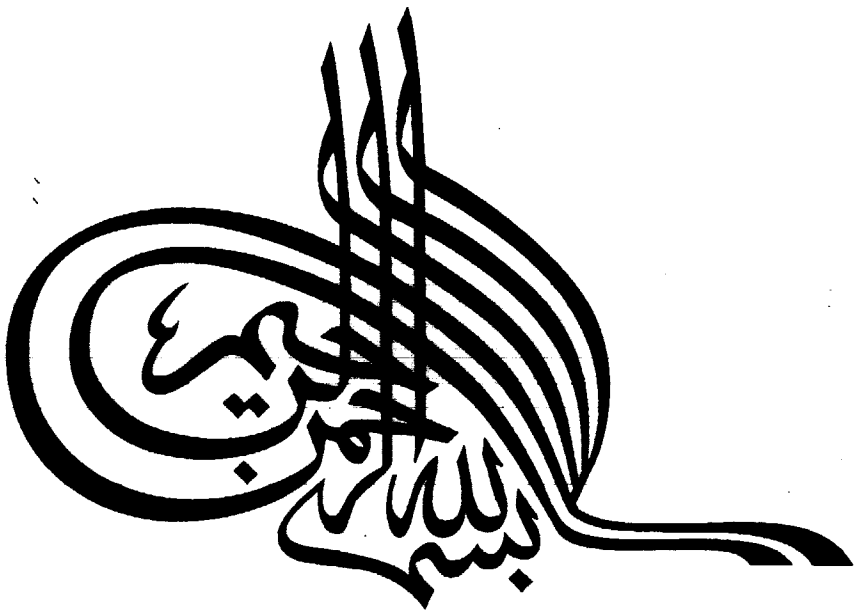


٣٩١٢٣

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تاریخ ثبت: ۱۳۸۰/۵/۳۰

دانشگاه تربیت معلّم تهران

دانشکده علوم (گروه فیزیک)

﴿پایان نامه کارشناسی ارشد﴾

بررسی نظری و عملی سلولهای خورشیدی

[از نوع نیمه رسانا – نیمه رسانا]

013100

$Si, CuInSe_2/GaAs$

استاد راهنما : **دکتر فرهنگ سهیلیان**

استاد مشاور : **دکتر محمد اسماعیل عظیم عراقی**

نگارش : **حسن خلیلیان**

تیرماه ۱۳۸۰

۲۹۱۲۳

تقدیم به:

« ارواح پاک نخستین آموزگاران زندگیم

پدر و مادر عزیزم »

و تقدیم به:

« همسر عزیزم که شکیبا و صبور، همراه و مشوّق و یاورم بوده است.»

تشکر و قدردانی

بر هر دانش آموخته ایست تا در برابر هر آنکس که از او کلمه ای آموخته است اظهار ادب و فروتنی نماید. پس با امید به لطف خداوند منان و برای اینکه عامل به کلام مولایم علی (ع) بـــوده و الطـاف حضرتش شامل حال گردد از همه اساتید بویژه جناب آقای دکتر فرهنگ ســهیلیان و جنـاب آقـای دکتر محمد اسماعیل عظیم عراقی بعنوان اساتید راهنمای این پایان نامه صمیمانه تشکر می نمایم.

همچنین ازجناب آقای دکتر محمد حسین مجلس آرا و جناب آقای دکتر حسن مهدیان که متحمل زحمت شده و به عنوان اعضای هیأت علمی (داور) در جلسه دفاع حضور یافته اند سپاسگزارم.

حسن خلیلیان

«خلاصه پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رساله دکتری»

دانشکده: علوم گروه: فیزیک گرایش: .....

کارشناسی ارشد [X]
دکتری [ ]

دانشجو: حسن خلیلی سال ورود: ۷۶ سال فارغ‌التحصیلی: .....

استاد راهنما: آقای دکتر فرهنگ سپهرآرا استاد مشاور: آقای دکتر محمدعلی عظیم‌زاده

استاد راهنما: ..... استاد مشاور: .....

عنوان: بررسی نظری و عملی سلول خورشیدی Si, $CuInSe_2$/GaAs

خلاصه:

در این رساله هدف آشنایی با انواع پیلهای خورشیدی و توان ، بازده ، و اصول کار آنهاست . بدین منظور پس از بررسی کلی طرز کار سیستمهای خورشیدی و معرفی انواع آن ، مطالعه خواص اساسی نیمه هادیها را ضروری میدانیم و عمدتاً با فیزیک نیمه هادیهای $Si, CuInSe_2, GaAs$ سرو کار داریم . سپس سلول خورشیدی بعنوان واحد در یافت کننده انرژی خورشیدی و تبدیل آن به انرژی الکتریکی محور بحث است و در این راستا جذب نور و تولید حاملها و باز ترکیب آنها و پیوند p-n و جریان در تاریکی و روشنائی و عوامل موثر در بازده پیلهای خورشیدی تشریح گردیده است . پیلهای خورشیدی ساخته شده از موادی با شکاف مستقیم که فوتونهای مجاور سطح پیل را جذب میکنند برای پیلهای لایه نازک مناسبترند . متداولترین پیلهای خورشیدی یعنی پیلهای سیلیسیومی با پیوند p-n دارای بازدهی بین ۱۲ الی ۱۷٪ هستند . در نهایت آزمایشهایی روی دو نمونه از سلولهای خورشیدی $Si, CuInSe_2/GaAs$ انجام یافته و نتایج تجربی ثبت گردیده اند .

مراجع علمی:

1- Chenming H . U and Richard m . white solar cells (1983)

2- Kazmerski Lawrence L . and Emery Keith A . solar Energy Research institute 1617 cole Boulevard ،Goleden ،Colorade ،80401 U.S.A (1989)

3- S.M.Sze semi conductor devises physics and Technology (1985)

4 – M . Kalafi ،H . Bidadi ،A.L Bairamov and V . M Salmanov photoelectrical properties of thin film cu $_2$s / cds Solar cell ،Indian J . of physic ،accepted for publication Sep (1994)

۱-

۲-

۳-

۳-۴ - باز ترکیب حاملها ۲۷

۳-۵ - پیوند p-n ۳۲

۳-۶ - جریان اتصال کوتاه ۳۹

۳-۷ - بازده ۴۴

۳-۸ - عوامل موثر در بازده تبدیل ۵۰

۳-۹ - خلاصه ۶۱

فصل ۴ :

سلول خورشیدی با پیوند p-n

۴-۱ - شرط تعادل حرارتی ۶۳

۴-۲ - ناحیه تهی ۶۹

۴-۳ - ظرفیت تهی ۸۲

فصل ۵ :

آرایش تجربی ، نحوه انجام آزمایشات و نتایج تجربی

۵-۱ - آزمایش تعیین مشخصه (c-v) نمونه $CuInSe_2/GaAs$ ۸۶

۵-۲ -مشخصه جریان - ولتاژ (I-V)پیوند نا متجانس $CuInSe_2/GaAs$ ۸۸

۵-۳ - راندمان پیوند نامتجانس $CuInSe_2/GaAs$ ۹۱

۵-۴ - آزمایش روی نمونه سیلیسیم . ۹۶

مرکز اطلاعات علمی ایران

((فهرست مطالب))

عنوان	صفحه
فصل ۱ :	
بررسی کلی	
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲ - سیستمهای خورشیدی چگونه کار می کنند ؟	۲
۱-۳ - انواع پیلهای خورشیدی	۳
۱-۴ - توان سیستمهای خورشیدی	۶
فصل ۲ :	
بررسی ساختاری $CuInSe_2$ و پیوند $CuInSe_2/GaAs$	
۲-۱ - مقدمه	۷
۲-۲ - بررسی ساختاری	۷
۲-۳ - لایه نازک $CuInSe_2$	۹
۲-۴ - ساخت سلول خورشیدی $CuInSe_2/GaAs$	۱۱
فصل ۳ :	
اصول کار پیلهای خورشیدی	
۳-۱ - اساس کار پیل خورشیدی	۱۶
۳-۲ - نیمه رساناها	۱۷
۳-۳ - جذب نور و تولید حامل	۲۳

فصل اول : بررسی کلی

خلاصه مطالب :

۱-۱ * مقدمه

۱-۲ * سیستمهای خورشیدی چگونه کار می کنند ؟

۱-۳ * انواع پیلهای خورشیدی

۱-۴ * توان سیستمهای خورشیدی

۱-۱ - مقدمه

پیلهای خورشیدی وسائلی هستند که تابش نور خورشیدبرآنها سبب آزاد شدن بارهای الکتریکی درآنها می شود،و در نتیجه،بارها می توانند آزادانه در یک نیمه هادی حرکت کنندودرنهایت از یک مصرف کننده برقی مثل یک لامپ روشنائی یا موتور بگذرند.پدیده تولید ولتاژ و جریان با این روش اثرفتوولتایی نامیده می شود.

سوخت پیلهای خورشیدی یعنی نور خورشید بسیار فراوان و مجانی است.شدت نورخورشید در سطح زمین حداکثر یک هزار وات در متر مربع است.به این ترتیب مساحتی که پیلها در یک سیستم تولید توان فتو ولتایی به خود اختصاص می دهندنسبتاً زیاد است .

هم اکنون پیلهای خورشیدی رقیب سایر منابع انرژی بشمار می روند.با افزایش هزینه تولید نیرواز منابع متداول ونیز کاهش هزینه پیلهای خورشیدی که مسبب آن پیشرفتهای تکنولوژیک و تولید انبوه آنهاست،امید میرود بازار پیلهای خورشیدی رونق بیشتری یابد.اولین عامل اقتصادی که همان بالا رفتن هزینه تولید توان از منابع متداول کنونی،مخصوصاً مواردی که سوختهای فسیلی را به کار میبرندمی باشند،لاینقطع ادامه داردو علت آن تا حدی محدود بودن منابع سوختی است.عامل دوم یعنی کاهش هزینه تولیدالکتریسیته سیستمهای خورشیدی نتیجه تحقیقات وسیع و کوششهای جهانی امروزی است.برای این که پیلهای خورشیدی ازنظر اقتصادی جذبه پیدا کنند باید یک یا چندمورد از موارد زیر اجرا شود:

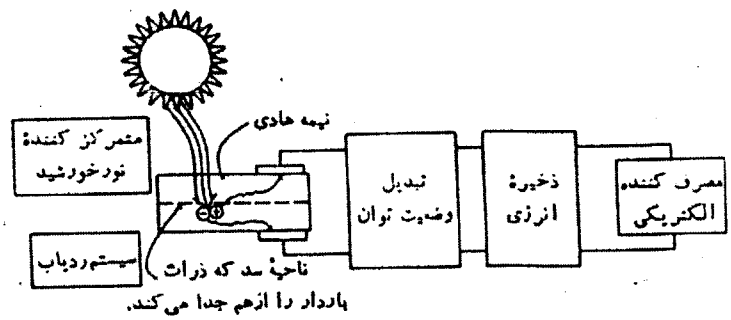
الف- بازده پیلها افزایش یابد.

ب- هزینه تولید پیلها،مدولها و تجهیزات مربوط به آنها ونیز هزینه نصب آنها کاهش یابد.

ج- طرح های جدیدی در مورد پیلها یا سیستمهای خورشیدی ابداع شود تاهزینه کلی هرواحد تولیدی الکتریسیته کمترشود.

۱-۲ - سیستمهای پیل خورشیدی چگونه کار می کنند؟

مهمترین فرآیندهای فیزیکی که در پیلهای خورشیدی رخ می دهدبه طور ساده درشکل ۱-۱ نشـان داده شـده انـد.نـور خورشید برنیمه هادی می تابدویک الکترون و یک حفره ایجاد می کند . الکترون و حفره مذکور که به ترتیب یـک ذره بار دارمنفی و مثبت می باشندهردو قادرند حرکت کنند . این ذرات در درون نیمه هـــادی پراکنده می شوندو سرانجام به یک سد انرژی برخورد می کنند که به ذرات باردار با یک نوع علامت اجازه عبـور مـی دهدولـی مـانع عبـور ذرات مخالف آن می شود.به این ترتیب ذرات باردار مثبت درمحـل تمـاس بـالایی شـکل ۱-۱ و ذرات بابـار منفـی در محـل تماس پائینی جمع میشوند.جریانهای الکتریکی پدید آمده از این مجموعه باردار توسط سیمهای فلزی به مصرف -کننده الکتریکی که درسمت راست شکل ۱-۱ نشان داده شده است منتقل می شود.



شکل ۱-۱ طرح نمایش عناصرکاربردی یک سیستم پیل خورشیدی

جریان تولیدشده ممکن است بطور مستقیم به مصرف کننده برسد یـا ایـن کـه ابتـدا توسـط یـک دسـتگاه تبدیلـی وضعیت توان به یک جریان متناوب باسطح ولتـاژ و جریـانی متفـاوت نسـبت بـه ولتـاژ و جریـان تولیـد شـده توسـط

پیل،تبدیل شود.سیستمهای فرعی دیگری رانیز می توان به کار بردکه عبارتند از : وسائل ذخیره کننده انرژی مانند باتریها و نیز آینه ها یاعدسیهای متمرکزکننده که نور خورشید را بر روی پیلهای نیمه هادی کوچکتر ودر نتیجه کم هزینه تر متمرکز می کنند.اگرازوسائل متمرکز کننده استفاده شود باید برای ثابت نگهداشتن جهت مجموعه آنها به سوی خورشید درطول روز از یک سیستم فرعی ردیابی استفاده کرد.

۱-۳- انواع پیلهای خورشیدی

اولین سلولهای خورشیدی با راندمان بالا توسط چاپین و همکارانش درسال ۱۹۴۵ با استفاده از اتصال سیلیکونی ساخته شد .امروزه تهیه نیمه رسانا هایی نظیر $Cu_2s, GaAs, Inp, CdTe, CuInSe2$ بصورت لایه های نازک برای استفاده از سلولهای خورشیدی و آشکار سازهای نوری بدلیل امکان تهیه در اندازه های بزرگ و کاهش هزینه ، مورد مطالعه وسیع قرار دارند . در ضمن ، علی رغم این موضوع که اثرفتوولتایی از سال ۱۸۳۹ میلادی شناخته شده است،ولی کاربرد زمینی پیلهای خورشیدی در تولید قدرت کاملاً جدید است.استفاده از پیلهای خورشیدی سیلیسیومی اولین بار در سال ۱۹۵۴ در مجله هاو نوشته ها عنوان شدواز آن به بعد از پیلهای خورشیدی در اکثر سفینه های فضائی که به فضا پرتاب شدند استفاده شد.[۱]

گرچه جزئیات مربوط به انواع پیلهای خورشیدی دربرگیرنده فیزیک حالت جامد،شیمی و علم شناخت مواد است،باوجود این نکات بسیارساده ای در باره انواع پیلهای خورشیدی صادق و قابل ذکراست:

الف–چون سیلیسیم (Si) بطور گسترده در مدارهای مجتمع(ic) بکار رفته است ، فن ساخت آن کاملاً طبیعی است ، در حالی که روشهای دیگر دردست مطالعه و توسعه اند.

ب- ساخت پیلهای چند بلوری یاپیلهائی بصورت ورقه های نازک بجای پیلهای تک بلوری ممکن است هم از نظر ریالی و هم از نظر انرژی مصرف شده در مراحل تولید بسیار اقتصادی باشد زیرا برای ساخت پیلهای تک بلوری به حرارت شدید ، رشد دقیق بلور و نیز برش احتیاج است.

ج- از آنجا که هزینه ساخت آینه ها و عدسیهای متمرکزکننده نسبت به اکثر نیمه هادی ها بسیارکمتر است،استفاده ازسیستمهای((متمرکز کننده))که در آنها نور خورشیدبرروی پیلهای نسبتا"کوچک نیمه - رسانا متمرکز میشود مقرون به صرفه است.

د- چون پیلها را می توان طوری طراحی کرد که با نور تکفام کارکنند،شاید بصرفه باشدطیف را تجزیه کنیم وقسمتهای مختلف آن را برروی پیلها بتابانیم که برای مؤلفه های آن طیفها مناسبترند (پیل با طیف تجزیه شده) یا (پیل چند رنگ) .

هـ - چون میزان تابش نور خورشید و نیاز به انرژی،پیوسته در نوسان است،پیلهائی که خاصیت ذاتی ذخیره سازی انرژی به روش الکترولیز را دارندممکن است جالب توجه باشند . (پیلهای (نوری- الکتریکی- شیمیائی)) .

نمونه پیلهائی که در شکل ۱-۲آورده شده اندبرطبق ماده وشکل نیمه هادی به کار رفته درآن و میزان تمرکزنور خورشید مرتب شده اند.برخی ازویژگی های ماده اصلی یا ویژگیهای طرح پیل را نیز دراین شکل ذکر کرده ایم. [۲]

پیلهایی که به تعداد زیاد تولید می شوند از سیلیسیوم تک بلوری ساخته شده اندوبدون متمرکزکردن نور خورشید به کارمی روند . ازمیان سایرمواد پیلهای تک بلوری که مورد مطالعه قرار گرفته است،ترکیب نیمه هادی آرسنیدگالیوم (GaAs) بیش از همه در آزمایشها بکار می رود و این بدلیل بازده زیاد وتوان کارکرد آن در دماهای زیاد است.در سیستم پیلهای متمرکزکننده،هردو ماده سیلیسیوم و آرسنیدگالیوم به کار رفته است.

	ضریب تمرکز شدید			
	×1	×10	×100	×1000
تک بلوری	*Si* *Ge* *GaP* (قرص) *inp* *CdT*	*GaAs* *GaAl/GaAs*		فتوولتایی - گرمایی
نیمه بلوری	*Si* (نوری - الکتریکی - شیمیایی)			
چند بلوری	*Si* (لایه نازک) *GaAs* (لایه نازک) $Cds/Cu_2S, CuInSe_2$			
بی شکل	*Si* (لایه نازک) آلی			

شکل ۱-۲ انواع پیلهای خورشیدی که بر طبق میزان بلورشدگی نیمه هادی و میزان تمرکز خورشید(درصورت بکاربرده شدن)مرتب شده اند.

اکثر پیلهااز اتصالهای بـه اصطـلاح pn استفاده مـی کننـد.یعنـی دو ناحیـه مجـاور یـک نیمـه هـادی مـانند سیلیسـیوم ناخالصیهای متفاوت،و بنابراین خصوصیات الکتریکی مختلفی دارند.یک ساختاردیگر،پیل سد کننده شاتکی نام دارد که درآن بجای یکی از نواحی نیمه هادی پیل دارای اتصال *pn* یک لایه نازک و نسبتا"شفاف فلزی قرار داده شـده اسـت طرح امید بخش دیگری برای پیلهای خورشیدی ارائه شده است که علاوه برموارد فوق یک لایه عایق بسیار نازک بیـن

فلز مذکور و نیمه رسانا قرارمی دهند که تشکیل ساختار((فلز- عایق- نیمه رسانا)) **(MIS)** یـا ((فـلز - اکسـید - نیمه رسانا)) **(MOS)** می دهد.

۱-۳- توان سیستمهای خورشیدی .

با در نظر گرفتن میزان تولید توان یک نیروگاه مرکزی جدیدکـه مثـلا" ۱۰۰۰مگـاوات اسـت،تولیـد سـالانه پیلهـای خورشیدی سراسرجهان در حال حاضر فقط چند مگاوات است که بسیار ناچیز بنظر میرسد . چه دلائلی وجود دارد که تصور کنیم پیلهای خورشیدی در تولید انرژی جهان در چند دهه آینده سهم مهمی خواهند داشت .

اول آن که در این مورد ، نباید صرفا"براساس کل بازده انـرژی قضـاوت کـرد . حتـی یـک پیـل خورشـیدی کـه مقـدار ۱۰۰وات نیروی الکتریسیته تولید می کند از نظرساکنان میلیونها روستای کوچک درسراسر دنیا اهمیت فـوق العـاده ای دارد ، زیرا از آن طریق الکتریسیته برای پمپاژ آب ، سرد کردن منازل و ارتباط با دنیای اطرافشان مهیا میشود.

دوم آن که تولید توان از طریق فتوولتائی ، مشکلاتی را که نیروگاههای اتمی بـا سـوخت فسیلی بـا آن روبـرو هسـتند ندارد ، مشکلاتی از قبیل افزایش هزینه های سوختی ، دفع مواد زائد ، برطـرف سـاختن حـرارت پدیـد آمـده ، مـوارد بسیار مهم ایمنی و حفاظت و پتانسیل تغییرآب و هوا به علت رها کردن دی اکسیدکربن در هوا .

سوم آن که سیستمهای فتوولتائی طبق اندازه های معین ساخته می شوند و می توان آنها را در نقاطی نزدیک محل بهره برداری نصب کرد و درصورت نیاز بیشتر به الکتریسیته ، بلافاصله آنها را وارد مـدار کـرد . ایـن مزایـای ذاتـی بعـلاوه تجربه ها و اقداماتی که در باره کاهش هزینه سیستم پیلهـای خورشـیدی صـورت گرفتـه ، سـبب مـی شـود پیلهـای خورشیدی در تولید انرژی جهان سهم بسزائی داشته باشند .

فصل دوم : بررسی ساختاری $CuInSe_2$ و پیوند $CuInSe_2/GaAs$

۲-۱ * مقدمه

۲-۲ * بررسی ساختاری

۲-۳ * لایه نازک $CuInSe_2$

۲-۴ * ساخت سلول خورشیدی $CuInSe_2/GaAs$