

راهنمای انرژی خورشیدی

کلیات انرژی خورشیدی

آموزش ساخت پانل خورشیدی خانگی

تألیف و گردآوری:

آزاده ملایی

سرشناسه : ملای، آزاده، ۱۳۵۸-
 عنوان و نام بدیداور : راهنمای انرژی خورشیدی: کلیات انرژی خورشیدی (آموزش ساخت پانل خورشیدی خانگی)/ تالیف و گردآوری آزاده ملای.
 مشخصات نشر : تهران: استادکار، ۱۳۹۹.
 مشخصات ظاهری : ۱۶۰ ص.: مصور، جدول.
 شابک : 978-600-7946-61-9
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : واژه‌نامه.
 عنوان دیگر : کلیات انرژی خورشیدی (آموزش ساخت پانل خورشیدی خانگی).
 موضوع : انرژی خورشیدی
 موضوع : Solar energy
 موضوع : تولید برق از انرژی خورشیدی
 موضوع : Photovoltaic power generation
 موضوع : تولید برق از انرژی خورشیدی - طرح و ساختمان
 موضوع : Photovoltaic power generation - Design and construction
 موضوع : مهندسی عمران - راهنمای آموزشی (عالی)
 رده بندی کنگره : TJA۱۰
 رده بندی دیویی : ۶۲۱/۴۷
 شماره کتشناس ملی : ۶۱۵۳۰۸۲



انتشارات استادکار

نام کتاب: راهنمای انرژی خورشیدی

ناشر: انتشارات استادکار

تألیف و گردآوری: آزاده ملایی

صفحه آرایي: هفت رنگ گرافیک

لیتوگرافی: RAPID گرافیک

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۹

چاپ و صحافی: نوبخت

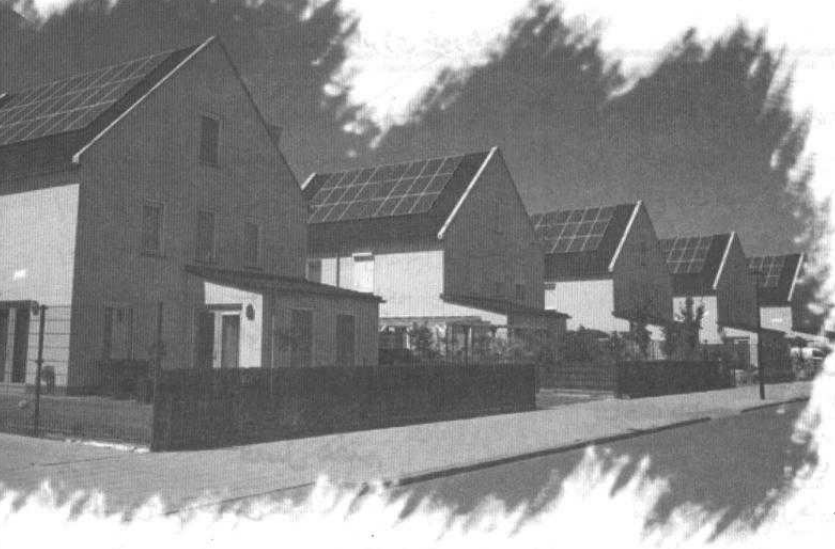
تیراژ: ۳۰ جلد

شابک: ۹-۶۱-۷۹۴۶-۶۰۰-۹۷۸

www.simorghedaneh.com

مراکز پخش:

- کتابفروشی هنر: خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۳۲۴، تلفن: ۶۶۴۹۲۲۴۲-۰۲۱.
- کتابفروشی عصر دانش: خیابان انقلاب، مقابل دبیرخانه دانشگاه تهران، پلاک ۱۳۳۲، تلفن: ۶۶۹۷۱۲۵۱-۰۲۱.
- کتابفروشی سیمای دانش: تهران، خیابان انقلاب، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۳۱۸، تلفن: ۶۶۹۶۶۱-۰۲۱.
- برای تهیه‌ی دیگر محصولات این مؤسسه در تهران یا شهرستان‌ها، با شماره ۰۹۳۷-۵۰۵۷۸۷۷ تماس حاصل فرمائید.



فهرست

مقدمه	۹	منابع خورشیدی	۳۷
-------	---	---------------	----

فصل اول

انرژی و خورشید	۱۱	نقاط ضعف سلول‌های خورشیدی	۳۹
استفاده از انرژی خورشیدی در زندگی روزمره	۱۵	کمبود نور	۳۹
سوخت‌های برتر	۱۶	مسئله مالی	۴۱
سوخت‌های جایگزین	۱۸	محیط زیست	۴۲

فصل دوم

بکارگیری انرژی خورشیدی	۲۳	پیشرفت، چشم‌اندازها و رویاها	۴۵
توان خورشیدی فعال و غیرفعال	۲۳	کاهش هزینه، افزایش بهره‌ده	۴۵
آبگرمکن و اجاق خورشیدی	۲۵	کمک به فناوری‌های دیگر	۴۷
تولید الکتریسیته با سلول‌های خورشیدی	۲۶	نگاه به آینده	۴۹
انرژی گرمایی خورشیدی	۲۹		
نمک مذاب و برج‌های نیرو	۳۲		

فصل ششم

مفاهیم پایه سلول‌های خورشیدی	۵۳
سلول‌های بی‌شکل	۵۴
سلول‌های خورشیدی انعطاف‌پذیر	۵۵
سلول‌های خورشیدی بلوری	۵۵
سلول‌های تک‌بلوری و چندبلوری	۵۷

فصل سوم

مهم‌ترین مزایا	۳۳
نقاط قوت	۳۳
کمک به محیط زیست	۳۵





۷۷.....	روان ساز	۵۷.....	مقایسه‌ی سلول‌های جدید با انواع قدیمی
۷۸.....	لحیم‌کاری	۵۸.....	بازده سلول خورشیدی
۷۸.....	انواع نوک هویه	۶۰.....	میزان وات باتری‌های خورشیدی
۷۸.....	نکات فنی لحیم‌کاری	۶۰.....	آزمایش سلول‌های خورشیدی
۸۰.....	انواع لحیم	۶۰.....	تطابق خروجی سلول‌های خورشیدی
		۶۱.....	لوازم مورد نیاز برای آزمایش سلول‌ها
		۶۲.....	استفاده از سلول کالبره

فصل نهم

۸۱.....	ساخت پانل خورشیدی
۸۲.....	اندازه‌گیری بازده پانل
۸۲.....	محاسبه تعداد سلول‌های مورد نیاز
۸۳.....	طراحی شکل پانل
۸۴.....	طول کلی پانل
۸۴.....	عرض کلی پانل
۸۵.....	طول قاب پانل
۸۵.....	برش نوار اتصال
۸۵.....	آماده‌سازی نوار اتصال
۸۶.....	قلع اندود
۸۶.....	ایجاد چین در نوار اتصال
۸۷.....	لحیم‌کاری نوار اتصال به سلول‌ها
۸۹.....	ساخت لایه‌ی آماده
۸۹.....	ساخت لایه‌ی طرح
۸۹.....	لحیم‌کاری سازه‌ها
۹۲.....	آماده‌سازی ساختار پانل
۹۳.....	نصب ورقه عایق
۹۳.....	جاگذاری سلول‌ها بر روی پانل
۹۴.....	الصاق نوارهای اتصال به نوارهای رابط
۹۵.....	عایق‌بندی کانکتورهای رابط
۹۵.....	جعبه اتصال
۹۶.....	آزمایش پانل
۹۶.....	درزگیری و بست نهایی پانل

فصل دهم

پروژه‌ی ساخت یک آرایه خورشیدی کوچک ۹۷

فصل هفتم

۶۵.....	پانل‌های خورشیدی
۶۵.....	بازده پانل‌های خورشیدی برای کاربردهای مختلف
۶۶.....	درجه‌بندی پانل‌های خورشیدی
۶۶.....	وات طراح
۶۷.....	جستجو و انتخاب سلول برای ساخت پانل
۶۷.....	نوارهای اتصال و رابط
۶۸.....	قاب پانل
۶۹.....	مقاومت در برابر حرارت
۷۰.....	مقاومت در برابر رطوبت
۷۱.....	مقاومت در برابر اشعه فرابنفش
۷۱.....	کاربرد پلکسی گلاس در پانل‌های خورشیدی
۷۱.....	پشت‌بند و میله‌های قاب پانل
۷۲.....	مزایای استفاده از پیچ‌های بلند
۷۲.....	طراحی روش سیم‌کشی پانل - اتصالات سری و موازی
۷۳.....	تنظیم خروجی پانل
۷۳.....	ولتاژ و فاصله پانل از باتری
۷۴.....	اتصالات و آرایه‌های پانل
۷۴.....	شکل و اندازه پانل

فصل هشتم

۷۵.....	آماده‌سازی و اتصال سلول‌های خورشیدی
۷۵.....	سلول‌ها را به دقت انتخاب و بررسی کنید
۷۶.....	آماده‌سازی نوارهای اتصال





۱۲۹	ساخت کانال‌های رابط سلول
۱۳۱	استفاده از سلول‌های شکسته
۱۳۴	ساخت نوارهای اتصال و رابط
۱۳۵	قلع‌اندود نوارهای فلزی

فصل دوازدهم

۱۳۹	چند روش دیگر برای اتصال سلول‌ها
۱۴۰	لایه محافظ
۱۴۱	هواگیری سیلیکون
۱۴۴	رقیق‌سازی سیلیکون

فصل سیزدهم

۱۴۷	سیستم برق خورشیدی
۱۴۸	دیودها
۱۴۸	کنترل‌کننده‌های شارژ باتری
۱۴۸	کابل‌ها و کانکتورها
۱۴۹	باتری‌ها
۱۴۹	فیوزها
۱۴۹	نصب پانل‌ها
۱۵۰	جای نصب پانل
۱۵۰	جهت‌یابی
۱۵۰	نگهداری

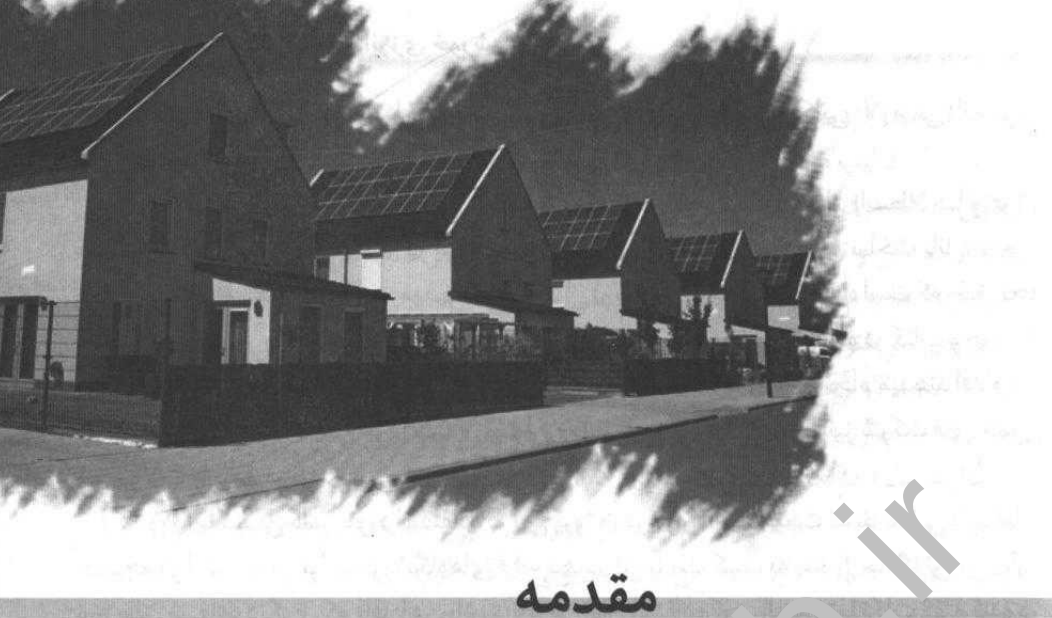
ضمیمه ۱

۱۵۱	لغتنامه‌ی تخصصی انرژی خورشیدی
-----	-------------------------------

۹۷	مشخصات پروژه Solar II
۹۸	نقشه و ابعاد پانل
۹۸	میل‌های قاب پانل
۱۰۳	برش ورقه پلکسی گلاس
۱۰۴	دریل کاری ورقه پلکسی گلاس
	دریل کاری همزمان پلکسی گلاس، پشت‌بند و
۱۰۶	میل‌های قاب
۱۰۶	موقعیت سوراخ‌های خروجی
۱۰۷	اتصال میل‌ها، قاب به پشت‌بند
۱۰۸	الصاق ورقه فایبرگلاس به پشت‌بند
۱۰۹	جعبه اتصال
۱۱۳	نوارهای اتصال رابط
۱۱۳	پوشش اجزای داخلی پانل
۱۱۴	آماده‌سازی سلول
۱۱۴	طول نوار اتصال
۱۱۴	لحیم کاری نوار اتصال به سطح سلول
۱۱۵	تخته‌های الگوی نقشه پانل
۱۱۵	ساخت رشته‌های سلولی
۱۲۲	روکش پلکسی گلاس
۱۲۴	گیره‌های پانل

فصل یازدهم

۱۲۷	خریداری و کار با سلول‌های خورشیدی
۱۲۸	سلول‌های غیراستاندارد یا ناقص
۱۲۸	تعمیر و بازسازی سلول‌های خورشیدی



مقدمه

اکثر کشورهای جهان امروزه برای پس‌گیری از وقوع بحران انرژی و و اثرات سوء استفاده از سوخت‌های فسیلی رایج بر محیط زیست هستند، با توجه به انعطاف‌پذیری سیستم‌های خورشیدی و سازگاری آن‌ها با فرهنگ‌ها و محیط زیست‌های متنوع، و نیز با در نظر گرفتن این مسأله که کشور ما هم به لطف خداوند متعال از تابش فراوان نور خورشید در مناطق مرکزی، جنوبی و شرقی بهره‌مند است، نیاز به تقویت رویکرد برپایی و نصب سیستم‌های تولید تابش خورشیدی به وضوح احساس می‌شود که این‌که هم اکنون هم در برخی شهرهای بزرگ چراغ‌های روشنایی شهری خورشیدی را می‌توان دید.

کتابی که در دست دارید حاصل ترجمه‌ی دو کتاب Solar Power نه‌شته‌ی ریچارد هانتولا و Build Your Own Solar Panel نوشته‌ی فیلیپ هرلی و نیز تحقیق و ترجمه‌ی چند مقاله‌ی الکترونیکی درباره انرژی خورشیدی و سیستم‌های انرژی خورشیدی است.

سعی نگارنده در مسیر ترجمه و گردآوری مطالب، فارسی‌سازی اصطلاحات الکترونیک و فیزیک بوده و تا حد امکان این مهم را به انجام رسانیده است اما به هر حال از بکارگیری برخی اصطلاحات بدون معادل، گزیری نیست. به خوانندگانی که علاقمند به دانستن معادل‌های فارسی یا لاتین اصطلاحات خاص هستند مطالعه‌ی پاورقی صفحات، لغتنامه‌ی تخصصی انرژی خورشیدی ضمیمه و توضیحات تکمیلی ارائه شده در مقدمه را اکیداً پیشنهاد می‌دهم.

در نظر دارم با بازخوردهایی که از انتقادات خوانندگان گرمی از طریق نشانی پست الکترونیک دریافت می‌کنم نسبت به رفع ایرادات کتاب اقدام کنم. از لطف شما خواننده‌ی گرمی که نظرات خود را به من انتقال می‌دهید پیشاپیش سپاسگذارم.

فیلیپ هرلی (نویسنده کتاب Build Your Own Solar Panel)، پروژه‌ی عملی ارائه شده در کتاب خود را مطابق با شرایط و لوازم موجود در بازار و تولیدات کارخانجات آمریکایی نوشته است، با در نظر



گرفتن تفاوت‌های شرایط بازار داخلی کشور ما با کشورهای اروپایی و آمریکایی لازم می‌دانم مواردی را برای شما خواننده‌ی علاقمند به ساخت پانلهای خورشیدی تجربی ذکر کنم:

✱ در زمان تألیف این کتاب (سال ۱۳۹۱)، ۵ کارخانه تولید کننده سلول (اصطلاحاً ویفر) و پانل خورشیدی در کشور ما وجود دارد. در عنوان‌های «جستجو و انتخاب سلول برای ساخت پانل» و «خریداری و کار با سلول‌های خورشیدی» به موضوع تهیه سلول (ویفر) از کارخانه اشاره شده است که طبق تحقیقات نگارنده، در کشور ما امکان خرید مستقیم سلول از کارخانه به شیوه‌ی ذکر شده در کتاب وجود نداشته و باید از طریق شرکت‌های واسطه‌ی کوچکتر که کار تولید و نصب پانل‌ها را انجام می‌دهند اقدام کنید. اما از لحاظ بیمه محصولات خریداری شده، میتوان مطمئن بود که در کشور ما نیز شرکت‌های حمل و نقل محصولات را بیمه میکنند.

✱ ورقه پلکی گلس مورد استفاده در این پروژه، در بازار داخلی قیمت نسبتاً بالایی دارد اما با کمی جستجو در اینترنت می‌توانید فروشگاه‌های ارائه دهنده آن را پیدا کنید. به عنوان جایگزین می‌توان از هر نوع طلق شفاف دیگری استفاده‌ی آن باشد هم می‌توان استفاده کرد، البته حتماً نکات گفته شده در مورد عدم تماس طلق با سطح سلول را رعایت کنید.

✱ توجه: دلیل استفاده از پلیسب گلس، عدم وجود عنصر آهن (Fe) در این ماده و در نتیجه عدم جذب اشعه UV (یا IR) توسط آن در نتیجه بالا رفتن راندمان است، در حالیکه در شیشه‌های معمولی که حاوی مقدار زیادی Fe هستند، اشعه TV جذب شده و بازده کاهش پیدا می‌کند.

✱ از چسب سیلیکون در این پروژه بارها استفاده شده است. چسب‌ها یا درزگیرهای سیلیکونی مورد استفاده در این کتاب همگی از نوع GE (General Electric) است که در بازار داخلی پیدا نمیشود. بطور کلی چسب سیلیکون در رده‌ها (grade) های مختلفی از لحاظ چگالی و نقطه اثر ارائه می‌شوند و جستجوی شما منجر به پیدا کردن مارک‌های مختلفی از درزگیرهای سیلیکون در انواع شفاف و غیر شفاف و تک جزئی و دوجزئی (RTV) خواهد شد که چسب سیلیکون شفاف گران‌تر از نوع غیر شفاف و دوجزئی نیز از تک جزئی گران‌تر است. در مواردی که از GE II در پروژه استفاده شده، میتوانید از چسب اکواریوم هم بعنوان جایگزین استفاده کنید، اما توجه داشته باشید که چسب اکواریوم به مصارف سطحی و غیر حرفه‌ای رسیده و برای طولانی مدت توصیه نمی‌شود.

✱ تفنگ مخصوص چسب‌های سیلیکونی وسیله‌ای است که به راحتی در ابزارفروشی‌ها یافت می‌شود.

✱ فلاکس یا روان‌ساز مورد استفاده در پروژه، در مقادیر حجمی متفاوت (۱ تا ۲۰ لیتری) قابل تهیه بوده و ماده‌ای تقریباً گران قیمت است. شاید به عنوان جایگزین بتوان از روغن لحیم در موارد غیر حرفه‌ای استفاده کرد اما با در نظر گرفتن اینکه چربی موجود در روغن لحیم در اثر حرارت روان شده و سطح ویفر را چرب و مات می‌کند.

✱ لحیم آلیاژ با درصد سرب بسیار کم ($63/37 = 63\%$ قلع و 37% سرب) ماده‌ای است که کاربرد صنعتی نداشته و پیدا کردن آن مشکل است.

✱ توجه بسیار مهم: لحیم‌کاری نوارهای اتصال (Tab) بر روی سطح سلول خورشیدی (ویفر)



کاری بسیار سخت و نزدیک به غیرممکن است، بطوری که حرفه‌ای‌ترین افراد هم از انجام آن اجتناب می‌کنند. روشی که فیلیپ هرلی توضیح داده است در ظاهر امری امکان‌پذیر به نظر می‌رسد اما در واقع بسیار مشکل است. برقراری اتصال بین دو ویفر از طریق لحیم‌کاری نوارهای مسی با هویه، با توجه به درصد بالای شکنندگی و تردی ویفرها (که به پوست خشک‌شده پیاز تشبیه می‌شوند) احتمال شکستن و پودر شدن سلول‌ها به دلیل فشار هویه به سطح سلول، را به همراه دارد و دقت و ظرافت فوق‌العاده‌ای را طلب می‌کند. پس اگر هنوز مصر به انجام کار هستید بدانید که کاری بسیار سخت پیش رو دارید.

✱ **تینیت (Tinnit)** نوعی پودر برای قلع‌اندود کردن بوردهای مداری مسی است که پیدا کردن آن در بازار به راحتی امکان ندارد (کاربرد آن متداول نیست)، به عنوان جایگزین برای قلع‌اندود نوارهای رابط (Bus) و اتصال (Tab) چنانکه در متن کتاب نیز ذکر شده، استفاده از سیم لحیم و هویه است. روش بعدی استفاده از حوض قلع است در صورتی که سطح نوار مسی توان جذب میزان قلع لازم را داشته باشد، البته فراموش نکنید که قبل از قلع‌اندود مراحل اسیدشویی انجام بگیرد.

✱ **نوارهای مسی** رابط مورد استفاده در پروژه در بازار داخلی هم موجود هستند، تنها موضوعی که بعد از خرید نوار مسی باید به آن توجه کنید، پیدا کردن یک روش قابل انجام برای قلع‌اندود آنهاست که قبلاً بحث شد.

✱ **توجه:** نوارهای Tab و Bus با آنکه در بازار و بین اهل فن به نام باندرهای Tab (Bounder) و Bus هم شناخته می‌شود در سر تا سر این کتاب بصورت نوار اتصال (Tab Ribbon) و نوار رابط (Bus Ribbon) ترجمه شده است.

✱ **Spacer** در این کتاب «فضاساز» ترجمه شده است. نوع لاستیکی غیرشفاف این قطعه در بازار موجود است اما برای نوع شفاف شاید لازم باشد کمی بیشتر جستجو کنید.

✱ **حلال زایلین (Xylene)** و شیشه مایع (سیلیکات سوراخ‌دار) در ماده‌ای هستند که در فروشگاه‌های مواد شیمیایی پیدا می‌شوند.

✱ **متخصصین** پانلهای خورشیدی به قاب پانل که مراحل ساخت آن در کتاب شرح داده شده «کلاف نگهدارنده» هم می‌گویند.

✱ **چسب** رسانا را دقیقاً به همین نام در ابزارفروشی‌ها می‌توانید پیدا کنید.

✱ **در مورد «جهت‌یابی»** نصب پانل در کشور ما، بهترین زاویه ۴۵ درجه جنوب است، اما بطور کلی نصب و محاسبات یک سیستم خورشیدی امری کاملاً فنی و تخصصی و نیازمند تجربه است. امیدوارم موارد بالا در امکان سنجی انجام یا عدم انجام پروژه‌ی این کتاب روشن‌گر باشد.

کمک‌ها و راهنمایی‌های بی‌شائبه آقای مهندس سعید ذبیحی از شرکت «توسعه صنعت پاور» مشهود در مسیر گردآوری اطلاعات فنی - تخصصی و تجاری پانل‌های خورشیدی تولید داخل برای بنده بسیار راه‌گشا بود، بدین‌وسیله از ایشان کمال تشکر را دارم.

مشهد، فروردین‌ماه ۱۳۹۲

azadeh.molaei@gmail.com

