تأسیس ۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
دانشکده مهندسی برق وکامپیوتر- گروه الکترونیک

رساله ارائه شده جهت دریافت درجه دکتری در رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک

ساخت دیود نور گسیل آلی سفید و شبیه سازی ترابرد در قطعه با در نظر گرفتن اثرات حرارتی

استاد راهنما
دکتر فرهاد اکبری برومند

نگارش
محمّد رضا فتح اللهی

تیر ماه ۱۳۹۱

بسم الله الّرحمن الّرحيم

تقدیم به

مهربانترین مادر دنیا و به پدر عزیزم و خواهران نازنینم

که سخت کوشی را به من آموختند.

تقدیم به اساتید بسیار گرانقدرم آقایان

دکتر حسن عزیزی،

دکتر ایرج هرمزدیاری،

و دکتر ناصر میر فخرایی،

و با عرض احترام بی پایان خدمت استاد گرانقدرم

دکتر سیامک سادات گوشه،

همچنین تقدیم به استاد فرزانه و بزرگوارم

آقای پروفسور لیبرو زوپیرولی،

و در پایان تقدیم به همراهان در ذهنم.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

دانشکده مهندسی برق وکامپیوتر- گروه الکترونیک

تأییدیه هیأت داوران

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان: **ساخت دیود نور گسیل آلی سفید و شبیه سازی ترابرد در قطعه با در نظر گرفتن اثرات حرارتی** توسط آقای **محمّدرضا فتح اللهی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه دکتری در رشته **برق** گرایش **الکترونیک** با رتبه عالی مورد تأیید قرار می‌دهند.

۱- استاد راهنما	**آقای دکتر فرهاد اکبری برومند**	امضاء .....
۲- ممتحن خارجی	**آقای پروفسور ابراهیم اصل سلیمانی**	امضاء .....
۳- ممتحن خارجی	**آقای دکتر محمّدجواد شریفی**	امضاء .....
۴- ممتحن خارجی	**آقای دکتر عزالدین مهاجرانی**	امضاء .....
۵- ممتحن داخلی	**آقای دکتر رضا افضل زاده**	امضاء .....
۶- ممتحن داخلی	**آقای دکتر فرشید رئیسی**	امضاء .....
۷- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	**آقای دکتر شکرا... شکری کجوری**	امضاء .....

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان‌نامه:

ساخت دیود نور گسیل آلی سفید و شبیه سازی ترابرد در قطعه با در نظر گرفتن اثرات حرارتی

استاد راهنما: **دکتر فرهاد اکبری برومند**

نام دانشجو: **محمّدرضا فتح اللهی**

شماره دانشجویی: **۸۶۱۶۳۲۶**

اینجانب **محمّدرضا فتح اللهی** دانشجوی دوره دکتری مهندسی **برق** گرایش **الکترونیک** دانشکده **برق و کامپیوتر** دانشگاه **صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی** گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می‌باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو

تاریخ

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد، هرگونه کپی‌برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

قدردانی

منّت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت (سعدی). بدین سان در آغاز و پایان هر چیز خدای را سپاس می‌گویم و بعد از آن تشکر از مخلوقات، سپاس نعمتهای بی-انتهای اوست.

برخود لازم می‌دانم که مراتب تشکر ویژه خود را از جناب آقای دکتر برومند ابراز نمایم که در طول پنج سال گذشته زحمت راهنمایی اینجانب را در طول انجام این پژوهش بر دوش داشتند. از همه بیشتر بخاطر اعتمادی که، نسبت به بنده داشتند و همچنین همواره شجاعت توانستن را به من گوشزد می‌نمودند. از جناب آقای دکتر رئیسی که ایشان نیز زحمت راهنمایی اینجانب را در ابتدا به صورت رسمی و در ادامه به شکل استادی و شاگردی بر عهده داشتند و همواره از کمک و راهنمایی ایشان چه در جهت حل مسائل علمی و چه در زمینه حل دیگر مشکلات بهره‌مند بوده‌ام تشکر و قدردانی می‌نمایم. از جناب آقای دکتر محمّدجواد شریفی به خاطر راهنماییهای بی‌دریغ ایشان در خلال انجام این پژوهش و پیش از آن در دوران تحصیلم در مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد تشکر و قدردانی ویژه می‌نمایم. از آقای استاد[1] دکتر ابراهیم اصل‌سلیمانی و دوستان خوبم در آزمایشگاه لایه نازک دانشگاه تهران، چه آنانکه در گذشته و چه دوستانی که در حال حاضر در آنجا مشغول به فعالیت بوده و هستند، بخاطر همکاریهای بی‌دریغشان تشکر می‌نمایم، بخصوص از خانمها و آقایان دکتر معنوی‌زاده، دکتر ایرج، احسان داوودی، دکتر صفا ایسینی، دکتر یاشارکمیجانی، دکتر محمّدی قیداری و دکتر الهی قدردانی می‌نمایم. همچنین از آقای دکتر افضل‌زاده به خاطر راهنماییهای عملی و مؤثرشان و کمک ایشان در توسعه امکانات آزمایشگاه تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از آقایان دکتر مهاجرانی و دکتر تقوی‌نیا بخصوص بخاطر رویکرد مثبتشان در جهت همکاریهای سازنده قدردانی می‌نمایم.

یکبار دیگر از اساتید محترم استاد اصل‌سلیمانی، دکتر شریفی، دکتر مهاجرانی، دکتر افضل‌زاده، دکتر رئیسی و دکتر شکری بخاطر قبول داوری این رساله تشکر می‌نمایم.

[1] پروفسور

در ادامه از جناب آقای استاد صالحی بخاطر در اختیار قرار دادن آزمایشگاه و تجهیزات آزمایشگاهی بصورت ویژه تشکر می‌نمایم. همچنین از دانشجویان ایشان زنده‌یاد دکتر قلی زاده و آقای دکتر ناظریان بخاطر راهنماییهای ارزنده‌یشان تشکر می‌نمایم.

همچنین از جناب آقای استاد حسین‌بابایی بخاطر در اختیار قرار دادن تجهیزات آزمایشگاهی و همچنین بخاطر رهنمودهای مؤثرشان تشکر و قدردانی می‌نمایم. شنیدن توصیه‌های ایشان حتّی از زبان دیگر دانشجویان در بسیاری موارد راه‌گشای اینجانب بوده است. همچنین از دوستان بسیار خوبم در آزمایشگاه خواص مواد الکترونیکی دانشگاه خواجه نصیر از جمله آقایان و خانمها دکتر غفاری‌نیا، دکتر رهبرپور، دکتر نعمتی، دکتر شعبانی، دکتر هوشیار زارع و دکتر حیدرعلی و دیگر دوستان در آزمایشگاه مذکور بخاطر کمکهای همیشگی و بخصوص گشاده‌رویی زبانزدشان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در راه به ثمر رساندن این پژوهش دوستان بسیاری مرا یاری نمودند. ابتدا می‌بایست از دوستانم عزیزم؛ تیرداد برقی، علی بیرامی و حسام مرادی‌نژاد در آزمایشگاه ادوات نیمه هادی دانشگاه خواجه نصیر بصورت ویژه تشکر کنم؛ قطعاً بدون کمک این دوستان اتمام این پژوهش امکان‌پذیر نمی‌بود. در بسیاری مواقع از حضور و معلومات عمیق دکتر لاجوردی بهره بسیار برده‌ام و بدین‌سان از ایشان تشکر و قدردانی می‌نمایم. کمک دیگر دوستانم از جمله خانمها و آقایان زارع، مسعودی، بیان‌لو، حسنی، سربازی، خاوری و متقی در آزمایشگاه ادوات نیمه‌هادی در به ثمر رساندن این پروهش بسیار مؤثر بوده است و از این رو از این دوستان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از دوستان و همکاران عزیزم در دانشگاه خواجه نصیر و در شرکتهایی که از راهنماییها و همکاریشان در طول این پژوهش بهره‌مند شدم از جمله خانمها و آقایان مهندس فخری طاری، معصومیان، مهدوی، عبداللهی، بابامحمّدی، صالحی، جباری، دیانتی و مساحتی تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از همه صنعتگرانی که در ساخت وسایل مورد نیاز به اینجانب یاری رساندند از جمله آقایان وارطان، درویش، گلناری، غیاثی قدردانی می‌نمایم.

دوستان بسیار عزیزم آقایان محسن خلیفه، مجید طاهری و همچنین مصطفی و مهدی ناطق الاسلام و خانواده‌های محترمشان، همواره دلسوزانه در کنار من بوده‌اند، از این رو برخود لازم می‌دانم از ایشان بصورت ویژه قدردانی نمایم.

من همواره از مصاحبت و همراهی اساتید و دوستان بسیار خوبی بهره برده‌ام از این رو می‌بایست بخصوص از آقایان دکتر عزیزی، دکتر گوشه، استاد هرمزدیاری، استاد مهدیان، استاد افجه‌ای، استاد میرفخرایی، دکتر ابراهیمی، دکتر عشقی، استاد لنگری، دکتر فتحی، دکتر صابری، دکتر باقری، دکتر غفاری، دکتر بهرامی ،دکتر فیض‌آبادی، دکتر وهابی و دکتر نزهت تشکر کنم. از آقایان دکتر گوشه، دکتر عزیزی و استاد هرمزدیاری مجدداً به شکل مخصوص تشکر می‌کنم چراکه راهنماییهای ارزشمند و کمکهای بی-دریغشان حلال مشکلات گره خورده من بوده است.

همین طور می‌بایست از تمام اعضای هیأت علمی و کارکنان محترم و خوش اخلاق دانشگاه خواجه نصیر و دانشکده برق و کامپیوتر و بخصوص آقایان و خانمها دکتر نوروزی‌زاده، استاد گرانپایه، دکتر شکری، دکتر علیاری، سرکار خانم نوروزی، خانم عینی، خانم مقدم و آقای چالاکی و دیگر همکاران بسیار محترمشان به خاطر لطف بی‌دریغشان در طول پنج سال گذشته تشکر و قدردانی نمایم.

از دوستان دیگرم که به طریقی در طول این مدّت به اینجانب یاری رساندند از جمله آقایان امیر مسعود مزدارانی، احسان داوودی، دکتر حمید حاجیان، هادی رحیمی، مصطفی آصف‌الدوله، مجید خلیفه، محسن خادم، هادی جوادی‌بخش، مهندس فیض‌آبادی، مهندس طاهری، مهندس مشهدی ابراهیم، مهندس وحید مقصودی و محسن صحت تشکر و قدردانی نمایم.

من همواره مدیون زحمات بی‌دریغ معلّمان عزیزم می‌باشم. از این رو از آنها از جمله برادر و معلّم عزیزم آقای مهندس طاهرنیا و همچنین آقایان زندیه، جلویی، شیرازی، منیری، نوری، مهری، فرازمند، شعبانی، چهل‌امیرانی، میرزائی، رزاقی، گلستانیان، شمس، آخوند، گردان، شجائی، طهماسبی، بابایی، نوبری، نوئق و خانم توفیقی و دیگر معلمان خوبم که مرا در راه کسب دانش یاری و راهنمایی نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

جناب آقای استاد زوپیرولی فرصت یگانه‌ای در اختیار اینجانب قرار دادند تا بخشی از پژوهش حاضر را در آزمایشگاه ایشان با عنوان آزمایشگاه خواص الکترواپتیکی مواد مولکولی به انجام برسانم. بخاطر اطمینانی که به اینجانب داشتند و به خاطر فرصتی که در اختیارم گذاشتند و همچنین به خاطر نکته سنجی قابل تحسینشان، بر خود لازم می‌دانم که بصورت ویژه و خاص از ایشان تشکر و قدردانی نمایم.

در مدّت اقامتم در شهر لوزان مفتخر به آشنایی با دوستان بسیار خوبی شدم. ابتدا می‌بایست از آقای دکتر فرینی و میشل عزیز بصورت ویژه تشکر کنم که در این مدّت تحت نظر ایشان مشغول به تحقیق بودم. همچنین از همکارانم بسیار خوبم خانم پلدچر، فیلیپ، دانیال، گئتان، فرانزیسکا و آنتونیو و همچنین اتیِین، هیمانشو، دیان و داگلاس تشکر و قدردانی نمایم. از دیگر دوستانم بخصوص آندجی، میقای، تانیا، خانواده ویچ، مَقتین، هِنریکه، یوران، اَنور و ایفو و همچنین ماریسا، رامونا، مانوئل، ایریس و سارا و دیگر دوستان خوبم بخصوص سید علیرضا، مهدی، یاشار، حمیدرضا، حسین، نصیر، امیر، عماد، میثم، مسعود، محمّدرضا، حسام، دکتر حجازی و دکتر روزبه عزیز که در طول این مدّت با محبتهایشان به اینجانب بسیار لطف نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در پایان و مهمتر آنکه می‌بایست از مادر بسیار دلسوزم، پدر بسیار عزیزم و خواهران بسیار مهربانم و تمامی اعضای خانواده‌ام بخاطر تمامی زحماتی که برای اینجانب کشیده‌اند و بخصوص بخاطر تحمل و دلداری من درمواقعی که از همه چیز عصبانی بودم تشکر صد باره نمایم.

این بخش ابراز محبّتی بود هرچند کوتاه به تمامی آنانی که مرا یاری نمودند، از دوستانم که نامشان را فراموش کرده‌ام عذرخواهی می‌نمایم.

چکیده

استفاده از ادوات الکترونیکی بر مبنای پلیمرهای نورتاب و تابنده‌های فلورسانس به علّت سادگی فرآیند ساخت و اقتصادی بودن، بعنوان روشی کارا برای ساخت چراغهای حالت جامد با کیفیت بالا محسوب می‌شود. در این پژوهش محوریت تحقیق، ساخت دیودهای آلی و بخصوص با تابش نور سفید رنگ است. همچنین ساخت لایه‌های مبدل رنگ نور به کمک آلایش پلیمرهای شفاف بوسیله مولکولهای رنگ فلورسانس مورد تحقیق قرار گرفت.

به علّت ساده‌تر بودن و در دسترس‌تر بودن روشهای ساخت دیودهای پلیمری، ساخت دیودهای آلی بر پایه پلیمرهای تابنده پیگیری شد و ساخت دیودهایی با رنگهای تابش مختلف محقق گردید. برای ایجاد تابش به رنگهای مختلف از پلیمرها و مولکولهای تابنده‌ای مانند پلیمر پلی فلورین با تابش آبی، جفت پلیمر پلی فلورین- بنزوثیادیازول با تابش سبز و پلیمر پلی فنیلن وینیلن با تابش نارنجی و مولکول فلورسانسی با نام لومُجن قرمز بصورت مجزا یا در ترکیب با یکدیگر استفاده گردید و بعنوان لایه فعّال در یک ساختار دیودی میان دو الکترود قرار داده شد. بطور خاص با آلایش پلی فلورین با نسبت وزنی یک درصد با پلی فنیلن وینیلن تابش سفید حاصل گردید. بعلاوه با افزودن جفت پلیمر پلی فلورین- بنزوثیادیازول با تابش سبز به ساختار قطعه تابنده، رنگ تابش از سفید سرد به سفید آفتاب گونه تغییر یافت. همچنین نشان داده شد با افزودن پلیمرهای تابنده با شکاف باند کمتر مانند پلی فنیلن وینیلن یا جفت پلیمر پلی فلورین- بنزوثیادیازول به پلیمر میزبان مشخصه‌های قطعه بهبود می‌یابد. به بیان دقیق‌تر ولتاژ روشن شدن آن از حدود ۱۰ ولت به حدود ۵ ولت کاهش یافته و جریان عبوری از قطعه و شدت نور حاصل از آن در یک ولتاژ بایاس یکسان تا ۱۰ برابر افزایش می‌یابد.

در بخش دیگری از تحقیق انجام گرفته به ساخت لایه‌های شفاف پلیمری تغییر دهنده رنگ نور پرداخته شد. با بکارگیری این لایه‌های مبدل رنگ نور بر اساس تابنده‌های آلی در ترکیب با یک منبع نور معمولی (مثلاً با تابش آبی) می‌توان به منابع روشنایی با کیفیت تابش بالا دسترسی پیدا کرد. در ساخت لایه‌های مبدل رنگ نور از لومجن قرمز بعنوان مولکول فلورسانس و از پلیمر پارالوئید بعنوان مادّه میزبان

استفاده گردید. در پژوهش انجام شده بهینه سازی پارامترهای لایه‌های ساخته شده مورد نظر بود. بخصوص چگونگی استفاده از نانو ذرات اکسید فلّز به عنوان مراکز پراکننده تابش برای افزایش حداکثری خروج نور از سطح لایه مورد تحقیق قرار گرفت. بعنوان مثال نشان داده شد با افزودن نانو ذرات تیتان با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر (در محلول) به درون لایه مبدل رنگ نور با غلظت ۲/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از مولکول رنگ، تابش خارج شده از سطح تا حدود ۳ برابر افزایش می‌یابد.

علاوه بر تحقیقات تجربی صورت گرفته، سعی گردید که کارکرد دیودهای ساخته شده از جنبه تئوری نیز مورد بررسی قرار بگیرد، بعنوان نمونه با مدلسازی نشان داده شد که بهبود کارکرد دیودهای با لایه فعال ترکیبی شامل دو پلیمر تابنده نیمه رسانا را می‌توان با جابه‌جایی سطوح انرژی لایه فعال و هم-خوانی بهتر آن با انرژی فرمی الکترودها مرتبط دانست. در ادامه بررسی تئوری، اثر پارامتر دما بر روی مکانیزمهای ترابرد حاملها در قطعه تابنده مورد بررسی قرار گرفت. تحقیق شد که بر حسب انواع مختلف مدلهای تزریق حاملها، جریان قطعه چگونه بر حسب دما تغییر می‌کند و یا وابستگی تحرک‌پذیری (موبیلیتی) حاملها به دما در مواد آلی مختلف چگونه می‌باشد. همچنین به کمک یک مدل عددی شامل هر دو مکانیزم تزریق و ترابرد حاملها در داخل بدنه مادّه آلی، به بررسی چگونگی تغییرات با دمای مشخصه جریان- ولتاژ قطعه پرداخته شد.

تزریق حاملها در قطعات آلی نقش بسیار مهمی در نحوه کارکرد قطعه ایفا می‌کند، بخصوص در هنگامیکه سد پتانسیل میان الکترودها و ماده آلی بلند می‌باشد. در دیودهای آلی معمول اغلب جریان حاملها به تزریق محدود می‌شود و برای درک صحیح عملکرد قطعه می‌بایست از مدل جامعی برای توصیف آن استفاده گردد. در این پژوهش با در نظر گرفتن طبیعت جایگزیده (غیر گسترده) بودن و گسسته بودن حاملهای جریان در جامدات نیمه رسانای آلی به مطالعه تزریق حاملها پرداخته شد. ابتدا به کمک تئوری تونل‌زنی باردین یک رابطه برای تزریق حاملها و همچنین محاسبه فرکانس پرش حاملها بدست داده شد. این مطالعه شامل بررسی پرش مستقیم حامل به عمق لایه آلی می‌باشد. آنگاه با اضافه کردن اثر ترابرد حاملها در لایه‌های آلی به یک رابطه تحلیلی صریح برای تزریق دست یافته شد. به کمک رابطه توسعه داده شده و با در نظر گرفتن

اثر افزایش دما برای یک قطعه در حال کار، چگونگی وابستگی دمایی جریان تزریق در اتصالات مختلف میان جامدات آلی و انواع فلزات مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد مدل ارائه شده در مقایسه با مدلهای پیشین توانایی پیش‌بینی صحیح جریان تزریق در دماهای پایین را نیز دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی

روشنایی حالت جامد، دیود آلی سفید، پلی فلورین، لایه‌های مبدل رنگ نور، لومجن قرمز، نانوذرات اکسید فلز، بازده کوانتمی، تزریق در اتصالات فلز با جامد آلی، تئوری تونل‌زنی باردین، مدل تزریق پرش- پرش یا بطور معادل مدل تزریق تونل‌زنی- رانش، پارامتر دما، افزایش دمای قطعه، مدلسازی عددی، مدلسازی تحلیلی.

فهرست مطالب

فصل اوّل: انگیزه تحقیق و مرور نوشتارهای مرتبط ۲

۱-۱- تاریخچه روشنایی ۳

۱-۲- روشنایی حالت جامد و مروری بر توسعه صنعت دیودهای آلی ۶

۱-۳- بررسی چند نمونه از محصولات شرکتهای فعّال در زمینه دیودهای آلی ۱۳

۱-۴- شرکتهای مادر فعال در زمینه دیودهای آلی ۲۸

فصل دوّم: معرفی دیودهای آلی ۴۶

۲-۱- دیودهای نورتاب آلی ۴۷

۲-۲- نگاهی به مکانیزمها ۵۱

۲-۲-۱- ترابرد در مواد آلی ۵۲

۲-۲-۱-۱- نگاه کلاسیکی به مشخصه جریان- ولتاژ ۵۲

۲-۲-۱-۲- پارامترهای کلیدی دینامیک حاملها ۵۳

الف- تحرک پذیری بر مبنای پرش پلارونها ۵۴

ب- تحرک پذیری نوع پل- فرنکل ۶۰

پ- تحرک پذیری بر مبنای تعادل جز به جز ۶۵

۲-۲-۲- تزریق حامل از اتصالات ۶۷

۲-۲-۲-۱- مدل تزریق بر اساس یک پرش اولیه و آنگاه راهیابی حامل به درون ماده آلی ۷۱

۲-۲-۳- باز ترکیب و نوردهی ۷۳

۲-۳- دیودهای نور گسیل سفید ۷۷

۲-۳-۱- مشخصه های مهم منابع نور سفید ۷۷

۲-۳-۱-۱- روشنایی و کیفیت رنگ ۷۷

۲-۳-۱-۲- بازده قطعه ۸۰

الف- بازده کوانتمی ۸۰

*- بازده کوانتمی داخلی ۸۰

*- بازده کوانتمی خارجی ۸۱

ب- راندمان توان و راندمان جریان ۸۱
۲-۳-۱-۳- طول عمر ۸۲
۲-۳-۲- رهیافت های بکار گرفته شده برای ایجاد تابش سفید در دیودهای آلی ۸۴
۲-۳-۲-۱- ترکیب رنگ ۸۵
الف- تابش سفید به کمک پیکسهای در افق در کنار هم یا عمود بر روی هم ۸۵
ب- ساختار چند لایه ۸۶
پ- سیستمهای مهمان و میزبان ۸۸
*- استفاده از انتقال انرژی فرستر و دکستر در انتقال برانگیختگی ۸۹
*- حالات اکسی پلکس و اکسیمر ۹۰
*- تابش سفید به کمک یک تک لایه تابنده ۹۱
ت- ساختار کاواک میکرومتری ۹۳
۲-۳-۲-۲- تبدیل موج (تغییر رنگ تابش با تغییر طول موج) ۹۵
۲-۳-۳- نمونه هایی از قطعات معرفی شده توسط پژوهشگران برای ساخت دیودهای نوری سفید ۹۶

فصل سوّم: کار آزمایشگاهی ۱۰۶

۳-۱- تجهیزات بکار گرفته شده برای ساخت و اندازه گیری مشخصه های دیودهای آلی ۱۰۷
۳-۱-۱- دستگاه لایه نشانی چرخشی ۱۰۸
۳-۱-۲- کوره ۱۰۸
۳-۱-۳- حمام فراصوتی ۱۰۸
۳-۱-۴- دستگاه تبخیر در خلاء ۱۰۹
۳-۱-۵- مجموعه منبع و اندازه گیر ۱۱۰
۳-۱-۶- محفظه نگهدارنده نمونه و فتو دیود بهمراه مدار واسط ۱۱۱
۳-۱-۷- میکروسکوپ نوری ۱۱۲
۳-۱-۸- طیف سنج تبدیل فوریه محدوده مادون قرمز ۱۱۲
۳-۱-۹- دستگاه سنجش طیف مرئی و فرابنفش ۱۱۳
۳-۱-۱۰- نمونه بردار ۱۱۳
۳-۱-۱۱- دستگاه سنجش ضخامت لایه های نازک ۱۱۳
۳-۲- ساختار دیودهای نورتاب آلی ساخته شده ۱۱۵

۳-۳- معرفی مواد بکار گرفته شده در ساخت دیودهای آلی **۱۱۶**
۳-۳-۱- پلیمر پلی فلورین ۱۱۷
۳-۳-۲- جفت پلیمر پلی فلورین- بنزوثیادیازول ۱۱۸
۳-۳-۳- پلیمر پلی فنیلن وینیلن ۱۱۸
۳-۳-۴- پلیمر ترکیبی پلی اتیلن تایوفن- پلی استایرن سولفنیت ۱۲۰
۳-۳-۵- لومجن قرمز ۱۲۱
۳-۳-۶- مولکول فلورسانس آبی ۱۲۲
۳-۳-۷- اندازه گیری طیف فروسرخ پلیمرپلی فلورین ۱۲۲
۳-۴- نحوه ساخت دیودهای نورتاب پلیمری و اندازه گیریهای مشخصات آنها **۱۲۴**
۳-۴-۱- آماده سازی اکسید ایندیم- قلع (شستشو، زدایش و الگودهی) ۱۲۴
۳-۴-۲- آماده کردن محلول ۱۲۵
۳-۴-۳- لایه نشانی چرخشی محلول ۱۲۶
۳-۴-۴- لایه نشانی الکترود کاتد ۱۲۶
۳-۴-۵- انجام اندازه گیریها ۱۲۸
۳-۴-۶- استخراج و تحلیل داده ها ۱۲۹
۳-۵- تجهیزات برای ساخت و اندازه گیری مشخصه های لایه های مبدل رنگ نور **۱۲۹**
۳-۵-۱- دستگاه لایه نشانی با تیغه ۱۳۰
۳-۵-۲- طیف سنج ۱۳۰
۳-۵-۳- منابع نور برای تحریک نمونه ۱۳۲
۳-۵-۴- کره جمع آوری کننده تابش ۱۳۲
۳-۵-۵- دستگاه اندازه گیری نیروهای بین اتمی ۱۳۲
۳-۶- مواد بکار گرفته شده در ساخت لایه های پلیمری مبدل رنگ نور **۱۳۳**
۳-۶-۱- مولکول تابنده ۱۳۳
۳-۶-۲- ماتریس میزبان ۱۳۳
۳-۶-۳- نانو ذرات اکسید فلز ۱۳۴
۳-۷- نحوه ساخت لایه های پلیمری مبدل رنگ نور و انجام اندازه گیری بر روی آنها **۱۳۵**
۳-۷-۱- آماده سازی محلول ۱۳۶
۳-۷-۲- لایه نشانی لایه پلیمری مبدل رنگ نور ۱۳۷
۳-۷-۳- اندازه گیری طیف جذب ۱۳۸

۳-۷-۴- اندازه گیریهای انجام شده به کمک کره جمع کننده تابش ۱۳۸

فصل چهارم: نتایج حاصل از ساخت دیودهای آلی ۱۴۰

۴-۱- دیود با تابش آبی رنگ ۱۴۱

۴-۱-۱- بررسی اثر لایه تزریق کننده حفره پلیمری بر روی کارکرد قطعه تابنده ۱۴۸

۴-۲- دیود با تابش سبز رنگ ۱۴۹

۴-۲-۱- یکنواختی تابش از سطح در دیود سبز ۱۵۲

۴-۲-۲- بررسی رژیم ترابرد در قطعه ۱۵۵

۴-۳- دیود با تابش قرمز رنگ ۱۵۹

۴-۴- تقویت تابش آبی به کمک یک مولکول تابنده آبی ۱۶۱

۴-۵- تابش نارنجی رنگ (تابش نارنجی مکمل تابش آبی) ۱۶۳

۴-۶- ساخت دیود با تابش سفید ۱۶۴

۴-۶-۱- ساخت دیود سفید به کمک ترکیب سه رنگ اصلی ۱۶۴

۴-۶-۲- ساخت دیود سفید با ترکیب یک نور اصلی و یک نور مکمل و یکنواختی تابش از سطح ۱۶۵

۴-۶-۳- تکرارپذیری پروسه ساخت ۱۶۸

۴-۶-۴- افزودن جفت پلیمر پلی فلورین- بنزوثیادیازول به دیود سفید ۱۷۰

۴-۷- بررسی فاکتورهای افت کیفیت قطعه ۱۷۳

۴-۷-۱- دسته بندی ساز و کارهای تنزل کیفیت دیودهای آلی ۱۷۴

۴-۷-۲- بررسی چند مورد از ساز و کارهای تنزل کیفیت در دیودهای پلیمری ۱۷۷

۴-۸- جمع بندی و بررسی مقایسه ای دیودهای ساخته شده ۱۸۰

فصل پنجم: لایه های پلیمری مبدل رنگ نور ۱۸۶

۵-۱- کلیات لایه های پلیمری مبدل رنگ نور ۱۸۷

۵-۲- خلاصه کار آزمایشگاهی ۱۸۹

۵-۳- نتایج حاصل از اندازه گیریهای طیف عبور ۱۹۱

۵-۴- نتایج حاصل از اندازهگیریها به کمک کره جمع کننده کل تابش ۱۹۵

۵-۵- افزودن نانو ذرات اکسید تیتانیم برای افزایش تابش از سطح ۱۹۹

فصل ششم: بررسی تئوری ترابرد حاملها در دیودهای آلی ۲۰۴

۶-۱- شبیه سازی مشخصه های دیودهای پلیمری با تابش آبی و سبز ۲۰۶
۶-۱-۱- معرفی مدل عددی بکار گرفته شده و پارامترهای مورد استفاده ۲۰۷
۶-۱-۲- نتایج حاصل از مدلسازی عددی دیودهای آلی ۲۱۱
۶-۲- بررسی اثرات تغییر دما بر کارکرد الکتریکی دیودهای نور گسیل آلی ۲۱۶
۶-۲-۱- چگونگی تغییرات ترابرد در داخل یک ماده آلی بر حسب تغییرات دما ۲۱۸
۶-۲-۲- وابستگی دمایی تزریق حاملها در دیودهای نورتاب آلی ۲۲۱
۶-۲-۲-۱- مدل گسیل گرمایونی ریچاردسون- شاتکی ۲۲۲
۶-۲-۲-۲- مدل تونل زنی فولر- نردهیم ۲۲۲
۶-۲-۲-۳- گسیل گرمایونی محدود شده بخاطر نفوذ ۲۲۲
۶-۲-۲-۴- مدل تزریق بر مبنای یک پرش اولیه و در پی آن راه یابی حامل به درون ماده آلی ۲۲۳
۶-۲-۳- شبیه سازی تغییرات دمایی مشخصه چگالی جریان ـ ولتاژ در یک قطعه آلی نوری ۲۲۸
۶-۳- بررسی کمی جریان تزریق در اتصالات فلز- آلی با استفاده از تئوری تونل زنی باردین ۲۳۲
۶-۳-۱- معرفی مسأله تزریق ۲۳۲
۶-۳-۲- معرفی تئوری تونل زنی باردین ۲۳۵
۶-۳-۳- مقایسه تئوری تونلزنی باردین با تئوری تونلزنی معمول ۲۳۷
۶-۳-۴- نرخ انتقال حامل در اتصال فلّز- مادّه آلی ۲۴۰
۶-۳-۵- نتایج؛ نمونه ای از محاسبات فرکانس پرش برای قطعات ساخته شده ۲۴۳
۶-۳-۶- نتایج: بررسی پرش مستقیم حاملها به عمق مادّه آلی ۲۴۶
۶-۴- تئوری جریان محدود شده به تزریق به درون جامدات آلی ۲۵۰
۶-۴-۱- معرفی مسأله ۲۵۰
۶-۴-۲- توسعه تئوری و استخراج روابط ۲۵۰
۶-۴-۳- آزمودن تئوری، بررسی وابستگی دمایی جریان تزریق ۲۵۶

فصل هفتم: جمع بندی و پیشنهاد موضوعات جدید ۲۶۵

۷-۱- جمع بندی ۲۶۶
۷-۲- پیشنهادات برای ادامه پژوهش ۲۶۹

مراجع ۲۷۳

پیوست: لیست مقالات ۲۸۳

فهرست شکلها

شکل ۱- ۱ یک چراغ گردسوز [۲]. ۴
شکل ۱- ۲ مقایسه زاویه دید بین نمایشگرهای کریستال مایع و نمایشگرهای دیود آلی ۹
شکل ۱- ۳ مقایسه توان مصرفی نمایشگرهای کریستال مایع و دیودآلی در حالت نمایش ویدئو. ۱۰
شکل ۱- ۴ یک لامپ قابل انعطاف چهار اینچی از شرکت ایپلار [۸]. ۱۱
شکل ۱- ۵ یک قطعه دیودآلی با قابلیت کش، آمدن ساخته شده در آزمایشگاه دانشگاه کالیفرنیا[۹]. ۱۲
شکل ۱- ۶ تلویزیون ۱۱ اینچی سونی ۱۳
شکل ۱- ۷ پیشرفت در صنعت دیودهای نور گسیل آلی [۱۰]. ۱۴
شکل ۱- ۸ نمونه هایی از محصولات شرکت سونی بر مبنای فن آوری دیودآلی. ۱۵
شکل ۱- ۹ نمونه هایی از تلفنها و دوربینهای شرکت سامسونگ مجهز به نمایشگرهای دیودآلی [۶ و ۹]. ۱۷
شکل ۱- ۱۰ نمونه هایی از محصولات شرکت سامسونگ بر مبنای فن آوری دیودهای آلی ۱۸
شکل ۱- ۱۱ تلویزیون ۵۵ اینچی دیود آلی شرکت ال جی. ۲۰
شکل ۱- ۱۲ لامپهای روشنایی بر پایه فن آوری دیودآلی محصول شرکتهای ال جی و اکوتی برندز. ۲۱
شکل ۱- ۱۳ نمونههایی از لامپهای دیودآلی شرکت فیلیپس (الف) تا (ت) [۹ و ۱۲]. ۲۳
شکل ۱- ۱۴ پنجرههای شفاف و چراغهای مدرن بر پایه دیودهای آلی برای اتومبیلها (الف) و (ب) [۱۲]. ۲۳
شکل ۱- ۱۵ لامپ دیود آلی شفاف ساخت شرکت اسرام [۱۳]. ۲۴
شکل ۱- ۱۶ لامپهای دیود آلی طراحی شده توسط اینگو مرر و ساخته شده توسط اسرم. ۲۶
شکل ۱- ۱۷ نمونه هایی از لامپهای دیودآلی شرکت اسرام ۲۶
شکل ۱- ۱۸ نمونه هایی از لامپهای دیودآلی ساخت شرکت جنرال الکتریک. ۲۷
شکل ۱- ۱۹ فن آوریهای مختلف دیودآلی توسعه داده شده در شرکت جهانی نمایشگرها [۱۰]. ۳۰
شکل ۱- ۲۰ نمونه هایی از لامپهای دیودآلی ساخت شرکت جهانی نمایشگرها (الف) و (ب). ۳۰
شکل ۱- ۲۱ نمایشگرهای قابل انعطاف آینده [۸ و ۱۵]. ۳۳
شکل ۱- ۲۲ چند نمونه از محصولات شرکت جهانی نمایشگرها بر پایه فن آوری دیودهای آلی [۹ و ۱۰]. ۳۳
شکل ۱- ۲۳ اجزاء لامپ آینده در حال پرواز متشکل از دیودهای پلیمری سفید رنگ می باشند. ۳۴
شکل ۱- ۲۴ بر پایه پلیمرهای تابنده ساخت نمایشگرها به کمک فن آوری چاپ امکان پذیر است. ۳۷
شکل ۱- ۲۵ نمایشگرهای دیودآلی (دیود پلیمری) ساخته شده با فن آوری چاپ جوهر افشان (الف) تا (ت) [۶]. ۳۸
شکل ۱- ۲۶ طرح وارههایی از تصحیح ساختار دیودهای آلی. ۴۰
شکل ۱- ۲۷ مقایسه بهبود بازده در دیودهای نورتاب معمول و دیودهای نورتاب آلی در طول زمان. ۴۲
شکل ۱- ۲۸ برخی از محصولات شرکت دیودهای نوا[۱۷]. ۴۳
شکل ۱- ۲۹ وضعیت شرکتهای مختلف فعال در صنعت دیودهای آلی. ۴۴
شکل ۱- ۳۰ ترکیب رنگ نورهای مختلف[۱]. ۴۵
شکل ۲- ۱ ساختار یک دیود نورتاب آلی. ۴۸
شکل ۲-۲ سه مکانیزم اصلی در درون یک قطعه تابنده آلی. ۵۱
شکل ۲- ۳ کریستال الماس[۲۳]. ۵۵