
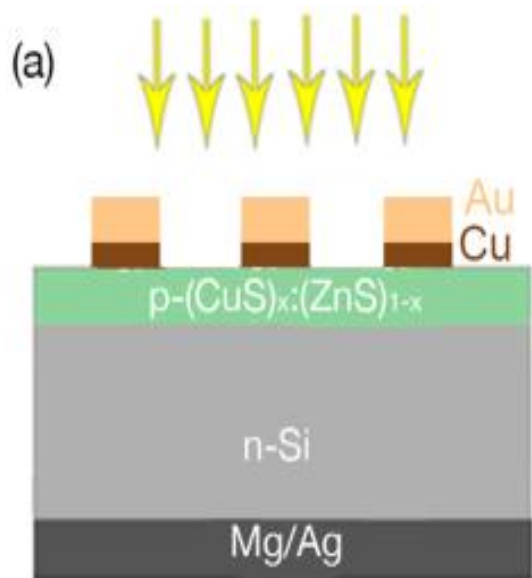
فناوری ساخت

زیرلایه

مواد مورد
استفاده

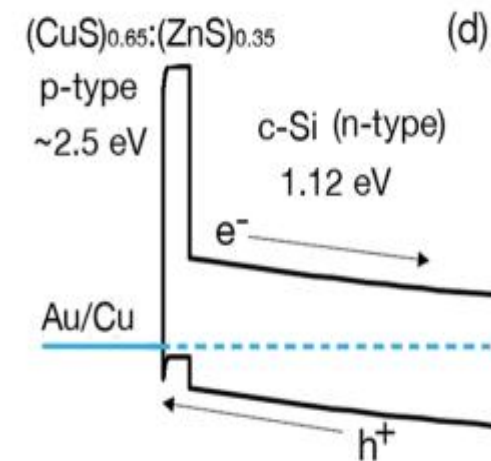
مقدمه

تصویر شماتیک از
ساختار
 $(\text{CuS})_x:(\text{ZnS})_{1-x}$



نمودار J-V

شماتیک باند دیگرام
انرژی
 $(\text{CuS})_{0.65}:(\text{ZnS})_{0.35}$



جمع بندی

بررسی جوانب
اقتصادی ر

فناوری ساخت

زیرلایه

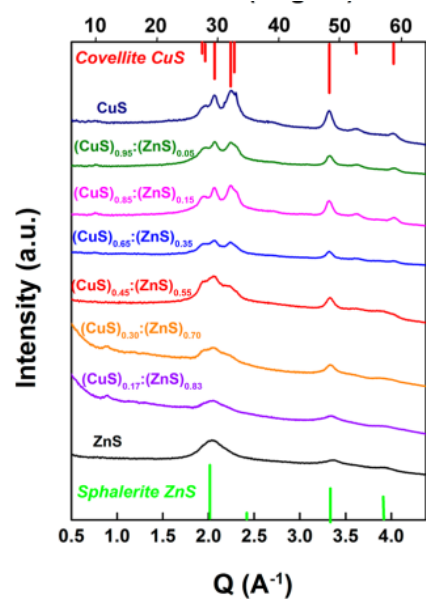
مواد مورد
استفاده

مقدمه

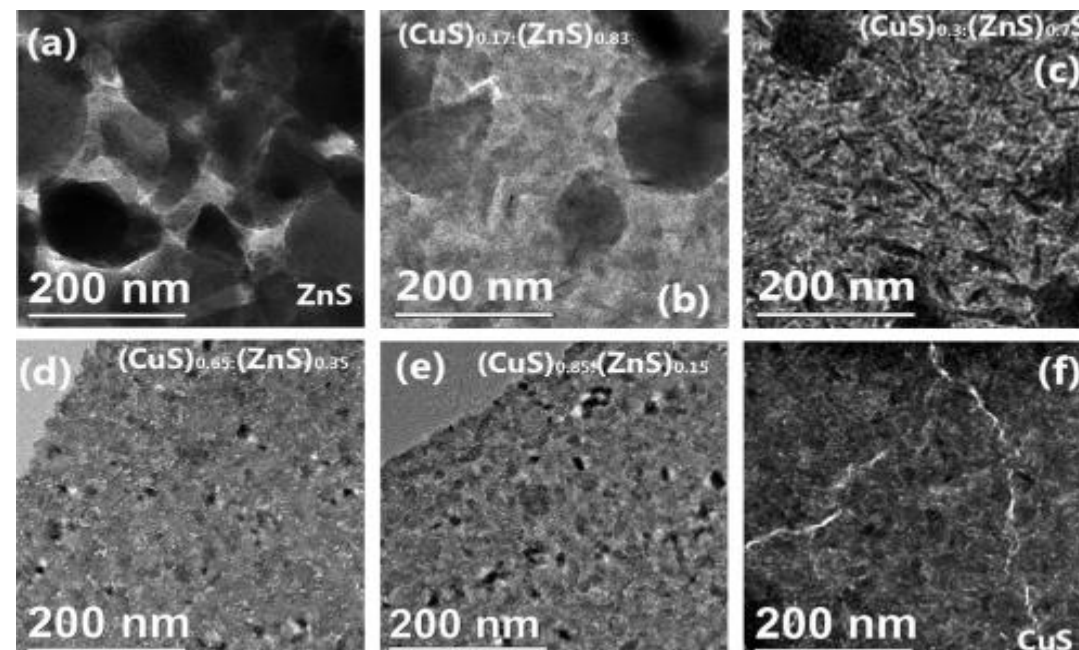
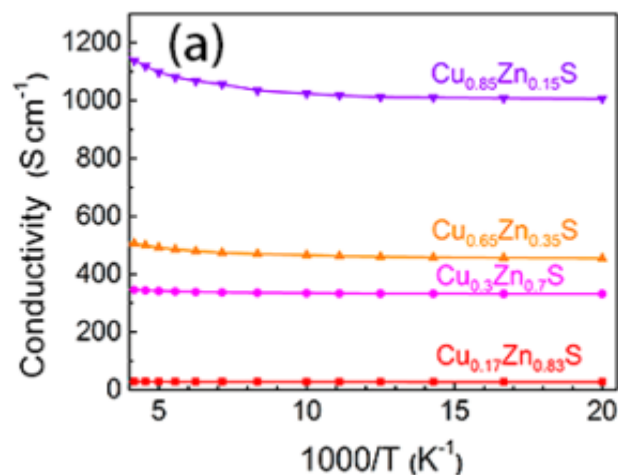
p-Type Transparent

به وضوح دیده می شود که غلظت مس
نقش مهمی در ساختار فیلم دارد .

نمایش انتقال میکروگراف الکترونی برای فیلم
 $(\text{CuS})_x:(\text{ZnS})_{1-x}$ با x متغییر از ۰ تا ۱



WAXS patterns
 $(\text{CuS})_x:(\text{ZnS})_{1-x}$
 $x = 0$ to $x = 1$



(a) $x = 0$; (b) $x = 0.17$; (c) $x = 0.3$;
(d) $x = 0.65$; (e) $x = 0.85$; (f) $x = 1$



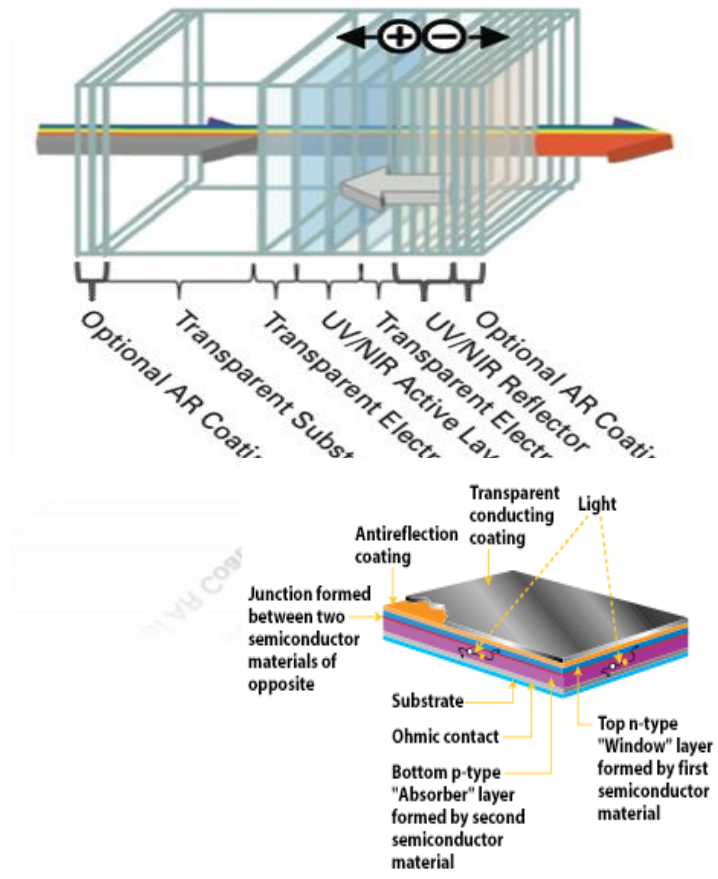
زیر لایه های شفاف موجود در سلول های خورشیدی شفاف

- مقدمه
- مواد مورد استفاده
- زیرلایه
- فناوری ساخت
- بررسی جوانب اقتصادی
- جمع بندی

شکل زیر ساختار و زیر لایه های یک سلول خورشیدی شفاف را نشان می دهد.

- پوشش ضد بازتاب نوری
- صفحه شفاف
- الکتروود شفاف
- لایه‌ی دفع کننده پرتوهای فرابنفش و مادون قرمز
- الکتروود شفاف
- لایه بازتاب دهنده پرتوهای فرابنفش و مادون قرمز
- پوشش ضد بازتاب نوری

زیر لایه های شفاف موجود در سلول های خورشیدی شفاف

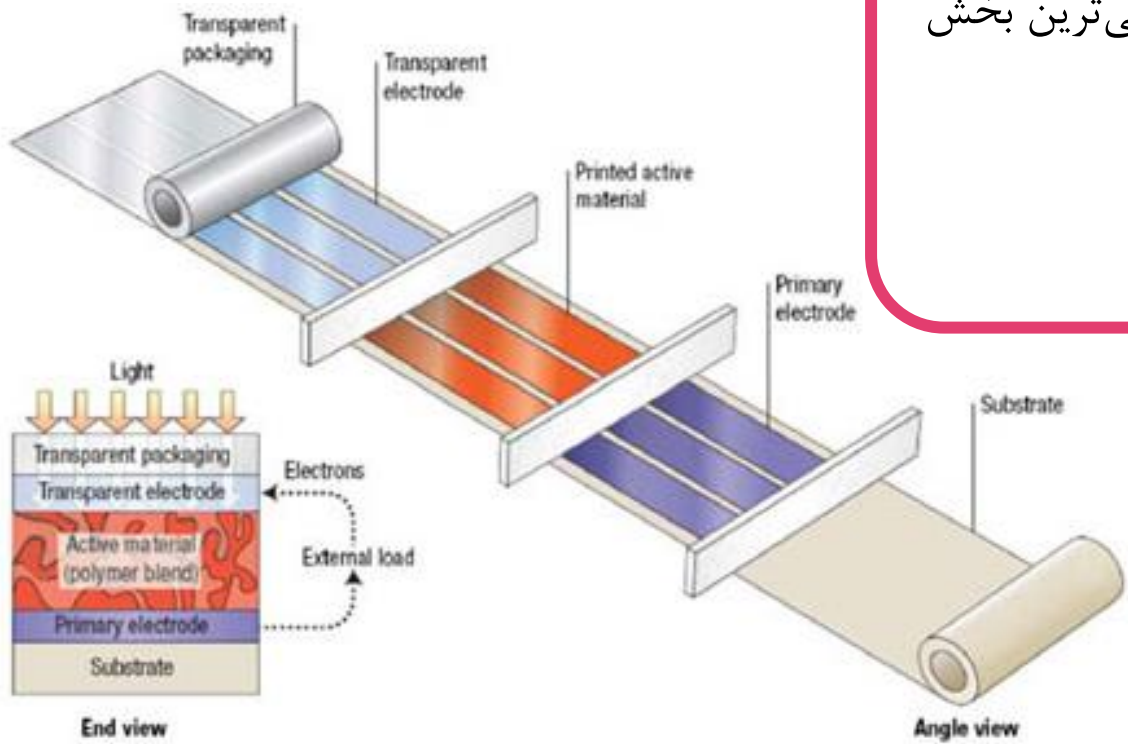




فناوری ساخت و نحوه عملکرد سلول های خورشیدی شفاف

جمع بندی	بررسی جوانب اقتصادی	فناوری ساخت	زیرلایه	مواد مورد استفاده	مقدمه
----------	---------------------	-------------	---------	-------------------	-------

پنج لایه اصلی تشکیل دهنده این سلول ها بر روی هم قرار می گیرند که اصلی ترین بخش آن عبارتند از:
 دو الکتروود شفاف (اولیه و ثانویه)
 لایه فعال (واسط شارش الکتروسیته)



جمع بندی

بررسی جوانب
اقتصادی ر

فناوری ساخت

زیرلایه

مواد مورد
استفاده

مقدمه



نحوه عملکرد یک PV شفاف بدین صورت می باشد که سیستم به گونه ای طراحی شده است که نور خورشید از داخل صفحه عبور کند و لی پرتوهای مادون قرمز و فرابنفش عبور نکنند.



لایه میانی که به لایه فعال UV/NIR معروف است نقش اصلی را در ایجاد جریان الکتریسیته ایجاد می کند.



این لایه در واقع با جذب پرتوهای فرابنفش و پرتوهای با دامنه نزدیک به مادون قرمز سبب عبور جریان از طریق دو الکترود شفاف که در دو طرف این لایه قرار دارند می شود.

نحوه عملکرد سلول های خورشیدی شفاف

جمع بندی

بررسی جوانب
اقتصادی ر

فناوری ساخت

زیرلایه

مواد مورد
استفاده

مقدمه

کارایی سلول خورشیدی بر اساس فرمول زیر محاسبه می شود تا عملکرد هر سلول مورد ارزیابی قرار گیرد:

$$\eta = \frac{I_{sc} V_{oc} FF}{P_{in}}$$

در اینجا I_{sc} دانسیته جریان مدار کوتاه (میلی آمپر بر سانتیمتر مربع)، V_{oc} ولتاژ مدار باز (میلی ولت) FF فاکتور پر کردن و P_{in} شدت نور تابشی است.

بررسی و مقایسه ویژگی های الکتریکی و نوری این سلول ها

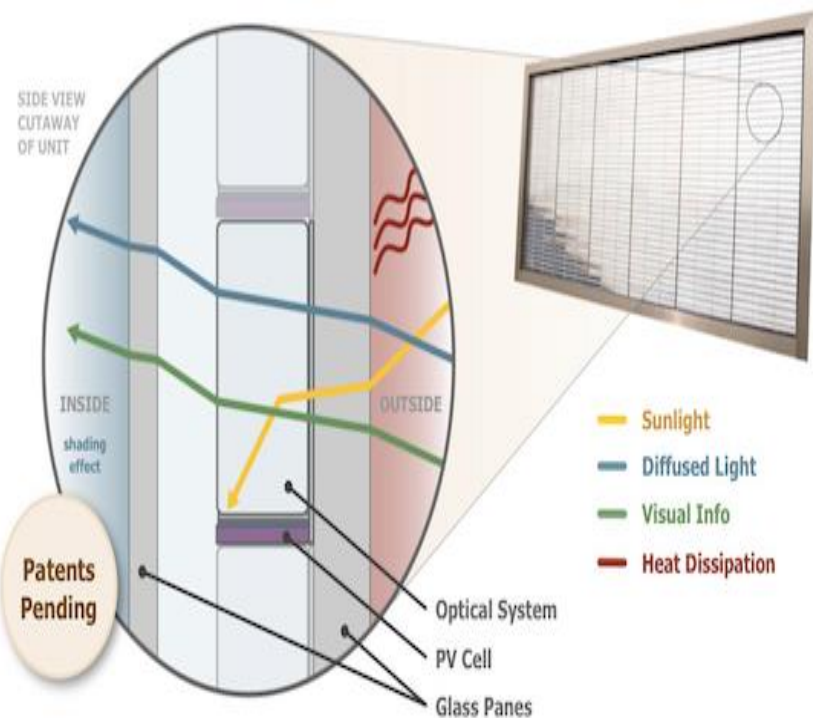
جمع بندی	بررسی جوانب اقتصادی ر	فناوری ساخت	زیرلایه	مواد مورد استفاده	مقدمه
----------	-----------------------	-------------	---------	-------------------	-------

کارخانه های سازنده سلول خورشیدی شفاف

شرکت Solar Choice در زمینه ساخت سلول های خورشیدی فعالیت می کند. این شرکت اخیراً نمونه هایی از پنل های خورشیدی شفاف را تولید کرده است که به عنوان شیشه ها و نورگیرهای ساختمانی کاربرد دارند.

آزمایش هایی که توسط شرکت آلکاتل در زمینه صفحه گوشی همراه صورت گرفته نشان می دهد که با این کار قابلیت شارژ دهی باتری در حدود ۵۰٪ افزایش می یابد .

در کشور چین کارخانه Guangdong به تولید سلول های خورشیدی شفاف می پردازد



جمع بندی

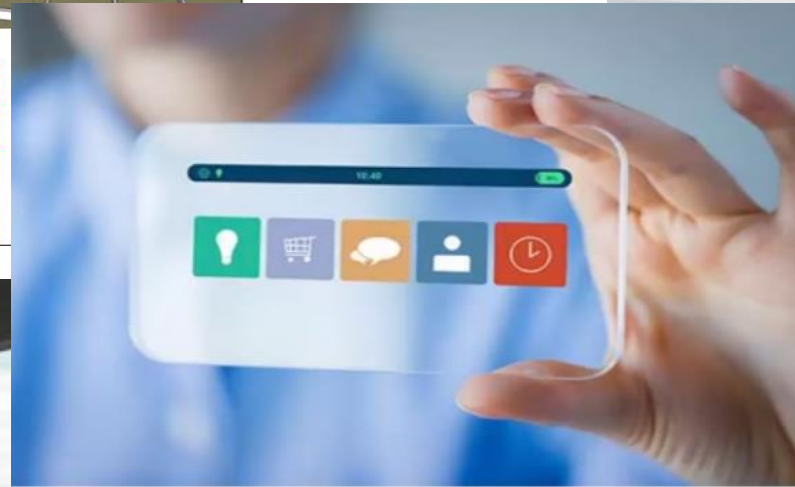
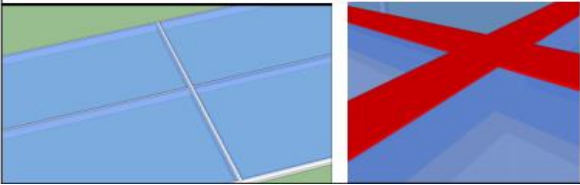
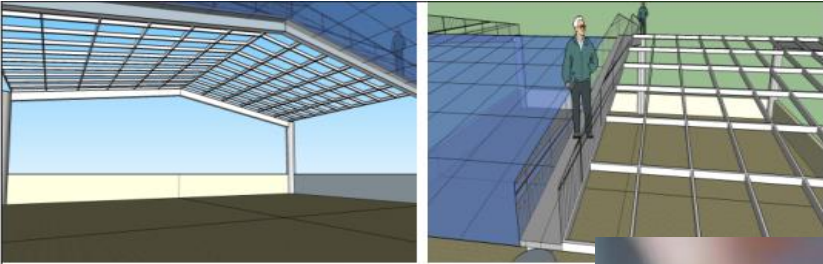
بررسی جوانب
اقتصادی ر

فناوری ساخت

زیرلایه

مواد مورد
استفاده

مقدمه



مقدمه	مواد مورد استفاده	زیرلایه	فناوری ساخت	بررسی جوانب اقتصادی ر	جمع بندی
-------	-------------------	---------	-------------	-----------------------	----------

خصوصیات I-V انواع مختلف سلول های فتوولتائیک

η	FF (%)	V (mv)	I (mA/cm ²)	لایه فتوئاکتیو	نوع ماده
۰,۲۳	۳۱	۷۶۰	۰,۹۸	MDMO-PPV:PCBM	نوع PP
۰,۳۳	۳۷	۷۰۰	۱,۲۸	MDMO-PPV:PCBM	نوع PP پوشیده شده با آلومینیوم
۰,۳۷	۳۸	۷۴۰	۱,۳۳	MDMO-PPV:PCBM	شیشه پوشیده شده با ITO
۰,۱۷	۲۷	۵۸۰	۱,۰۴	P3HT:PCBM	نوع PP
۰,۳۳	۳۷	۵۲۰	۱,۶	P3HT:PCBM	نوع PP پوشیده شده با آلومینیوم
۰,۲۵	۳۶	۶۲۰	۱,۱۲	P3HT:PCBM	شیشه پوشیده شده با ITO

طیف جذب و ارسال الکتروود فلز LiF/Al با ارزیابی لایه های فلز بدست آمد که در مقایسه با طیف شیشه پوشیده ITO تنها بر روی شیشه تبخیر شد، عملکرد بهتری را نشان می دهد



بررسی جوانب اقتصادی



ضخامت	2mm,3mm,4mm,5mm,6mm,8mm,10mm,12mm,15mm,19mm
سایز	2140x3300mm, custom sizes
کاربردها	درها و پنجره‌ها، میز

<https://www.alibaba.com/showroom/transparent-solar-panel.html>

<http://www.globalsources.com/manufacturers/Transparent-Solar-Panel.html>

سایت هایی که می توانید متناسب با نیاز قیمت های مختلف سلول خورشیدی شفاف را بیابید .

قیمت این محصولات بسته به سایزشان از ۰,۵ تا ۲۹,۵ دلار می باشد



40% Thin-film Transparent Solar Panel for Roof Mounting BIPV
US\$ 70 - 85 / Piece
5 Pieces (Min. Order)



50% Thin Film Transparent Solar Panel
US\$ 80 - 90 / Piece
5 Pieces (Min. Order)



Transparent Mono Solar Panel, MS-SP150-18M
US\$ 67.5 / Piece
50 Pieces (Min. Order)



30% Thin Film Transparent Solar Panel with High Efficiency
US\$ 75 - 85 / Piece
5 Pieces (Min. Order)



جمع بندی

جمع بندی	بررسی جوانب اقتصادی ر	فناوری ساخت	زیرلایه	مواد مورد استفاده	مقدمه
----------	-----------------------	-------------	---------	-------------------	-------

مقایسه بین سلول های خورشیدی شفاف و غیر شفاف

	12/10/2014	2/19/2015	2/25/2015	3/4/2015	3/9/2015	3/11/2015	3/16/2015	3/18/2015	3/25/2015
Cloud Coverage (%)		20	15	25	10	5	15	80	30
Temp (deg_F)		63	65	63	64	67	64	77	77
hours	0	1704	1848	2016	2136	2184	2304	2352	2520
<i>P=IV</i>									
V_Non-Trans (Volts)	5.3	5.02	5.05	5	5.1	5.12	5.06	4.82	5.03
I_Non-Trans (mA)	1130	86.8	90.3	62.1	96.8	106.2	81.2	23.3	67.5
P_Non-Trans (mW)	5989	436	456	311	494	544	411	112	340
V_Trans (Volts)	5.23	4.93	4.97	4.94	5.02	5.05	4.98	4.75	4.94
I_Trans (mA)	580	59.2	64.9	48.6	71.2	83.6	61.7	18.2	52.3
P_Trans (mW)	3033.4	292	323	240	357	422	307	86	258

جمع بندی	بررسی جوانب اقتصادی ر	فناوری ساخت	زیرلایه	مواد مورد استفاده	مقدمه
----------	-----------------------	-------------	---------	-------------------	-------

مقایسه پارامترهای مختلف سلول های خورشیدی شفاف و غیر شفاف در آزمایش

	Transparent Panel	Non-Transparent Panel
Max power (Watts)	1.18	2.34
Voltage at Max Power point (Volts)	3.21	3.2
Current at Max Power point (Amps)	0.362	0.723
Open Circuit Voltage (Volts)	5.23	5.3
Short Circuit Voltage (Amps)	0.58	1.13
Fill Factor	38%	38%
Active Area (square meter)*	0.1	0.1

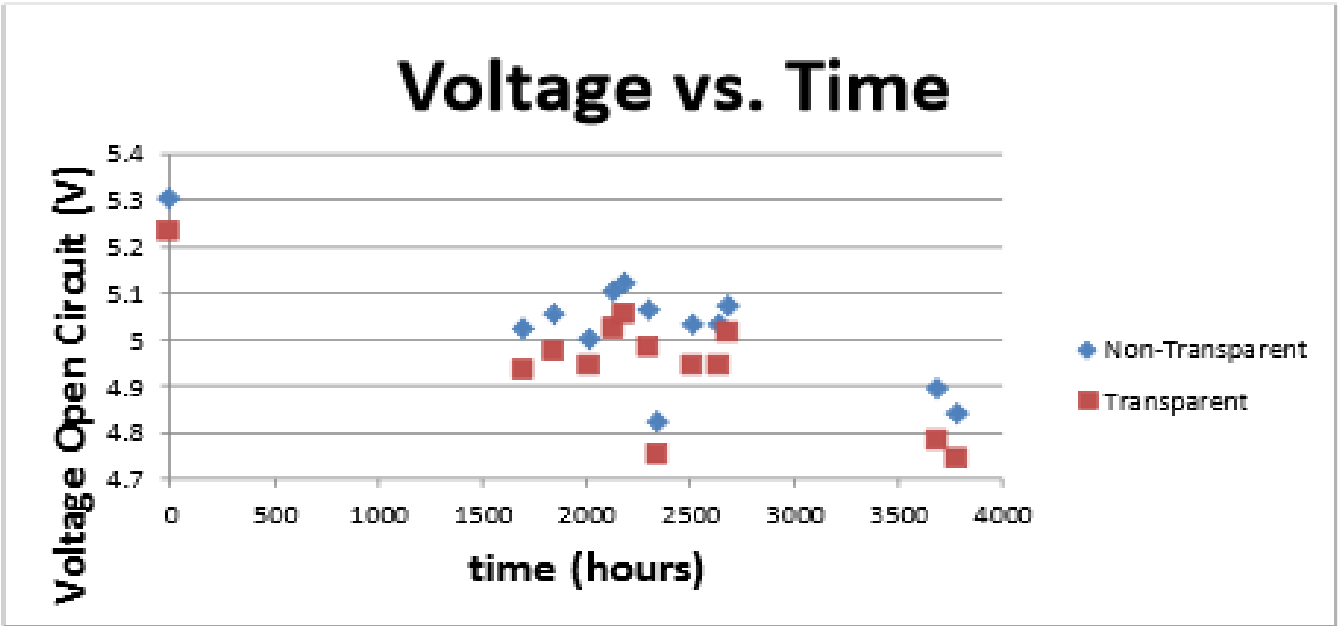
جمع بندی	بررسی جوانب اقتصادی ر	فناوری ساخت	زیرلایه	مواد مورد استفاده	مقدمه
----------	-----------------------	-------------	---------	-------------------	-------

مقایسه بازده سلول خورشیدی شفاف و غیر شفاف

hours	η non_transparent	η transparent
0	1.68%	0.83%
1704	0.74%	0.50%
1848	0.76%	0.54%
2016	0.56%	0.43%
2136	0.81%	0.58%
2304	0.71%	0.53%
2352	0.35%	0.27%
2520	0.67%	0.51%
2640	0.73%	0.53%
2688	0.81%	0.60%
3696	0.28%	0.19%
3792	0.24%	0.23%

- جمع بندی
- بررسی جوانب اقتصادی ر
- فناوری ساخت
- زیرلایه
- مواد مورد استفاده
- مقدمه

ولتاژ خروجی سلول های شفاف در شرایط یکسان با نوع غیر شفاف کمتر می باشد.



جمع بندی

بررسی جوانب
اقتصادی ر

فناوری ساخت

زیرلایه

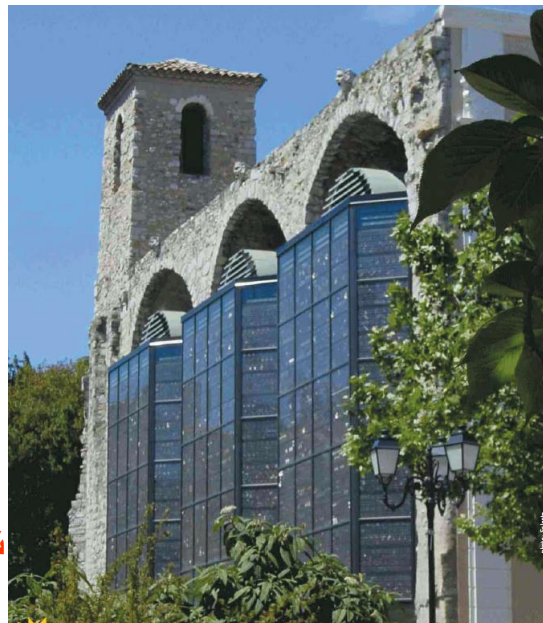
مواد مورد
استفاده

مقدمه

شفافیت در سطوح مختلف



شفاف - فضای کمتری نیاز دارند



غیر شفاف - مناطق بزرگی را اشغال می کنند ، اما می توان به صورت انبوه تولید شان کرد →





با تشکر از حُسن توجه شما