دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-الکترونیک

طراحی و ساخت یک شبکه ماتریسی تاشو از سلول های فتوولتائیک ارگانیکی و مدارات مربوطه

توسط:

فراز خاوری

استاد راهنما:

دکتر فرهاد اکبری‌برومند

زمستان ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای: **فراز خاوری**

را با عنوان: **طراحی و ساخت یک شبکه ماتریسی تاشو از سلول های فتوولتائیک ارگانیکی و مدارات مربوطه**

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱ - استاد راهنما			
۲ - استاد ممتحن			
۳ - استاد ممتحن			
٤ - نماینده تحصیلات تکمیلی			

تقدیم

به پدر و مادر عزیزم که همواره در تمامی مراحل زندگی حامی و پشتیبان من بوده اند و همسر مهربانم که در طول این دوره همواره دوری ام را تحمل نموده است و هیچ گاه کمک هایش را از من دریغ نداشته و یار و یاور من بوده هست و خواهد بود.

تشکر و قدردانی

سپاس خداوند منان را که در تمام لحظه های زندگی ام مرا یاری نموده است.
ابتدا از کمک های بی پایان جناب آقای دکتر فرهاد اکبری برومند به عنوان استاد راهنمای این پروژه سپاسگزاری می کنم و برای ایشان آرزوی توفیق روز افزون، از خداوند منان خواستارم.
همچنین از جناب آقای دکتر تقوی نیا و جناب آقای دکتر رئیسی که به عنوان استاد ممتحن این پروژه قبول زحمت نموده اند، سپاسگزارم و برای این استادان گرام نیز آرزوی موفقیت روز افزون را خواستارم.
در پایان از تمامی دوستانم که مرا در به انجام رساندن این پایان نامه یاری نموده اند نیز کمال تشکر را دارم و از خداوند منان برای تمامی این عزیزان دل خوش و لذت زندگی را خواستارم.

چکیده

در این پایان‌نامه ابتدا به معرفی سلول های خورشیدی و نحوه‌ی عملکرد آن ها پرداخته شده است و سپس به بررسی انواع مختلف این سلول ها به ویژه سلول های خورشیدی ارگانیکی پرداخته ایم. ابتدا طرح یک سلول خورشیدی کوچک در ابعاد $5mm^2$ را ایجاد نمودیم و سپس با استفاده از ترکیب MEHPPV/PCBM با نسبت (۱:۲) این سلول ساخته شد. نتایج اندازه گیری جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز برای یکی از این قطعه ها به ترتیب برابر با $-۲۸۸\mu A/cm^2$ و ۰,۸v حاصل شد. در مرحله‌ی بعد آرایه‌ای قابل انعطاف از سلول های خورشیدی با ساختار پیوند مختلف حجمی بر روی بستر PET و به همراه مدارهای واسط; تست و اندازه‌گیری طراحی، ساخته و تست شدند. برای ساخت آرایه خورشیدی مواد MEHPPV,PCBM با نسبت (۱:۲) مورد استفاده قرار گرفته اند. اندازه گیری های مختلفی مانند جریان اتصال کوتاه، ولتاژ مدار باز، نقطه توان ماکزیمم ، فاکتور پرشدگی و مقاومت های پارازیتی برای هر قطعه از آرایه‌ی فوق انجام گرفت. همچنین یک ترکیب جدید نیز، PFO/MEHPPV، مورد بررسی قرار گرفت. این ترکیب، به علت عدم استفاده از یک ماده‌ی الکترون خواه در ازای اعمال ولتاژی بیش از ۹v، به مانند یک OLED سفید نور سفید مایل به سبزی را از خود گسیل نمود. در این پروژه همان طور که اشاره شد، دو مدار واسط یکی برای تست قطعات ساخته شده و دیگری برای فراخوانی آرایه به صورت دل خواه به گونه ای که بار بتواند متغیر باشد طراحی و استفاده شده است.

کلید واژه: سلول خورشیدی ارگانیک، آرایه‌ی ماتریسی،MEHPPV/PCBM، مدار واسط

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... و

فهرست شکل‌ها ..... ز

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- تاریخچه ۲

۱-۳- هدف از انجام پایان نامه ۳

۱-۴- نوآوری پایان نامه ۳

۱-۵- ساختار پایان نامه ۴

فصل ۲- انواع سلول های خورشیدی غیر ارگانیک و روش های ساخت ۶

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- تعریف سلول خورشیدی ۷

۲-۳- منبع فیزیکی نور خورشید ۷

۲-۴- شدت انرژی خورشیدی در سطح زمین ۷

۲-۵- موارد استفاده و مزایای اقتصادی سلول های خورشیدی ۸

۲-۶- سه پارامتر مهم در رابطه با تولید سلول های خورشیدی ۹

۲-۷- سلول های خورشیدی غیر ارگانیک ۹

۲-۸- فناوری نسل اول ۹

۲-۸-۱- سیلیکون تککریستالی ۱۰

۲-۸-۲- سیلیکون چند بلوری ۱۰

۲-۹- فناوری نسل دوم ۱۲

۲-۹-۱- انواع سلول های خورشیدی لایه نازک ۱۲

۲-۹-۱-۱- سیلیکون آمورف ۱۲

۲-۹-۱-۲- سلول های CIGS ۱۳

۲-۹-۱-۳- سلول های CdTe ۱۳

۲-۱۰- فناوری نسل سوم: فناوری پیشِ رو ۱۴

۲-۱۰-۱- سلولهای متوالی ۱۵

۲-۱۰-۲- سلولهای چاه کوانتومی ۱۶
۲-۱۱- اصول کلی عملکرد ۱۶
۲-۱۲- جذب نور و تولید حامل ها ۱۸
۲-۱۲-۱- رابطه جذب نور با پهنه ممنوعه نیمه هادی ۱۸
۲-۱۳- ضریب جذب نیمه هادی ۱۹
۲-۱۴- اثر ضخامت سلول بر روی جذب نور ۲۰
۲-۱۵- احتمال جمع شدن حامل ها ۲۱
۲-۱۶- بازترکیب حامل ها ۲۲
۲-۱۷- جریان نوری در پیوند p-n ۲۳
۲-۱۸- ولتاژ مدار باز سلول خورشیدی ۲۶
۲-۱۹- منحنی ولتاژ-جریان سلول خورشیدی ۲۶
۲-۲۰- بازده تبدیل سلول خورشیدی ۲۷
۲-۲۱- نتیجهگیری ۲۹

فصل ۳- الکترونیک ارگانیکی و سلول های خورشیدی ارگانیک ۳۰

۳-۱- مقدمه ۳۱
۳-۲- تاریخچه ادوات نیمه هادی ارگانیکی ۳۱
۳-۳- خصوصیات پلیمرها و مواد ارگانیکی ۳۴
۳-۴- مزایا و معایب نیمه هادی های ارگانیکی ۳۴
۳-۴-۱- مزایا ۳۴
۳-۴-۲- معایب ۳۴
۳-۵- کربن تک بعدی ۳۵
۳-۶- پیوند های دوگانه مزدوج ۳۵
۳-۷- نیمه رساناهای ارگانیکی ۳۷
۳-۸- انواع نیمه رساناهای ارگانیکی ۳۸
۳-۹- رفتار های الکترونیکی مواد ارگانیک ۳۸
۳-۱۰- نیمه هادی های ارگانیکی نوع n و نوع p ۳۹
۳-۱۱- ترابری حامل در نیمه هادی های ارگانیکی ۴۱
۳-۱۲- تغییرات موبیلیتی با دما و میدان ۴۲
۳-۱۳- وابستگی موبیلیتی به میدان الکتریکی ۴۲
۳-۱۴- وابستگی موبیلیتی به دما ۴۳

۳-۱۵- نقصهای موجود در شبکه پیوندهای مزدوج ۴۳
۳-۱۵-۱- سالیتان ها ۴۳
۳-۱۶- انواع اکسایتون ۴۵
۳-۱۷- نحوهی عملکرد یک سلول خورشیدی ارگانیک ۴۷
۳-۱۷-۱- مدار معادل سلول خورشیدی ارگانیکی ۴۹
۳-۱۷-۲- محاسبهی مقاومت های پارازیتی وبررسی علت پیدایش و تاثیر حضورشان بر عملکرد قطعه... ۵۰
۳-۱۸- بهبود ساختاری سلول های خورشیدی ارگانیکی با هدف افزایش بازدهی ۵۱
۳-۱۹- ساختارهای متفاوت سلول های خورشیدی ارگانیک OPVC ۵۲
۳-۱۹-۱- سلول های تک لایه ۵۲
۳-۱۹-۲- سلول دو لایه ۵۳
۳-۱۹-۳- سلول های خورشیدی سه لایه ۵۶
۳-۱۹-۴- سلول های خورشیدی ارگانیک پشته ای ۵۶
۳-۱۹-۵- سلول فتوولتائیک ارگانیکی تاندم ۵۷
۳-۲۰- استفاده از نمک ارگانیکی برای بهبود پارامترهای اندازه گیری ساختار پیوند مختلف حجمی بر اساس ترکیب MEHPPV/PCBM ۵۹
۳-۲۰-۱- نتایج به دست آمده ۶۰
۳-۲۱- نتیجه گیری ۶۲

فصل ۴- تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده و نحوه ساخت آرایه سلول خورشیدی ۶۳

۴-۱- مقدمه ۶۴
۴-۲- تجهیزات آزمایشگاه ادوات نیمه‌هادی ۶۴
۴-۲-۱- دستگاه لایه نشانی ۶۴
۴-۲-۲- پاک کننده اولتراسونیک ۶۵
۴-۲-۳- هود ۶۵
۴-۲-۴- لایه نشان چرخشی ۶۶
۴-۲-۵- کوره ۶۷
۴-۳- روش ساخت آرایه سلول خورشیدی ۶۷
۴-۳-۱- طراحی ماسک ۶۸
۴-۳-۲- لایه نشانی، نوردهی و آشکارسازی فوتورزیست منفی ۶۸
۴-۳-۳- زدایش ۷۰
۴-۳-۴- لایه نشانی مواد ارگانیک ۷۱
۴-۳-۵- لایه نشانی پیکسل های آلومینیومی ۷۲

۴-۳-۶- برقراری سیم بندی و ایجاد اتصال ها ۷۴

فصل ۵- تست آرایه و اندازه گیری پارامتر های مربوطه توسط مدارهای واسط ۷۵

۵-۱- مقدمه ۷۶

۵-۲- طراحی و ساخت مدار تست ۷۶

۵-۳- مدار اندازهگیری ۷۸

۵-۴- قسمت های مختلف مدار اندازه گیری ۷۹

۵-۵- روش کار مدار اندازه گیری ۸۰

۵-۶- برنامه نوشته شده با نرم افزار بسکام برای مدار اندازه گیری ۸۱

۵-۷- نحوهی اندازه گیری ولتاژ و جریان ۸۲

فصل ۶- نتایج آزمایش های انجام شده برای آرایه های مختلف ۸۳

۶-۱- مقدمه ۸۴

۶-۲- ساخت یک سلول خورشیدی ارگانیکی پیوند مختلف حجمی ۸۴

۶-۳- آرایهی ساخته شده با ترکیب MEHPPV/PCBM:(۱:۲) ۸۵

۶-۴- نتایج حاصل از اندازهگیری های مختلف بر روی آرایهی خورشیدی ۸۷

۶-۴-۱- بررسی تاثیر تابش و عدم تابش نور بر قطعهی A_1 از آرایهی خورشیدی و اندازه گیری جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز ۸۷

۶-۴-۲- نحوهی اندازه گیری و محاسبه مقاومت های موازی و سری پارازیتی موجود در قطعه A_1 ۸۹

۶-۴-۳- نحوهی به دست آوردن نقاط توان ماکزیمم ۹۱

۶-۴-۴- نحوهی به دست آوردن فاکتور پر شدگی ۹۱

۶-۴-۵- اندازه گیری جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز A_3 از آرایهی خورشیدی ۹۲

۶-۴-۶- نشان دادن ساختار دیودی موجود در قطعهی A_3 از آرایهی خورشیدی ۹۳

۶-۴-۷- نحوهی اندازه گیری و محاسبه مقاومت های موازی و سری پارازیتی موجود در قطعه A_3 ۹۳

۶-۴-۸- به دست آوردن نقطهی توان ماکزیمم برای قطعهی A_3 ۹۴

۶-۴-۹- محاسبه پارامتر های فوق برای حالت انتخاب آرایهی A_1A_3: ۹۵

۶-۴-۱۰- محاسبهی پارامترهای قطعهی A_4 ۹۸

۶-۴-۱۱- محاسبهی پارامترها برای آرایهی A_2A_4 بعد از گذشت زمان ۱۰۱

۶-۴-۱۲- محاسبهی پارامتر های اندازه گیری شده برای قطعهی A_2 ۱۰۴

۶-۵- تست مواد جدید ۱۰۷

۶-۵-۱- ترکیب PFO/MEHPPV برای ساخت سلول خورشیدی ۱۰۷

۶-۵-۲- نتایج حاصل از اندازه گیری جریان و ولتاژ برای آرایهی ساخته شده با ترکیب PFO/MEHPPV ۱۰۸

۶-۵-۳- ترکیب PFO-MEHPPV/PCBM برای ساخت سلول خورشیدی ۱۱۱
۶-۶- ساخت آرایه ۹تایی با استفاده از ترکیب MEHPPV/PCBM..... ۱۱۳
۶-۶-۱- محاسبهی پارامتر های اندازه گیری برای قطعهی A_9 از آرایهی ساخته شده ۱۱۴
۶-۶-۲- محاسبهی پارامتر های اندازه گیری برای قطعهی A_1 از آرایهی ساخته شده ۱۱۷
۶-۶-۳- محاسبهی پارامتر های اندازه گیری برای قطعهی A_4 از آرایهی ساخته شده ۱۲۰
۶-۶-۴- محاسبهی پارامتر های اندازه گیری برای قطعهی A_7 از آرایهی ساخته شده ۱۲۳
۶-۶-۵- مقایسهی میان پارامترهای اندازه گیری شدهی سایر حالت ها..... ۱۲۶
فصل ۷- نتیجه گیری و پیشنهادها..... ۱۲۷
۷-۱- پیش گفتار ۱۲۸
۷-۲- مروری بر نتایج به دست آمده در این پایان نامه ۱۲۸
۷-۳- پیشنهاد های ارائه شده برای تحقیقات آتی..... ۱۲۹
ضمیمه أ -برنامه نوشته شده برای مدار اندازه گیری..... ۱۳۰
فهرست مراجع ۱۳۷

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱ مواد مورد استفاده در ساخت سلول های خورشیدی غیر ارگانیک ۹
جدول ۲- مقایسهی میان پارامتر های اندازه گیری شده سایر قطعه های آرایه ۱۲۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۱) سلول خورشیدی تک کریستال سیلیکون شیاردار با پوشش ضد انعکاس و شکل دهی سطحی ۱۱
شکل (۲-۲)سلول خورشیدی تک کریستال شیاردار ۱۲
شکل (۲-۳) سلول خورشیدی لایه نازک کادمیوم- تلوراید ۱۳
شکل (۲-۴)روند ساخت سلول های خورشیدی به ترتیب نسل ۱۴
شکل (۲-۵)روش چند پشته ای ۱۵
شکل (۲-۶) تطبیق طیف خورشید با گاف انرژی لایه های مختلف ۱۵
شکل (۲-۷) طرح واره یک مدار نمونه سلول خورشیدی ۱۷
شکل (۲-۸) نمودار انرژی و نحوه عبور حامل ها ۱۷
شکل (۲-۹) عملکرد کلی سلول خورشیدی ۱۸
شکل (۲-۱۰) رابطه ضریب جذب و طول موج ۱۹
شکل (۲-۱۱) مکانیزم جذب فوتون در نیمه هادی ۲۰
شکل (۲-۱۲) شکل دهی سطوح بالایی و پایینی به منظور افزایش طول حرکت فوتون ها ۲۱
شکل (۲-۱۳) مکانیزم رانشی ۲۱
شکل (۲-۱۴) طرح واره یک دیود PN با ناحیه تخلیه ۲۴
شکل (۲-۱۵) منحنی ولتاژ-جریان برای یک سلول خورشیدی ۲۷
شکل (۲-۱۶) مدار معادل سلول خورشیدی ۲۷
شکل (۲-۱۷) نمودار ماکزیمم توان خروجی سلول خورشیدی ۲۸
شکل (۳-۱) ساختار شیمیایی آنتراسین ۳۲
شکل (۳-۲)ساختار شیمیایی TCNQ در سمت چپ و ساختار TTF در سمت راست. ۳۳
شکل (۳-۳)ساختار شیمیایی پلی اسیتیلن ۳۴
شکل (۳-۴)کربن تک بعدی در حالت انباشته ۳۵
شکل (۳-۵)موقعیت قرار گرفتن پیوند های دوگانه نسبت به هم; از راست به چپ، انباشته، مزدوج، مجزا ۳۵
شکل (۳-۶)آزمایش فرضی، تولید پلی استیلن با هیدروژن زدایی از پلی اتیلن ۳۶
شکل (۳-۷)انتقال پیرل منجر به تولید پیوندهای یگانه و دوگانه متناوب می شود ۳۶

شکل (۳-۸)تناضر بین نمودار انرژی نیمه هادی های ارگانیکی و غیر ارگانیکی ۳۷
شکل (۳-۹)ساختار شیمیایی پلی آسین ۳۹
شکل (۳-۱۰)ساختار شیمیایی مواد Alq_3,F8BT,NPB..... ۴۰
شکل (۳-۱۱)توصیف ذره و ضد ذره با استفاده از تابع پله ۴۴
شکل (۳-۱۲)سالیتان و ضد سالیتان در پلی استیلن..... ۴۴
شکل (۳-۱۳) ایجاد سطح انرژی دوگانهی پلارون ناشی از بر هم کنش سطوح انرژی دو سالیتان..... ۴۵
شکل (۳-۱۴)نحوهی پر شدن پلارون با الکترون و معرفی اکسایتون..... ۴۵
شکل (۳-۱۵) شکل بالا اکسایتون نوع وانیر-مات که در نیمههادیهای غیرارگانیکی تولید میشود، شکل پایین اکسایتون نوع فرنکل که در نیمههادیهای ارگانیکی تولید میشود..... ۴۶
شکل (۳-۱۶)روند ترتیبی عملکرد سلول خورشیدی ارگانیکی..... ۴۸
شکل (۳-۱۷)مدار معادل سلول خورشیدی ارگانیکی واقعی..... ۴۹
شکل (۳-۱۸)مدار معادل سلول خورشیدی ارگانیکی ایدهآل..... ۵۰
شکل (۳-۱۹)نخستین سلول خورشیدی ارگانیک تک لایه..... ۵۳
شکل (۳-۲۰)سلول خورشیدی دو لایه ۵۳
شکل (۳-۲۱)سلول خورشیدی پیوند مختلف حجمی ۵۴
شکل (۳-۲۲)سلول پیوند مختلف منظم..... ۵۵
شکل (۳-۲۳)افزودن لایه ذاتی به روش لایه نشانی..... ۵۶
شکل (۳-۲۴)پشته سازی دو سلول خورشیدی..... ۵۷
شکل (۳-۲۵)روش تاندم برای ساخت سلول خورشیدی ارگانیک ۵۸
شکل (۳-۲۶)طیف جذب ترکیب های استفاده شده..... ۶۰
شکل (۳-۲۷)مدل بهبود یافتهی پیشنهادی ۶۱
شکل (۴-۱)دستگاه لایه نشانی فلز ۶۵
شکل (۴-۲)دستگاه اولتراسونیک..... ۶۵
شکل (۴-۳)دستگاه هود مرکزی..... ۶۶
شکل (۴-۴)دستگاه لایه نشانی چرخشی..... ۶۷
شکل (۴-۵) کوره برای پخت مواد فعال..... ۶۷
شکل (۴-۶)نمای پروسه ساخت آرایه سلول خورشیدی ۶۸
شکل (۴-۷)ماسک فلزی..... ۶۸
شکل (۴-۸)ماسک طراحی شده برای ایجاد الگوی مد نظر با فرآیند فتولیتوگرافی..... ۶۹
شکل (۴-۹)آرایهی سلول خورشیدی پس از آشکارسازی..... ۶۹

شکل (۴-۱۰)آرایه سلول خورشیدی ساخته شده با فرآیند فتولیتوگرافی ۷۱
شکل (۴-۱۱)ساختار سلول خورشیدی مورد استفاده در پروژه ۷۱
شکل (۴-۱۲)چسب نقره ۷۳
شکل (۴-۱۳)آرایه سلول خورشیدی پس از ایجاد اتصال ها ۷۴
شکل (۵-۱)شمایی از یک بلوک تکرار شونده برای مدار تست ۷۶
شکل (۵-۲)آرایه ای از سنسورهای حساس به نور ایده آل ۷۷
شکل (۵-۳)مدار تست ساخته شده و اتصال آن به آرایه فتودایودهای ایده آل ۷۷
شکل (۵-۴) شمایی از مدار اندازه گیری طراحی شده ۷۸
شکل (۵-۵)شمای مدار اندازه گیری ساخته شده در این پروژه ۷۹
شکل (۵-۶)صفحه کلید برای فراخوانی پیکسل های آرایه ۸۰
شکل (۵-۷)اتصال مدار های تست و اندازه گیری به آرایه ۸۱
شکل (۶-۱)نمودار جریان- ولتاژ برای دو حالت تاریک و تابش ۸۵
شکل (۶-۲)آرایه خورشیدی ۴تایی ۸۶
شکل (۶-۳)دستگاه اندازه گیری SMU ۸۶
شکل (۶-۴)نام گذاری قسمت های مختلف آرایه ۴تایی ۸۷
شکل (۶-۵) نمودار جریان-ولتاژ در حالت تاریکی و تابش نور برای قطعهی A_1 ..... ۸۸
شکل (۶-۶)بررسی نمودار جریان-ولتاژ A_1 در ناحیهی اول و چهارم ۸۸
شکل (۶-۷)بررسی حالت دیودی موجود در قطعه A_1 تحت تابش نور ۸۹
شکل (۶-۸)محاسبهی مقاومت های پارازیتی از روی نمودار چگالی جریان-ولتاژ برای قطعهی A_1 ..... ۹۰
شکل (۶-۹)نمودارتوان-ولتاژ برای به دست آوردن نقاط توان ماکزیمم قطعهی A_1 ..... ۹۱
شکل (۶-۱۰)نمودار فاکتور پرشدگی برای قطعهی A_1 ..... ۹۲
شکل (۶-۱۱)محاسبهی جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز از روی نمودار جریان-ولتاژ قطعهی A_1 در ربع چهارم ۹۲
شکل (۶-۱۲)بررسی حالت دیودی قطعهی A_3 از آرایهی ساخته شدهی خورشیدی ۹۳
شکل (۶-۱۳)نحوهی اندازه گیری مقاومت های پارازیتی برای قطعهی A_3 از آرایهی خورشیدی ۹۴
شکل (۶-۱۴)نمودار توان-ولتاژ قطعهی A_3 برای اندازه گیری نقطهی توان ماکزیمم ۹۵
شکل (۶-۱۵)محاسبهی فاکتور پر شدگی از روی نمودار جریان- ولتاژ در ربع چهارم ۹۵
شکل (۶-۱۶)نمودار جریان-ولتاژ برای آرایهی A_1A_3 در تاریکی و روشنایی ۹۶
شکل (۶-۱۷)بررسی حالت دیودی قطعهA_1A_3 تحت تابش نور ۹۶
شکل (۶-۱۸) نمودار توان-ولتاژ قطعهی A_1A_3 برای اندازه گیری نقطهی توان ماکزیمم ۹۷

شکل (۶-۱۹) محاسبهی فاکتور پر شدگی از روی نمودار جریان-ولتاژ در ربع چهارم برای آرایهی A_1A_3 ۹۷
شکل (۶-۲۰)محاسبهی مقاومت های پارازیتی موجود در آرایهی A_1A_3 ..... ۹۸
شکل (۶-۲۱)نمودار جریان-ولتاژ برای قطعهی A_4 در حالت تاریکی و تابش نور ۹۹
شکل (۶-۲۲)بررسی حالت دیودی قطعهی A_4 تحت تابش نور ۹۹
شکل (۶-۲۳) نمودار توان-ولتاژ قطعهی A_4 برای اندازه گیری نقطهی توان ماکزیمم ۱۰۰
شکل (۶-۲۴) محاسبهی فاکتور پر شدگی از روی نمودار جریان-ولتاژ در ربع چهارم برای قطعهی A_4 ۱۰۰
شکل (۶-۲۵) محاسبهی مقاومت های پارازیتی موجود در قطعهی A_4 ..... ۱۰۱
شکل (۶-۲۶) نمودار جریان-ولتاژ برای آرایهی A_2A_4 در حالت تاریکی و تابش نور ۱۰۲
شکل (۶-۲۷) بررسی حالت دیودی برای آرایهی A_2A_4 تحت تابش نور ۱۰۲
شکل (۶-۲۸) نمودار توان-ولتاژ آرایهی A_2A_4 برای اندازه گیری نقطهی توان ماکزیمم ۱۰۳
شکل (۶-۲۹) محاسبهی فاکتور پر شدگی از روی نمودار جریان-ولتاژ در ربع چهارم برای آرایهی A_2A_4 ..... ۱۰۳
شکل (۶-۳۰) محاسبهی مقاومت های پارازیتی موجود در آرایهی A_2A_4 ..... ۱۰۴
شکل (۶-۳۱) نمودار جریان-ولتاژ برای قطعهی A_2 در حالت تاریکی و تابش نور ۱۰۵
شکل (۶-۳۲)بررسی حالت دیودی قطعهی A_2 تحت تابش نور ۱۰۵
شکل (۶-۳۳) نمودار توان-ولتاژ آرایهی A_2 برای اندازه گیری نقطهی توان ماکزیمم ۱۰۶
شکل (۶-۳۴) محاسبهی فاکتور پر شدگی از روی نمودار جریان-ولتاژ در ربع چهارم برای قطعهی A_2 ۱۰۶
شکل (۶-۳۵) محاسبهی مقاومت های پارازیتی موجود در قطعهی A_2 ..... ۱۰۷
شکل (۶-۳۶)الگوی مد نظر برای ساخت آرایه ۱۰۸
شکل (۶-۳۷)شمایی از آرایه OLED ساخته شده با ترکیبPFO/MEHPPV ۱۰۸
شکل (۶-۳۸)نمودار جریان-ولتاژ OLED برای قطعهی A_3 (PFO/MEHPPV) ۱۰۹
شکل (۶-۳۹)قطعهی A_3 در هنگام اعمال ولتاژ ۱۲v و تابش نور سفید مایل به سبز ۱۰۹
شکل (۶-۴۰) نمودار جریان-ولتاژ OLED برای قطعهی A_1 (PFO/MEHPPV) ۱۱۰
شکل (۶-۴۱) قطعهی A_1 در هنگام اعمال ولتاژ ۱۴v و تابش نور سفید مایل به سبز ۱۱۰
شکل (۶-۴۲)) نمودار جریان-ولتاژ OLED برای قطعهی A_4 (PFO/MEHPPV) ۱۱۰
شکل (۶-۴۳)آرایهی A_3A_4 هنگام اعمال ولتاژ ۲۳v-۲۱ و تابش نور سفید مایل به سبز ۱۱۱
شکل (۶-۴۴)سلول خورشیدی با استفاده از ترکیب PFO-MEHPPV/PCBM ۱۱۱
شکل (۶-۴۵)نمودار جریان-ولتاژ برای قطعه ۱ از ساختار ساخته شده با ترکیب PFO-MEHPPV/PCBM ۱۱۲

شکل (۶-۴۶) نمودار جریان-ولتاژ برای قطعهی۲ از ساختار ساخته شده با ترکیب PFO-MEHPPV/PCBM ۱۱۲
شکل (۶-۴۷) نمودار جریان-ولتاژ برای قطعهی۵ از ساختار ساخته شده با ترکیب PFO-MEHPPV/PCBM ۱۱۳
شکل (۶-۴۸)شمایی از آرایهی ۹ تایی ساخته شده با ساختار MEHPPV/PCBM ۱۱۳
شکل (۶-۴۹)تاثیر تابش نور بر عملکرد قطعه A_9 ۱۱۴
شکل (۶-۵۰)نمایش حالت دیودی قطعهA_9 در ازای تابش نور ۱۱۴
شکل (۶-۵۱)نمایش نمودار جریان-ولتاژ برای قطعهیA_9 به صورت نیمه لگاریتمی ۱۱۵
شکل (۶-۵۲)رسم نمودار توان-ولتاژ برای قطعهی A_9 برای به دست آوردن نقطهی توان ماکزیمم ۱۱۵
شکل (۶-۵۳)محاسبهی فاکتور پرشدگی برای قطعهی A_9 با رسم نمودار جریان-ولتاژ در ربع چهارم ۱۱۶
شکل (۶-۵۴)محاسبهی مقاومت های پارازیتی قطعهی A_9 ۱۱۶
شکل (۶-۵۵) تاثیر تابش نور بر عملکرد قطعه A_1 ۱۱۷
شکل (۶-۵۶) نمایش حالت دیودی قطعهA_1 در ازای تابش نور ۱۱۷
شکل (۶-۵۷) نمایش نمودار جریان-ولتاژ برای قطعهیA_1 به صورت نیمه لگاریتمی ۱۱۸
شکل (۶-۵۸) رسم نمودار توان-ولتاژ برای قطعهی A_1 برای به دست آوردن نقطهی توان ماکزیمم ۱۱۸
شکل (۶-۵۹) محاسبهی فاکتور پرشدگی برای قطعهی A_1 با رسم نمودار جریان-ولتاژ در ربع چهارم ۱۱۹
شکل (۶-۶۰) محاسبهی مقاومت های پارازیتی قطعهی A_1 ۱۱۹
شکل (۶-۶۱) تاثیر تابش نور بر عملکرد قطعه A_4 ۱۲۰
شکل (۶-۶۲) نمایش حالت دیودی قطعهA_4 در ازای تابش نور ۱۲۰
شکل (۶-۶۳) نمایش نمودار جریان-ولتاژ برای قطعهیA_4 به صورت نیمه لگاریتمی ۱۲۱
شکل (۶-۶۴)) رسم نمودار توان-ولتاژ برای قطعهی A_4 برای به دست آوردن نقطهی توان ماکزیمم ۱۲۱
شکل (۶-۶۵) محاسبهی فاکتور پرشدگی برای قطعهی A_4 با رسم نمودار جریان-ولتاژ در ربع چهارم ۱۲۲
شکل (۶-۶۶) محاسبهی مقاومت های پارازیتی قطعهی A_4 ۱۲۲
شکل (۶-۶۷) تاثیر تابش نور بر عملکرد قطعه A_7 ۱۲۳
شکل (۶-۶۸) نمایش حالت دیودی قطعهA_7 در ازای تابش نور ۱۲۳
شکل (۶-۶۹) نمایش نمودار جریان-ولتاژ برای قطعهیA_7 به صورت نیمه لگاریتمی ۱۲۴
شکل (۶-۷۰) رسم نمودار توان-ولتاژ برای قطعهی A_7 برای به دست آوردن نقطهی توان ماکزیمم ۱۲۴
شکل (۶-۷۱) محاسبهی فاکتور پرشدگی برای قطعهی A_7 با رسم نمودار جریان-ولتاژ در ربع چهارم ۱۲۵
شکل (۶-۷۲) محاسبهی مقاومت های پارازیتی قطعهی A_7 ۱۲۵

فصل ۱– مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

در این فصل مروری مختصر بر سیر پیدایش پدیده‌ی فتوالکتریک و نتایج حاصل از آن در تحولات جهانی، مواد مورد استفاده برای ساخت این قطعه ها و نحوه‌ی تکامل این قطعه ها خواهیم داشت. همچنین به بررسی ساختار ارائه شده و علل استفاده از چنین ساختاری خواهیم پرداخت و در انتها فصول مطرح شده در این پایان نامه و نوآوری های استفاده شده را بررسی خواهیم نمود.

۱-۲- تاریخچه

در سال ۱۸۳۹ بکرل[۱]، فیزیکدان فرانسوی، اثر فوتوالکتریک[۲] را که کارکرد سلول های خورشیدی بر اساس آن می باشد را کشف نمود. وی مشاهده نمود که یک ولتاژ وابسته به نور بین دو سر الکترود های فرو برده شده در یک الکترولیت وجود دارند. این خاصیت در سیستم به طور کلی به صورت حالت جامد در مورد سلنیوم در سال ۱۸۷۶ میلادی مشاهده گردیده و به دنبال آن توسعه فتوسل ها بر اساس ماده ذکر شده و اکسید های مس به عمل آمده است. در دهه ۱۸۹۰ مواد فوتوالکتریکی که با استفاده از سلنیوم ساخته شدند، نیم درصد بازدهی داشتند که البته به علت گرانی فلز سلنیوم، هرگز به تولید انبوه نرسیدند. از این جهت سال ها طول کشید تا اولین سلول خورشیدی تولید شود. این سلول را راسل اهل[۳] به صورتی تصادفی در آزمایشگاه بل[۴] در نیوجرسی[۵] آمریکا تهیه کرد. او در حال مطالعه بر روی قطعه هایی از سیلیکن بود که نور درخشانی ایجاد شد. ولتمتر موازی وصل شده به سیلیکون ولتاژ غیر منتظره ای نشان داد و او دریافت که یک قطعه سیلیکونی ساخته است. از این رو این محقق وهمکارانش به مطالعه بر روی سیلیکون ادامه دادند. در دهه های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ شیوه ای برای رشد کریستال سیلیکون، موسوم به چکرالسکی طراحی شد و این امکان فراهم گردید تا سیلیکون مورد نیاز برای ساخت سلولهای خورشیدی در ابعاد مناسبی تهیه شود. آزمایشگاه بل در سال ۱۹۵۴ سلول خورشیدی ساخت که بازدهی ۴ درصدی داشت. با پیشرفت فناوری، آن ها توانستند بازدهی را تا ۱۱ درصد بالا ببرند. در سال ۱۹۵۸ اولین ماهواره ای که با سلول خورشیدی تغذیه می شد، به فضا فرستاده شد. در اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی طرح سلول ها در استفاده های تحقیقات فضایی تاسیس گردید و در طول ده سال بعد بیشترین کاربرد این سلول ها

---

[۱] Becqerel

[۲] Photovoltaic effect

[۳] Rusell ohll

[۴] Bell

[۵] New Jersey