بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی فیزیک گرایش اتمی مولکولی

ساخت و مشخصه یابی لایه های نازک نانومتریGaN مورد استفاده در دیودهای نورافشان

استادان راهنما:

دکتر حمیدرضا فلاح

دکتر مرتضی حاجی محمودزاده

پژوهشگر:

روح اله نعمتی

مهر ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بـر نتـایج مطالعـات، ابتکـارات و نـوآوری هـای ناشـی از تحقیـق موضوع این پایان نامـه متعلـق بـه دانشـگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی فیزیک گرایش اتمی مولکولی آقای

روح ا... نعمتی

تحت عنوان

ساخت و مشخصه یابی لایه های نازک نانومتریGaN مورد استفاده در دیودهای نورافشان

در تاریخ ..... توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه ..... به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد/ استادان راهنمای پایان نامه	دکتر حمیدرضا فلاح	با مرتبه ی علمی دانشیار	امضا
۲- استاد/ استادان مشاور پایان نامه	دکتر مرتضی حاجی محمود زاده	با مرتبه ی علمی استادیار	امضا
۳- استاد/ استادان داور داخل گروه	دکتر مجتبی مستجاب الدعواتی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضا
۴- استاد/ استادان داور خارج از گروه	دکتر محمدحسن یوسفی	با مرتبه ی علمی دانشیار	امضا

امضای مدیر گروه

خالصانه ترین حمد وسپاس

برای خدای بزرگ و مهربانم که وجودش را در لحظه لحظه زندگی ام احساس می کنم.

صمیمانه ترین قدردانی ها

از خانواده ام بویژه پدر ومادرم که،همیشه و همه جا حامی ،من هستند.

متواضعانه ترین تشکر ها

از استادان گرامی ام جناب آقایان دکتر فلاح و حاجی محمود زاده که در تمامی مراحل بنده را راهنمایی کردند.

چکیده:

اپتیک لایه های نازک با انتشار امواج نوری در سیستم های تک لایه و چند لایه نازک سروکار دارد. با فرض انتشار موجی نور، و به کمک نظریه انتشاراموج می توان توصیف کلی از رفتار نور در مجموعه های لایه های نازک به دست آورد. ساده ترین سیستم لایه نازک سیستمی متشکل ازیک لایه نازک روی یک بستره مشخص می باشد. در این پژوهش با انتخاب بستره مناسب ، خواص ساختاری وفیزیکی بهینه که مورد استفاده برای دیود های نور افشان می باشد، بررسی شدند. منحنی جذب وعبور و هم چنین نمودار نوار انرژی مورد بررسی قرار گرفت ونشان داده شد که این مواد شرایط لازم برای استفاده در دیود های نور افشان را دارند. با توجه به کاربرد روزافزون لایه های نازک در بسیاری از صنایع از جمله صنایع اپتیکی ،الکترواپتیکی و دیود های نورافشان در این پایان نامه به بررسی عوامل مؤثر بر ویژگی های ساختاری،الکتریکی واپتیکی این لایه ها که به روش تبخیر حرارتی لایه نشانی شده اند پرداخته شده است. سپس با استفاده از شرایط بهینه دیود های نیتریدی ساخته شده اند و نمودار های **I-V** آنها مورد بررسی قرار گرفت.همچنین با اعمال ولتاژ به دیود های نیتریدی ساخته شده ، شاهد نور دهی آنها شده ایم.

واژه های کلیدی: لایه های نازک اپتیکی، ویژگی های اپتیکی، چشمه حرارتی، دیود های نورافشان

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱ دیودهای نورافشان، منابع نور آینده ۱

۱-۲ پیشرفت‌های اساسی در گسترش چشمه‌های نوری ۲

۱-۳ دیودهای نورافشان یا LED ۳

۱-۳-۱ استفاده از دیودهای نورافشان سفید برای تأمین روشنایی ۶

۱-۴ کاربردهای دیگر LED ۹

فصل دوم: نیم رسانا ها

۲-۱ نیم رسانا ۱۳

۲-۲ نیمرسانای با گاف انرژی مستقیم و غیرمستقیم ۱۴

۲-۳ چگالی الکترون و حفره در نیم رساناها ۱۵

۲-۴ تراز فرمی ۱۸

۲-۵ نیم رسانای تحت تابش ۲۰

۲-۵-۱ پیوند p-n ۲۵

۲-۶ اکسایتون ۲۵

فصل سوم: ساز و کار انتشار نورو ساختاردیودهای نور افشان

۳-۱ ساختار دیودهای نور افشان ۲۷

۳-۱-۱ پیوند همگن p-n ۲۷

۳-۱-۲ پیوند ناهمگن p-n ۲۸

۳-۲ اساس فیزیکی دیودهای گسیلنده نوری ۲۹

۳-۳ پیوندگاه p-n ۳۰

۳-۴ بایاس مستقیم و بایاس معکوس ۳۱

عنوان **صفحه**

۳-۵ بازترکیب تابشی ۳۳

۳-۶ تزریق حامل‌های اقلیت و کارائی تزریق ۳۷

۳-۷ کارایی کوانتومی داخلی ۳۷

۳-۸ کارایی کوانتومی خارجی ۳۸

۳- ۹ استخراج نور از LED ها ۴۱

۳-۹-۱ اصول استخراج نور ۴۲

۳-۹-۲ بازتابنده های براگ توزیع شده ۴۳

۳-۹-۳ کاهش جذب و بازگردانی فوتون ۴۴

۳- ۱۰ دیودهای بر پایه‌ی نیترید ۴۵

۳-۱۰-۱خواص دیودهای نیتریدی ۴۶

۳-۱۰-۲ خواص نیمرساناهای نیتریدی و مشکلات آن‌ها ۵۱

۳-۱۰-۳ آلایش نیمرسانا ۵۳

۳-۱۰-۴ رسانایی گرمایی ۵۳

۳-۱۱ بستره‌ها برای برآرایی گالیم نیترید ۵۳

۳-۱۱-۱ خصوصیات بستره های مورد استفاده در برآرایی GaN ۵۴

۳-۱۱-۲ سفایر Sapphire ۵۵

۳-۱۱-۳ کربید سیلیکون SiC ۵۶

۳-۱۱-۴ سیلیکونSi ۵۷

۳-۱۱-۵ گالیم آرسناید GaAs ۵۷

۳-۱۱-۶ گالات لیتیوم LiGao2 ..... ۵۸

۳-۱۱-۷ نیترید آلومینیوم AlN ۵۹

۳-۱۱-۸ اکسید روی ZnO ۵۹

۳-۱۱-۹ گالیم نیترید GaN ۵۹

عنوان **صفحه**

۳-۱۲ بررسی اهمیت لایه‌های بافر در دیودهای نورافشان نیتریدی ۵۹
۳-۱۲-۱ استفاده از ماسک یا لایه‌ی درونی ۶۰
۳-۱۲-۲ لایه بافر AlN ۶۰
۳-۱۲-۳ لایه بافر GaN ۶۲
۳-۱۲-۴ لایه‌ی بافر SiC ۶۲
۳-۱۲-۵ لایه‌ی بافرAlN ۶۲
۳-۱۲-۶ لایه‌ی بافرSiN ۶۲
۳-۱۳ بررسی خواص ساختاری ،الکتریکی و اپتیکی GaN ۶۲
۳-۱۳-۱ خواص ساختاری GaN ۶۲
۳-۱۳-۲ خواص الکتریکی GaN ۶۴
۳-۱۳-۳ تاثیر نور بر ویژگی های الکتریکی پوشش نیمرسانا ۶۴
۳-۱۳-۴ خواص اپتیکی GaN ۶۵

فصل چهارم : کارهای انجام شده و نتایج

۴-۱ مقدمه ۶۶
۴- ۲روشهای تولید لایه نازک ۶۶
۴-۲-۱ انباشت به روش تبخیر فیزیکی ۶۷
۴-۲-۱-۱ انباشت به روش کندوپاش ۶۸
۴-۲-۱-۲ روش تبخیر حرارتی در خلاء ۶۹
۴-۲-۲ اندازه‌گیری ضخامت لایه ۶۹
۴-۲-۲-۱ روش نوسانگر بلور کوارتز ۷۰
۴-۳ بازپخت ۷۲
۴-۴ اندازه گیری نمودار ولتاژ ـ جریان ۷۲

عنوان **صفحه**

۴-۵ روش به کار گرفته شده برای ساخت لایه ۷۲
۴-۵-۱ انتخاب بستره ها ۷۳
۴-۵-۲ انباشت لایه ۷۳
۴-۵-۳ لایه نشانی بر روی بستره های مختلف ۷۴
۴-۴ عوامل موثر در ظرفیت الکتریکی،اپتیکی و ساختاری GaN مورد استفاده در دیودهای نورافشان ۷۵
۴-۴-۱ تاثیر آهنگ انباشت ۷۵
۴-۴-۱-۱ ویژگی های الکتریکی ۷۵
۴-۴-۱-۲ ویژگی های اپتیکی ۷۶
۴-۴-۲ اثر دمای بستره ۷۹
۴-۴-۳ اثرگرمادهی بعد از انباشت لایه ۸۱
۴-۴-۴ ویژگی های اپتیکی ۸۲
۴-۵ مراحل ساخت دیود نورافشان ۸۳
۴-۵-۱ سونش ۸۳
۴-۵-۲ آماده سازی زیر لایه ۸۳
۴-۵-۳ لایه نشانی ماده مورد نظر ۸۴
۴-۶ بررسی نمودار های I-V دیود های ساخته شده ۸۴
۴-۶-۱ اثر دمای انباشت روی مشخصه I_V ۸۵
۴-۶-۲ اثر ضخامت روی مشخصه I_V ۸۷
۴-۷ نتیجه گیری ۸۹
۴-۸ پیشنهادها ۹۰
منابع و مآخذ ۹۱

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ : اولین دیود نورگسیل سفید بر پایه‌ی گالیم نیترید ساخته شده توسط ناکامورا در شرکت نیچی. ۴

شکل۱-۲ : پیشرفت دیودهای نورافشان از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰ ..... ۷

شکل۱-۳ : ضریب درخشاني چشم بر حسب طول موج نور..... ۸

شکل ۱-۴ : مقایسه طیف تابشی خورشید با منابع نوری دیگر ۹

شکل ۲-۱ : نوارهای رسانش و ظرفیت در نیمه‌رسانا..... ۱۴

شکل ۲-۲ : نیمرساناهای مستقیم و غیر مستقییم..... ۱۵

شکل ۲-۳ : تراز فرمی در نیمرسانای نوع n ۱۹

شکل ۲-۴ : تراز فرمی در نیمرسانای نوع p ۱۹

شکل۲-۵ : پیوند بین دو نیم رسانای نوع p و نوع n..... ۲۲

شکل ۲-۶ : موقعیت نوارهای انرژی نیم رساناهای (الف) نوع p ،(ب) نوع n قبل از پیوند و (ج) بعد ازپیوند.. ۲۳

شکل۲-۷ : تغییرات (الف) نوارهای انرژی، (ب) میدان الکتریکی داخلی و (ج) چگالی بار در یک پیوند p-n نسبت به مکان..... ۲۴

شکل ۳-۱ : بازترکیب تابشی تحت بایاس مستقیم پیوند p-n..... ۲۹

شکل ۳-۲ الف : نیمرساناهای که بطور یکنواخت با نوع n و نوع p آلایش یافته اند. قبل از تشکیل پیوندگاه. ب) میدان الکتریکی در ناحیه تهی و نمودار نوار انرژی پیوندگاه p-n در تعادل گرمایی..... ۳۰

شکل۳-۳ : (a) پیوندگاه p-n در حالت بایاس صفر. (b) پیوندگاه p-n در بایاس مستقیم..... ۳۱

شکل۳-۴ : مسیر فرآیند بازترکیب تابشی و غیر تابشی..... ۳۳

شکل۳-۵ : سه مسیر ممکن برای بازترکیب..... ۳۷

شکل۳-۶: بازتاب داخلی و زاویه بحرانی در یک LED..... ۳۹

شکل۳-۷ : طرحواره ای از مخروط فرار در یک LED معمولی که درون پوشش اپوکسی قرار دارد ۴۲

شکل۳-۸ : طراحی برای LED با مخروط فرار..... ۴۳

شکل ۳-۹ : طرح شماتیک DBR LED..... ۴۴

عنوان **صفحه**

شکل ۳- ۱۰: دیودها در سال های مختلف ۴۶

شکل ۳- ۱۱: ساختار هگزاگونال GaN ۴۷

شکل۳-۱۲ : گاف های انرژی پیشنهادی برای آلیاژ نیمرساناهای نیتریدی ورتزایت ۴۸

شکل ۳-۱۳: نمودار شدت خروجی بر حسب جریان مستقیم ورودی برای دیودها غیر نیتریدی و نیتریدی..... ۴۹

شکل ۳-۱۴: نمودار محل پیک نشری برحسب جریان مستقیم برای دیودهای نیتریدی و غیر نیتریدی..... ۵۰

شکل۳-۱۵: ساختارهای متداول نیمرساناهای نیتریدی ۵۲

شکل ۳ -۱۶: بررسی گاف انرژی بر حسب دما برایGaN ۵۲

شکل۳-۱۷ : نمایی از سفایر: (الف) یاخته واحد لوزی پهلو در جهت [۰۰۰۱]، (ب) یاخته واحد شش گوشی در جهت [۰۰۰۱] ۵۵

شکل۳-۱۸ :تصویر گرفته شده با میکروسکوپ SEM از سطح GaN انباشت شده بر روی سفایر بدون لایه بافر(a).همان سطح بدون لایه بافر (b) ۶۱

شکل ۳-۱۹ : پهنای پیک XRD به صورت تابعی از ضخامت لایه ۶۱

شکل ۳-۲۰ : اندازه‌گیری تحرک پذیری حامل‌ها در لایه‌ی GaN به صورت تابعی از ضخامت لایه‌ی بافر GaN ۶۱

شکل ۳-۲۶ : نمایی از ساختار ورتسایت GaN در جهت‌های مختلف: (الف) [۰۰۰۱] ; (ب) [۱۱۲۰] ; (ج) [۱۰۱۰] ۶۳

شکل ۳-۲۷ : نمایی از ساختار زینک- بلند در جهت‌های مختلف: (الف)[۱۰۰] ; (ب) [۱۱۰] ; (ج) [۱۱۱] ..۷۴

شکل ۴-۱ : بیناب پراش پرتو ایکس گرفته شده از پودر گالیم نیترید ۷۴

شکل ۴-۲ : نمودار XRD بر حسب 2Θ گالیم نیترید انباشت شده روی ITO در دماهای (۱-۴۰۰، ۲-۵۰۰ ، ۳-۶۰۰ درجه سانتی گراد). ۷۵

شکل ۴-۳ : نمودار تغییرات عبور برحسب طول‌موج با آهنگ انباشت متفاوت ۷۷

شکل ۴-۴ : نمودار تغییرات جذب برحسب طول‌موج با آهنگ انباشت متفاوت ۷۸

شکل ۴-۵ : نمودار تغییرات (αhυ)^2 بر حسب hυ ۷۹

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۶ : نمودار تغییرات عبور بر حسب طول موج با اثر دمای بستره متفاوت ۸۰
شکل ۴-۷ : نمودار تغییرات جذب بر حسب طول موج با اثر دمای بستره متفاوت ۸۱
شکل ۴-۸ : نمودار تغییرات تراگسیل بر حسب طول موج در بازپخت های متفاوت ۸۲
شکل ۴-۹ : نمودار ولتاژ – چگالی جریان با لایه نشانی بدون دمای انباشت ۸۴
شکل ۴-۱۰ : نمودار ولتاژ – چگالی جریان با لایه نشانی دمای انباشت در دمای (قرمز ۱۰۰ و آبی ۱۵۰ درجه سانتی گراد) ۸۵
شکل ۴-۱۱ : نمودار ولتاژ – چگالی جریان با لایه نشانی با در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد ۸۶
شکل ۴-۱۲ : نمودار ولتاژ – چگالی جریان با لایه نشانی گرم در دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد ۸۶
شکل ۴-۱۳ : نمودار ولتاژ – چگالی جریان با لایه نشانی گرم در ضخامت ۳۲۰ نانومتر ۸۷
شکل ۴-۱۴ : نمودار ولتاژ – چگالی جریان با لایه نشانی گرم در ضخامت ۲۲۰ نانومتر ۸۸
شکل ۴-۱۵ : نمودار ولتاژ – چگالی جریان با لایه نشانی گرم در ضخامت ۱۲۰ نانومتر ۸۸

فهرست جدول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: مواد تجاری با بهره بالا که در ساختLED ها به کار برده می‌شوند. ۴۰

فصل اول

مقدمه

۱- ۱ دیودهای نورافشان، منابع نور آینده

منابع نور موادی هستند که به صورت گاز، مایع و جامد بوده و از خود تابش های الکترومغناطیسی گسیل نمایند. این منابع در مواردی محدوده‌ی وسیعی از طول موج‌های مرئی و غیر مرئی را به طور کامل و پیوسته تابش می‌کنند و در مواردی نیز انتشار این امواج انتخابی است، بدین معنی که این منابع با وجودی که موج‌های بیشماری را تامین می‌کنند اما کلیه طول موج‌های الکترو مغناطیسی را به طور پیوسته تابش نمی‌کنند. از طریق چشم و مستقیماً امکان تشخیص بین دو نوع تابش‌های فوق وجود ندارد. پس از یک قرن که از معرفی چشمه های نوری الکتریکی می‌گذرد، دو چشمه نوری رایج که تا به امروز بسیار مورد استفاده قرار گرفته‌اند، (چشمه های نوری التهابی و چشمه های نوری فلورسانسی)، نتوانسته‌اند بازده توان الکتریکی بالاتر از ۲۵٪ بدست بیاورند. بر این اساس، انرژی زیادی تلف می‌شود و به تبع هزینه فراوانی برای دولت‌ها به همراه می‌آورد. لذا نیاز به یک چشمه نوری پربازده و جدید احساس می‌شود. در سال ۱۹۰۹ میلادی، زمانی که لامپ نوری التهابی تنگستنی برای اولین بار به طور تجاری معرفی شد، این لامپ، تنها بازده‌ای برابر با ۱۰lm/w داشت. سی سال طول کشید تا اولین لامپ نوری با فیلمان کربنی ادیسون در سال ۱۸۷۹ میلادی به این سطح از بازده برای لامپ التهابی تنگستنی برسد. به مدت یک قرن لامپ نوری التهابی یکی از چشمه-

های نوری اصلی به شمار می‌آمد. امروزه بازده لامپ‌های نوری التهابی حدود lm/w ۲۰ است که این بازده دو برابر بازده‌ای است که صد سال پیش بدست آمده است. بنابراین مشاهده می‌کنیم که پیشرفت اندکی در کل این قرن در مورد این لامپ‌ها صورت گرفته است.

برای چشمه‌های گسیلنده دیودی نیز به طور تصادفی حدود سی سال به طول انجامید تا این چشمه‌ها از زمان تولید اولین دیود گسیلنده نوری در سال ۱۹۶۰ میلادی به درخششی برابر باlm/w ۱۰ برسند. با این حال دستیابی به چشمه-های گسیلنده نوری دیودی آبی و سفید درخشش بالا بر پایه‌ی نیم‌رسانای گالیم نیترید توسط دانشمندان در سال ۱۹۹۵میلادی، فصل جدیدی در تاریخ توسعه چشمه‌های نوری بنا گذاشت. به دنبال این پیشرفت‌ها، علاقه و تلاش به تحقیقات در این زمینه و تجاری‌سازی این فن‌آوری بسیار گسترش یافته است. امروزه بازده یک LED حدود۲۰۰ lm/w در آزمایشگاه بدست آمده است که این تقریبا″ ۲۰ برابر بازده اولیه برای LED هاست. در این سطح از بازده، ما می‌توانیم با اطمینان بیان کنیم که دو چالش مطرح شده برای چشمه های نوری حل شده است و انتظار داریم چشمه های نوری LED با بازده بالا در سرتاسر این جهان تولید نور کنند [۱].

۱-۲ پیشرفت‌های اساسی در گسترش چشمه‌های نوری

لامپ نوری التهابی توسط توماس ادیسون در پایان قرن نوزدهم کشف شد. این اولین باری بود که روشنایی الکتریکی در تاریخ زندگی انسان معرفی شد .چشمه‌های نوری همدوس بویژه لیزرهای نیمه رسانا پس از میانه قرن بیستم اختراع شد. این اولین باری بود که یک چشمه‌ی نوری با خواص همدوس گسترش یافته بود.

دیودهای گسیلنده نوری گالیم نیتریدی سبز-آبی با درخشش بالا در پایان قرن بیستم گسترش یافت و به دنبال آن چشمه‌های نوری حالت جامد سفید بر پایه نیم‌رساناها با درخشش بالا تولید شد. این اولین باری بود که یک گستره جدیدی از چشمه‌های نوری با بازده بالا ارائه شد.

تمام این عوامل منجر به پیشرفت های قابل ملاحظه ای در صنایع مختلف نظیر الکترونیک، اپتو الکترونیک و علوم مواد شد و در واقع نوع زندگی، کار و ارتباطات انسانی را تغییر داد. برای مثال اختراع لامپ های نوری التهابی نه تنها جهان را برای اولین بار در تاریخ زندگی انسان روشن کرد، بلکه همچنین بازار عمده‌ای برای فن‌آوری الکتریسیته بوجود آورد [۲].

اختراع لیزرها بخصوص لیزرهای نیمه رسانا نکته کلیدی مورد استفاده در ارتباطات نوری فیبری مدرن می‌باشند، سیستم های اپتوالکترونیکی دیجیتال نظیر DVD، CD و پرینترهای لیزری نیز مدیون چنین فناوری می‌باشد. گسترش در چنین فناوری هایی ما را با اینترنت آشنا کرد و اساسا" صنعت الکترونیک، زندگی انسانی را تحت شعاع خود قرار داد.

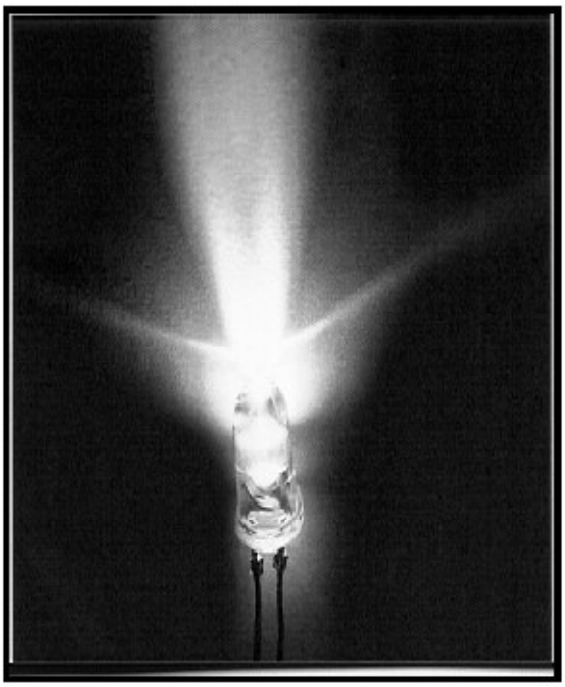
اختراع دیودهای گسیلنده نور سفید با درخشش بالا که هنوز نیز در مرحله پیشرفت می‌باشند، امروزه در صفحه نمایشگرهای LCD، چشمه‌های نوری برای اتومبیل‌ها و موارد دیگر مورد استفاده قرار می گیرند.

این چشمه‌های نوری پربازده برای ذخیره‌سازی مقدار زیادی از انرژی، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و خلاصه فراهم‌سازی محیطی تمیزتر، ارائه شده‌اند. علاوه بر این یک چنین چشمه نوری امکان فراهم سازی نور برای تمام جمعیت انسانی که در تاریک‌ترین مکان‌ها زندگی می کنند را ایجاد می کند [۳].

۱- ۳ دیودهای نورافشان یا LED

LED مخفف واژه‌ی Light Emitted Diode به معنای دیود نورافشان است. موقعی که LEDها در اواخر دهه شصت میلادی اختراع شدند، توان خروجی آنها آنقدر پایین بود که از آنها تنها به عنوان لامپهای آشکار ساز در صفحات نمایشگر استفاده می‌شد. بعد از تقریبا" سی سال از اختراع LED اولیه، یعنی اواسط دهه نود، بازده بیشتر وسایل LED هنوز خیلی پایین بود. برای مثال LED گالیم فسفاید در طول موج 555nm دارای بازده کوانتومی خارجی ۰/.۷ ٪ بود و LED کربید سیلیسیوم در طول موج 470nm حدود۰/۰۲ ٪ بود. به دلیل فقدان توان و بازده بالا، کاربرد اساسی برای LEDها کماکان مربوط به نور آشکار ساز در صفحات نمایشگر می‌شد. همچنین فقدان یک LED توان بالا در رنگ آبی و سبز، استفاده آن را در کاربردهای تمام رنگی از بین می‌برد [۴].

در سال ۱۹۹۳ موقعی که اولین LED گالیم نیتریدی آبی با درخشش بالا توسط شرکت نیچیا تجاری سازی شد، دو سال بعد اولین LED گالیم نیتریدی سبز با درخشش بالا نیز ساخته شد. در سال های بعد نیچیا توانست LED نور سفید با درخشش بالا را با تلفیق LED نور آبی با فسفر زرد توسعه دهد. از آن زمان به بعد تحقیقات در زمینه گسترش این گونه LEDها گسترش یافت و اساسا" نگرش به صنعت روشنایی تغییر کرد.



شکل ۱-۱: اولین دیود نورگسیل سفید بر پایه‌ی گالیم نیترید ساخته شده توسط ناکامورا در شرکت نیچیا [۵].

از آن زمان به بعد کاربرد LED های گالیم نیتریدی در تمام عرصه های صنعت به سرعت افزایش یافت. امروزه LED های توان بالا را به عنوان نور پس زمینه LCD ها، تلفن های همراه و همچنین چشمه های نوری سفیدمی توان مورد استفاه قرار داد. هدف دانشمندان دستیابی به چشمه های نوری دیودی با بازده ۲۰۰ lm/w می‌باشد [۵].

در سال ۱۹۹۵ بخش انرژی ایالات متحده ، کارگاهی تحت عنوان فناوری روشنایی های پیشرفته در ایالت واشینگتن برگزار کرد که در این کارگاه شرکت های عمده صنعت روشنایی نظیر GE، Philips، Osram شرکت کردند. هدف از برگزاری این کارگاه شناخت کامل موارد تحقیقاتی و توسعه‌ای در علم روشنایی برای تولید چشمه های نوری تجاری با بازده بالا بود. در آن زمان مشخص شد که روشنایی‌ها حدود ۲۰ درصد انرژی الکتریکی تولید شده در آمریکا را مصرف می‌کنند و بازده چشمه های نوری در آن موقع حدود ۲۵-۵ درصد بود. بعد از بحث و بررسی که میان هشتاد شرکت کننده که از مراکز صنعتی و دانشگاهی سراسر جهان در این کارگاه شرکت کرده بودند، مشخص شد که علی رغم تلاشهای تحقیقاتی وسیع در سه نوع چشمه نوری مهم التهابی، فلورسانسی و هالوژنی، پیشرفت قابل ملاحظه و عمده ای در سی سال گذشته رخ نداده است. در آن زمان مشخص شد که تنها منبع تولید نور که می‌تواند

جایگزین چشمه های نوری فعلی با بازده بالا شود، چشمه های نوری نیم رسانایی است. در آن کارگاه پیش بینی شد که روشنایی های LED تا سال ۲۰۰۰ به بازدهی حدود lm/w ۱۰ برسند و تا سال ۲۰۰۵ به بازدهی بیش از lm/w۱۰۰ و طول عمری بیش از صد هزار ساعت رسیده باشند [۶].

در نوامبر سال ۱۹۹۶ شرکت HP و Philips با همکاری یکدیگر برنامه ای برای گسترش روشنایی های بر پایه LED بنا گذاشتند.

تقریبا" در همان زمان کارهای مشابهی در کشور ژاپن نیز صورت گرفت. ناکامورا مقاله‌ای تحت عنوان " دیودهای گسیلنده سبز-آبی با ساختار چند تایی InGaN-AlGan با درخشش بالا " ارائه دادند. نتایج تحقیقات سریعا" منجر به ساخت LED های نور آبی در شرکت نیچیا شد. پس از آن ناکامورا و همکارانش LED گالیم نیتریدی نور آبی با فسفر YAG ترکیب کردند تا LED نور سفید با بازده lm/w ۱۰ تولید کنند. این موضوع به عنوان تولید جدیدی از LED درخشش بالا، سریعا" در صنعت روشنایی جلوه گر شد [۷].

دیودهای نورافشان در واقع جزء خانواده‌ها دیودها هستند که دیودها نیز زیرگروه نیمرسانا به شمار می‌آیند. خاصیتی که LEDها را از سایر نیمرساناها متمایز می‌سازد این است که با گذر جریان از آن‌ها مقداری انرژی به صورت نور از آن‌ها ساطع می‌شود. این دیود با لامپ‌های گداختی، که در آن‌ها نور بر اثر گرم کردن رشته‌ی لامپ تا دمای خیلی زیاد تولید می‌شود متفاوت است. LED، لامپ سردی است که انرژی الکتریکی را بدون مرحله‌ی واسطه‌ای تبدیل گرمایی، مستقیماً به انرژی نورانی تبدیل می‌کند. این سازوکار تابندگی، که الکترولومینسانس نامیده می‌شود، دارای طول موج گسیلی در ناحیه‌ی مرئی یا فروسرخ است. LED ها در ولتاژها و جریان‌های کم، نوعاً به ترتیب V ۱/۵ و mA ۱۰ کار می‌کنند؛ ساخت این لامپ‌ها در اندازه‌های بسیار کوچک امکانپذیر است، به طوریکه می‌توان آن‌ها را به عنوان چشمه‌های نقطه‌ای نور در نظر گرفت. این مشخصه‌ها، LED ها را برای نمایش‌های نوری جالب می‌سازند. علاوه بر این، طیف گسیلی LED ها نسبتاً باریک است، و آن‌ها را می‌توان در حدود ns ۱۰ قطع و وصل کرد. از این خواص می‌توان در مخابرات استفاده کرد [۸].