بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
إياك نعبد وإياك نستعين اهدنا الصراط المستقيم
صراط الذين أنعمت عليهم غير المغضوب عليهم ولا الضالين

١٠٢٢١٧

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

(گرایش حالت جامد)

پایان نامه کارشناسی ارشد

تاثیر شرایط اندایش بر روی خواص اپتیکی و ساختاری فیلم های نازک اکسید آلومینیوم

از:
فریانه فرهادی

۱۳۸۷ /۲/ ۲۱

استادان راهنما:
دکتر فرهاد اسمعیلی قدسی
دکتر سید محمد روضاتی

دفتر تحصیلات تکمیلی
دانشگاه گیلان

شهریور ۱۳۸۶

۱۰۲۲۱۷

تقدیم به رود های جاری زندگیم

مادر جان و پدر جان مهربان

و

مادر و پدر دلسوز و صبورم

که همواره لبهای دعاگو و چشمان نگرانشان

بدرقه راه من بوده و هست

تقدیم به فریبا و فرناد عزیزم

تقدیر و تشکر

سپاس بیکران ایزد منان را که در طلیعه دل آرای لطفش، هستی مان جان تازه یافت و خاطرمان بوی دوستی گرفت و شکر بی‌حد آن محبوب بنده نواز را سزاست که نسیم مهر دوستان را در خوان مصاحبت مان نهاد تا همواره مهمان الطاف بیدریغ ایشان باشیم، و ما در این رهگذر با توشه اندیشه صاحبان خرد و اساتید ارجمند ره پیمودیم. این تحقیق نیز از خوشه چینی در بادیه علم و دانش آن بزرگان فراهم آمده است که با قلم اخلاص سپاسگذار مهربانی آن عزیزان باشیم، و اینک سپاسگذار اساتید فرهیخته جناب آقای **دکتر فرهاد اسمعیلی قدسی** و جناب آقای **دکتر سید محمد روضاتی** می‌باشم که بی شک انجام این تحقیق جز با روشنای کلام و راهنمائیهای بزرگوارانه ایشان میسر نبود.

از اساتید ارجمند آقایان **دکتراسفندیار رجایی** و **دکتر حمید رحیم پور** جهت حضور در جلسه دفاع و قبول زحمت و مطالعه پایان نامه اینجانب و جناب **دکترسعید باطبی** نماینده تحصیلات تکمیلی تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از تمامی اساتید گروه فیزیک دانشگاه گیلان، که اینجانب افتخار شاگردی در کلاس تک تک این عزیزان را در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد داشته ام بسیار سپاسگذارم.

از اساتید گرامی گروه شیمی جناب آقای **دکتر علیرضا علی اکبر** و جناب آقای **دکتر مجید آروند** سپاسگزارم که راهنمایی ها و تجربیات این اساتید در پیشرفت کارهای اینجانب بسیار موثر بوده است.

از تمامی دوستان عزیزم خصوصاً خانم ها" بهناز قنبر مقدم، صدیقه پورحسینی، فاطمه وهابی، نفیسه معماریان، فاطمه عبدالهی، سارا پیشدادیان، سمیه مرادی، محبوبه ناصری شهری، آیه جوزایی، سیده مرسده نیک گهر، " وآقایان" رضا فاضلی، سید علی حزنی، رضا محمد زاده، مهدی بیدرنگ، ، جمال مظلوم، احسان منبری، سیامک گلشاهی ، حسین اکبری، " که همواره یار و همراه من بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. از دوستان عزیزم در آزمایشگاه گروه شیمی، خانم ها" فاطمه شهد کار، آزاده ابراهیمیان و آقای حسین گلمژده " کمال تشکر را دارم و از زحمات این عزیزان سپاسگزارم.

فریانه فرهادی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده فارسی	ش
چکیده انگلیسی	ص
مقدمه	۱
فصل اول: روش های مختلف لایه نشانی	
۱-۱- لایه نازک (**Thin Film**)	٤
۱-۲- طبقه بندی لایه ها	٤
۱-۲-۱- تقسیم بندی لایه ها بر حسب ضخامت	٤
۱-۲-۲- تقسیم بندی لایه ها بر حسب خواص الکتریکی	٥
۱-۳- تکنولوژی لایه های نازک	٥
۱-٤- روش های مختلف ساخت لایه نازک	٦
۱-٤-۱- انباشت فیزیکی بخار(PVD)	۷
۱-٤-۱-۱- روش تبخیر حرارتی	۸
۱-٤-۱-۲- روش کند و پاش	۹
۱-٤-۲- رونشانی به کمک باریکه مولکولی(**MBE**)	۱۰
۱-٤-۳- انباشت توسط پالس لیزری(**PLD**)	۱۱
۱-٤-٤- انباشت شیمیایی بخار(**CVD**)	۱۱
۱-٤-٥- لایه نشانی به روش اسپری پایرولیزز(**SP**)	۱۲
فصل دوم: تکنیک های مختلف لایه نشانی به روش سل – ژل	
۲-۱- تهیه اکسید های فلزی به شکل محلول یا ژل	۱٥
۲-۲- مکانیزم های کلی در روش فلزات آلی	۱٥
۲-۳- مراحل بعدی پس از تشکیل محصولات سل – ژل	۱۹
۲-٤- مزیت ها، محدودیت ها و کاربرد های فرایند سل – ژل	۲۲
۲-٥- پوششها و لایه های نازک	۲٤
۲-٥-۱- غوطه ور سازی	۲٤
۲-٥-۲- پایین آوری	۲٤
۲-٥-۳- چرخاندن	۲٤
۲-٥-٤- افشانه	۲٥
۲-٦- ایجاد پوششهای لایه ای به روش غوطه ور سازی(**Dipping**)	۲٦
۲-٦-۱- اصول کلی	۲٦
۲-٦-۲- سیال های خالص و دو تایی	۲۹

۲-٦-۳- تاثیر فازهای متراکم شده ۳۱
۲-٦-٤- مراحل خشک سازی ۳۱
۲-٦-٥- بررسی تغییر شکل ۳۲
۲-٦-٦- استرس خشکسازی و ایجاد ترک ۳۳
۲-٦-۷- کنترل ساختار میکرونی ۳۳
۲-۷- ایجاد پوشش به روش چرخشی(Spinning) ۳٤
۲-۷-۱- پوشش ۳٤
۲-۷-۲- سرعت چرخش ۳٦
۲-۷-۳- شتابدهی ۳٦
۲-۷-٤- تبخیر و خروج بخارها ۳۷
۲-۷-٥- نمودار های تغییرات و مسیر های معین فرایند ۳۸
۲-۷-٦- حرکت سیال و ضخامت لایه در روش چرخشی ۳۹
۲-۸- روش افشانه ای(Spraying) ٤۱
۲-۸-۱- پیوند میان پوشش و زیر لایه ٤۲
۲-۸-۲- ساختار پوششی ٤۲
۲-۸-۳- تنش ٤۳
۲-۸-٤- مقایسه خواص ٤٤
۲-۸-٥- تخلخل ٤٥
۲-۸-٦- اکسیداسیون ٤٥
۲-۸-۷- بافت سطحی ٤٥
۲-۹- گرادیان های دمایی در پوششهای سل – ژل یا ترموفورز ٤٦
۲-۱۰- روش الکتروفورز ٤۸
۲-۱۰-۱- اثر عوامل الکتریکی ٤۹
۲-۱۰-۲- اثر سیستم های بافری و pH. ٥۰
۲-۱۰-۳- اثرات حرارت ٥۰

فصل سوم: خواص الکترونیکی و اپتیکی جامدات

۳-۱- ساختار الکترونی جامدات- نظریه نوار ٥۲
۳-۱-۱- ساختار نواری فلزات ٥۳
۳-۱-۲- ساختار نواری نارسانا ٥٤
۳-۱-۳- ساختار نواری نیم رساناها ٥٥
۳-۲- ساختار انرژی و تراز فرمی ٥۷
۳-۳- ضریب در آشامی و شکاف نواری ٥۸
۳-۳-۱- رسانش الکتریکی ٦۰
۳-٤- ساختار نواری جامدات غیر آلی ٦۱

۳-۵- خواص اپتیکی ٦٣
۳-۵-۱- امواج تخت تکفام در محیط های رسانا ٦٣
۳-٦- انعکاس و انتقال در مرز دو محیط ٦٤
۳-٦-۱- فرود عمودی روی مرز دو محیط نارسانا ٦٤
۳-٦-۲- فرود عمودی روی یک سطح جاذب یا رسانای نیمه نامتناهی ٦٥
۳-٦-۳- فرود عمودی روی یک لایه نازک ٦٦
۳-٦-٤- تعیین ثوابت اپتیکی و ضخامت لایه با استفده از روش چامبلیرون ٦٩
۳-۷- تکنیک های فیزیکی بررسی ساختاری جامدات ۷۳
۳-۷-۱- پراش پرتو ایکس(XRD) ۷٥
۳-۷-۲- میکروسکوپ الکترونی ۷۷
۳-۷-۳- اسپکتروسکوپی الکترونی ۷۹
۳-۷-٤- میکروسکوپ نیروی اتمی(AFM) ۸۰

فصل چهارم: روش های معمول تهیه لایه نازک Al_2O_3 و مقایسه خواص و کاربرد های مختلف آن

٤-۱- خواص و کاربردهای عمده Al_2O_3 ..... ۸۳
٤-۲- مطالعه خواص لایه های نازک اکسید آلومینیوم ۸٦
٤-۳- مطالعه سطحی و ساختاری ۸۷
٤-٤-خواص نوری ۸۹
٤-٥- بررسی نتایج حاصل از روشهای ذکر شده ۹۲
٤-٦- ضریب جذب($\alpha(cm^{-1})$ و شکاف باندی E_g (ev) ۹۳
٤-۷- ضریب شکست n و ضریب تضعیف k ۹٥
٤-۸- نتایج کاربردی ۹۹
٤-۹- مطالعه خواص الکتریکی ۱۰۱
٤-۱۰- مقایسه خواص الکتریکی ۱۰٤
٤-۱۱- برخی کاربرد های الکتریکی لایه نازک اکسید آلومینیوم ۱۰۸
٤-۱۱-۱- استفاده از لایه نازک Al_2O_3 به عنوان لایه دی الکتریک دروازه در ترانزیستورهای لایه نازک(TFTS) ۱۰۸
٤-۱۱-۲- کاربرد لایه نازک Al_2O_3 در TFELD ۱۱۱
٤-۱۱-۳- کاربرد لایه نازک Al_2O_3 در ساخت سوئیچهای(RF-MEMS) ۱۱٥
٤-۱۱-۳-۱- نحوه استفاده از لایه نازک Al_2O_3 در سوئیچهای MEMS ۱۱٦

فصل پنجم: تهیه لایه نازک اکسید آلومینیوم به روش سل – ژل و تعیین خواص اپتیکی و ساختاری آن

۵-۱- روش های عملی ۱۱۹
۵-۱-۱- آماده سازی زیر لایه ۱۱۹
۵-۱-۲- تهیه سل ۱۲۰
۵-۱-۳- تهیه فیلم ۱۲۲
۵-۲- بحث و نتیجه گیری ۱۲٤
۵-۲-۱- تاثیر تغییرات سرعت لایه نشانی برروی خواص اپتیکی فیلم های تهیه شده به روش غوطه وری ۱۲٦
۵-۲-۲- تاثیر تعداد دفعات غوطه وری بر روی خواص اپتیکی فیلم های تهیه شده به روش غوطه وری ۱۳۰
۵-۲-۳-تاثیر دمای بازپخت بر روی خواص اپتیکی فیلم های تهیه شده به روش غوطه وری ۱۳۳
۵-۲-٤- تاثیردمای بازپخت بر روی خواص ساختاری فیلم های تهیه شده به روش غوطه وری ۱۳۷
۵-۲-۵- تاثیردمای بازپخت بر روی خواص ساختاری پودرهای اکسید آلومینیوم ۱۳۹
۵-۲-٦- تاثیرمدت زمان بازپخت بر روی خواص ساختاری پودرهای اکسید آلومینیوم ۱٤۳
۵-۲-۷- تاثیر چسبندگی سل برروی خواص اپتیکی فیلم های تهیه شده در روش غوطه وری ۱٤۵
۵-۲-۸- تاثیر پارامتر سرعت چرخشی بر روی فیلم های ساخته شده به روش ترکیبی غوطه وری – چرخشی (غیر همزمان) بر روی خواص اپتیکی فیلم ها ۱۵۰
۵-۲-۹- تاثیر پارامتر سرعت چرخشی بر روی فیلم های ساخته شده به روش ترکیبی غوطه وری – چرخشی (غیر همزمان) بر روی خواص ساختاری فیلم ها ۱۵۳
۵-۲-۱۰- تاثیر پارامتر سرعت چرخشی بر روی فیلم های ساخته شده به روش ترکیبی غوطه وری – چرخشی (همزمان) بر روی خواص اپتیکی فیلم ها ۱۵۸
۵-۲-۱۱- تاثیر پارامتر سرعت چرخشی بر روی فیلم های ساخته شده به روش ترکیبی غوطه وری – چرخشی(همزمان) بر روی خواص ساختاری فیلم ها ۱٦۲
۵-۲-۱۲- بررسی خواص اپتیکی و ساختاری یک فیلم نازک اکسید آلومینیوم به روش غوطه وری سل – ژل ۱٦۷
۵-۳- بحث و نتیجه گیری ۱۷۳
۵-٤- پیشنهاداتی برای ادامه کار ۱۷٦
مراجع ۱۷۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل(۱-۱): نمایش شماتیک یک لایه نازک بر روی زیر لایه ٤
شکل(۱-۲): طبقه بندی لایه ها ٥
شکل(۱-۳): نمایش شماتیک مراحل تشکیل لایه ٦
شکل(۱-٤): طبقه بندی روش های مختلف ساخت لایه های نازک ۷
شکل(۱-٥): طرح شماتیکی از لایه نشانی به روش فیزیکی بخار ۸
شکل(۱-٦): طرحی از یک دستگاه تبخیر حرارتی ۹
شکل(۱-۷): طرحی از یک سیستم کندوپاش ۱۰
شکل (۱-۸): طرحی از یک سیستم لایه نشانی به روش پالس لیزری ۱۱
شکل (۱-۹): طرحی از یک سیستم انباشت شیمیایی بخار ۱۲
شکل(۱-۱۰): طرحی از یک دستگاه لایه نشانی به روش اسپری پایرولیزز ۱۳
شکل (۲– ۱): شکل گیری ژل پلیمری ۱۷
شکل (۲ – ۲): شکل گیری ژل کلوئیدی ۱۸
شکل (۲– ۳ الف)و شکل(۲-۳ ب): فرایند خشک سازی ۲۰
شکل (۲-٤) : ساختارهای ایجاد شده توسط سل- ژل ۲۲
شکل(۲ – ٥): کاربرد های تکنیک سل – ژل ۲۳
شکل(۲– ٦): نمایش مراحل چهار گانه اصلی شکل گیری فیلم به روش غوطه وری ۲٥
شکل(۲-۷): خلاصه‌ای از فرایند سل – ژل، تکنیکها و فراورده ها ۲٦
شکل(۲-۸): دستگاه غوطه وری سل – ژل در آزمایشگاه سل – ژل دانشگاه گیلان ۲۷
شکل(۲– ۹): الف) طرحی از فرایند غوطه ور سازی ب) جزئیات الگوهای شارش یا خطوط شارش در طول فرایند ۲۸
شکل(۲ –۱۰): جهت شارش در سیال مرکب الکل و آب ۳۰
شکل(۲ – ۱۱) : مراحل اصلی فرایند چرخشی، (الف) مرحله پخش، (ب) مرحله شتاب دهی، (ج) مرحله چرخش، (د) مرحله خشک سازی، (ی) مرحله خاموش سازی ۳٦
شکل(۲– ۱۲): نمایی از یک محفظه بسته سیستم پوشش چرخش با تخلیه بخار ۳۸
شکل(۲-۱۳): تاثیر زمان و سرعت چرخش بر روی ضخامت لایه ها تهیه شده با پوشش چرخش ۳۸
شکل (۲-۱٤): تاثیر تخلیه بخارات ایجاد شده از محیط برروی ضخامت و یکنواختی لایه تهیه شده با پوشش چرخش ۳۹
شکل(۲-۱٥) : شمایی از ذره کروی که روی یک سطح تخت به روش افشانه ای نشانده شده است ٤۱
شکل(۲-۱٦): ساختار میکرونی یک پوشش افشانه ای فلزی.ساختار لایه ای شامل منافذ و ذرات اکسیدی است ٤۱
شکل(۲ – ۱۷): طرح شماتیک از سیستم الکترو فورز ٤۸
شکل(۳-۱): انرژی حالات مرکب بر حسب فاصله درون هسته های اتمها ٥۲
شکل(۳-۲): نمایش سطوح انرژی ٥۳
شکل(۳ –۳): چگالی حالات برای انرژی های مختلف ٥۳
شکل(۳ –٤): موقعیت تراز فرمی در فلزات ٥۳
شکل(۳ – ٥): ساختار نواری یک فلز ٥٤
شکل (۳ – ٦): ساختار الماس ٥٤

شکل(۳– ۷): مکانیزم رسانش در یک نیمه هادی..... ۵۵
شکل (۳–۸): موقعیت تراز فرمی در یک نیمه هادی ذاتی..... ۵۷
شکل(۳–۹): الف) موقعیت تراز فرمی در یک نیمه هادی نوعn ، ب) موقعیت تراز فرمی در یک نیمه هادی نوع p..... ۵۸
شکل(۳–۱۰): نمودار $[\alpha h\nu]^{\frac{1}{n}}$ بر حسب $h\nu$ ۵۹
شکل(۳–۱۱): نمودارEg بر حسب k برای نیمه هادی ها در دو حالت شکاف مستقیم و غیر مستقیم . قسمتهای هاشور خورده نشاندهنده حالاتی که توسط الکترون اشغال شده و نواحی سفید، حالات خالی را نشان می دهند ۶۰
شکل(۳– ۱۲): هدایت الکتریکی برخی جامدات غیر آلی بر حسب دما..... ۶۱
شکل(۳–۱۳): طرح شماتیکی از فصل مشترک بین محیط رسانا و نارسانا..... ۶۶
شکل(۳–۱٤): نمودار طیف تراگسیل ، ضریب شکست و ضریب جذب یک نمونه در مرحله اول..... ۷۱
شکل (۳–۱۵): نمودار طیف تراگسیل ، ضریب شکست و ضریب جذب یک نمونه در مرحله دوم..... ۷۲
شکل (۳–۱٦): نمودار طیف تراگسیل ، ضریب شکست و ضریب جذب یک نمونه در مرحله سوم..... ۷۳
شکل(۳ –۱۷): نمایی کلی از طرح پراش ایکس..... ۷٦
شکل(۳ – ۱۸): نمایی از صفحات براگ..... ۷٦
شکل (۳ – ۱۹): تصویر حاصل از پراش اشعه ایکس..... ۷٦
شکل(۳–۲۰): محدوده کارآیی تکنیک های مختلف برای مشاهده دقیق جامدات..... ۷۷
شکل(۳ – ۲۱): نمونه ای از تصویر TEM از کلوئید سیلیکون..... ۷۷
شکل(۳ –۲۲): نمونه ای از یک طیف XPS از اتم Cr درKCr_3O_8..... ۸۰
شکل(۳–۲۳): طرح شماتیکی از یک دستگاه میکروسکوپ نیروی اتمی..... ۸۰
شکل(۳–۲٤): دو هندسه معمول برای اهرم ها..... ۸۱
شکل(٤–۱):الف: شکل مولکولی ب: شکل ظاهری اکسید آلومینیوم..... ۸۳
شکل(٤–۲): کاربردهای این اکسید در انواع مختلف اجزای شیرآلات..... ۸۵
شکل(٤–۳): استفاده به منظور افزایش مقاومت سایش سطحی نظیر پره های توربین ها..... ۸۵
شکل(٤–٤): نقش پراش اشعه ایکس حاصل از پودر Al2O3 در دماهای مختلف که از روش غوطه وری سل – زل تهیه شد... ۸۸
شکل(٤–۵): تصویر AFM از سطح فیلم اکسید آلومینیوم تهیه شده به روش غوطه وری سل – ژل غیر حرارت داده شده.... ۸۸
شکل (٤–٦): تصویر AFMاز سطح فیلم اکسید آلومینیوم تهیه شده به روش کند و پاش مگنترون ، در سه مقیاس مختلف (a ،۱۰۰nm×۱۰۰nm (b ،$5\mu m\times5\mu m$ (c ،$10\mu m\times10\mu m$ ۸۹
شکل(٤–۷): طیف تراگسیل فیلم های اکسید آلومینیوم لایه نشانی به روش اسپری پایرولیزز(a,b,c) و تبخیر باریکه الکترونی (d). فیلم لایه نشانی شده بر روی زیر لایه کوارتز: (a): حرارت $^{\circ}C$ ۲۵۰ (۰/۲ M)، (b): حرارت $^{\circ}C$ ۳۵۰(۰/۲M) ، (C): حرارت $^{\circ}C$ ۲۵۰ (۰/۱M)،(d): فیلم تهیه شده به روش تبخیر باریکه الکترونی بر روی زیرلایه با حرارت محیط..... ۹۲
شکل(٤–۸): طیف تراگسیل و انعکاس فیلم اکسید آلومینیوم با ضخامت ۱۰٦ nm بر روی زیر لایه کوارتز..... ۹۳
شکل(٤–۹): نمودار ($[\alpha h\upsilon]2$) بر حسب $E=h\nu$ برای فیلم های تهیه شده به روش اسپری پایرولیزز و تبخیر باریکه الکترونی. (a): ضخامت فیلم ۱۱۵nm (۰/۲M)، (b): ضخامت فیلم ۱۳۱/۷nm(۰/۲M)، (c): ضخامت فیلم ۸۲/٤nm (۰/۱M)، (d): فیلم تهیه شده به روش تبخیر باریکه الکترونی..... ۹٤
شکل(٤–۱۰): ضریب شکست بر حسب طول موج برای فیلم تهیه شده به روش تبخیر باریکه الکترونی در دمای $^{\circ}C$ ٦۵..... ۹٦

شکل(٤-١١): رفتار پراکنش ضریب شکست و ضریب خاموشی در ضخامت۱۰٦ nm ۹۷
شکل(٤-١٢): پراکندگی ضرایب شکست لایه های اکسید آلومینیوم حاصل از روش غوطه وری، Al-1 یک لایه درست پس از انباشت، Al-2 دو لایه به همراه اعمال دو مرحله گرمسازی، Al-3 سه لایه به همراه اعمال سه مرحله گرمسازی..... ۹۸
شکل(٤-١٣): تهیه سطوح میکروساختار از روش سل – ژل..... ۹۹
شکل (٤-١٤): طرح شماتیکی از یک ساختار MOS..... ۱۰۲
شکل(٤-١٥): نمودار c-v و چگالی جریان بر حسب میدان الکتریکی برای فیلم حاصل از اسپری پایرولیززبا ضخامت ۱۳۰ نانومتر..... ۱۰۳
شکل(٤-١٦): نمودار c-v و چگالی جریان بر حسب میدان الکتریکی برای فیلم حاصل از تبخیر باریکه الکترونی با ضخامت۲۵۰ نانومتر..... ۱۰٤
شکل (٤-١٧): ساختار کلی یک TFTرا نمایش می دهد..... ۱۰۸
شکل(٤-١٨): سطح مقطع یک ترانزیستور تاثیر میدانی N..... ۱۰۹
شکل (٤-١٩): ترانزیستور تاثیر میدانی نوع N..... ۱۰۹
شکل(٤-٢٠): نمودارهای IV و جریان های نشتی دروازه ای مربوط به ترانزیستورهای لایه نازک poly-SiGe..... ۱۱۰
شکل(٤-٢١): نمونه ای از استفاده های ابزار ELبرای روشن سازی صفحات اطلاعات دهنده ماشین..... ۱۱۱
شکل(٤-٢٢): نمونه ای از یک لامپ EL..... ۱۱۲
شکل(٤-٢٣): ساختار یک نمایشگر الکترولومینسنت..... ۱۱۲
شکل(٤-٢٤): طرح شماتیکی از یک TFEL که در آن از دی الکتریک Al2O3 استفاده شده است..... ۱۱۳
شکل(٤-٢٥): لایه نشانی اکسید آلومینیوم به وسیله فرایند سل – ژل..... ۱۱۳
شکل(٤-٢٦): طیف تراگسیل برای لایه اکسید آلومینیوم تهیه شده به روش سل – ژل بر روی زیر لایه شیشه ای ITO..... ۱۱٤
شکل(٤-٢٧): نمودار ظرفیت واحد سطح بر حسب فرکانس برای سه نمونه IE020، IT162، IT161..... ۱۱۵
شکل(٤-٢٨): تغییرات 1/c برحسب d/s برای یک لایه اکسید آلومینیوم تهیه شده به روش PLD..... ۱۱٦
شکل(٤-٢٩): طرح کلی یک سوئیچ ظرفیتی MEMS که شامل یک لایه اکسید آلومینیوم به ضخامت ٤۰۰nm به روش PLD ابعاد این سوئیچ $W = 120\ \mu m, \omega = 80\ \mu m, l = 300\ \mu m$ می باشد ۱۱۷
شکل(٥-١) : مراحل آماده سازی زیر لایه..... ۱۲۰
شکل(٥-٢): نمونه ای از سل های تهیه شده..... ۱۲۱
شکل(٥-٣) : نمودار چرخه ای تهیه سل برای فیلمهای اکسید آلومینیوم..... ۱۲۲
شکل(٥-٤): نحوه غوطه وری سازی زیر لایه در ظرف حاوی سل..... ۱۲۳
شکل(٥-٥): چگونگی خشک شدن لایه ها به وسیله IR..... ۱۲٤
شکل(٥- ٦): میکروسکوپ نیروی اتمی مدل DMA ۱۲٦
شکل(٥-٧): طیف تراگسیل تجربی و تئوری فیلم ها در سرعتهای ۸، ۱۱، ۱۵cm/min..... ۱۲۷
شکل(٥-٨)، نمودار تغییرات ضریب جذب فیلم های تهیه شده در سرعت های مختلف را نشان می‌دهد..... ۱۲۸
شکل(٥-٩): نمودار ضریب جذب فیلم ها در سر عت های ۸، ۱۱ و۱۵ cm/min..... ۱۲۹
شکل(٥-١٠): گاف نواری انرژی(Eg) برای فیلم ها در سر عت های ۸، ۱۱ و۱۵ cm/min..... ۱۳۰
شکل(٥-١١): نمودار طیف تراگسیل تجربی و تئوری فیلم ها با ۳،۵،۷ بار غوطه وری..... ۱۳۱
شکل(٥-١٢): نمودار ضریب شکست فیلم های اکسید آلومینیوم با ۳،۵،۷ بار غوطه وری..... ۱۳۲
شکل(٥-١٣): نمودار ضریب جذب فیلم های اکسید آلومینیوم با ۳،۵،۷ بار غوطه وری..... ۱۳۲

شکل(۵-۱٤): گاف نواری انرژی(Eg) برای لایه های اکسید آلومینیوم با ۷,۵,۳ بارلایه نشانی شده..... ۱۳۳
شکل(۵-۱۵): طیف تراگسیل تجربی و تئوری فیلم‌های حرارت داده شده در دماهای ۱۰۰،۲۰۰، ۳۰۰، ٤۰۰، $^{\circ}C$ ۵۰۰ به مدت ۱ساعت..... ۱۳۵
شکل(۵-۱٦): نمودار ضریب شکست فیلم ها در دماهای ۱۰۰،۲۰۰، ۳۰۰، ٤۰۰،$^{\circ}C$ ۵۰۰..... ۱۳۵
شکل(۵-۱۷): نمودار تغییرات ضریب جذب فیلمها در دماهای ۱۰۰،۲۰۰، ۳۰۰،٤۰۰، $^{\circ}C$ ۵۰۰..... ۱۳٦
شکل(۵-۱۸): گاف نواری انرژی فیلمها دردماهای ۲۰۰،۱۰۰، ۳۰۰، ٤۰۰،$^{\circ}C$ ۵۰۰..... ۱۳۷
شکل(۵-۱۹): نقش پراش پرتو ایکس فیلم اکسید آلومینیوم در دمای$^{\circ}C$ ۱۰۰ به مدت ۱ ساعت بازپخت شده است..... ۱۳۸
شکل(۵-۲۰): نقش پراش پرتو ایکس فیلم اکسید آلومینیوم در دمای$^{\circ}C$ ۲۰۰ به مدت ۱ ساعت بازپخت شده است..... ۱۳۸
شکل(۵-۲۱): نقش پراش پرتو ایکس فیلم اکسید آلومینیوم در دمای$^{\circ}C$ ۳۰۰ به مدت ۱ ساعت بازپخت شده است..... ۱۳۸
شکل(۵-۲۲): نقش پراش پرتو ایکس فیلم اکسید آلومینیوم در دمای$^{\circ}C$ ۳۵۰ به مدت ۱ ساعت بازپخت شده است..... ۱۳۸
شکل(۵-۲۳): نقش پراش پرتو ایکس فیلم اکسید آلومینیوم در دمای$^{\circ}C$ ٤۰۰ به مدت ۱ ساعت بازپخت شده است..... ۱۳۸
شکل(۵-۲٤): نقش پراش پرتو ایکس فیلم اکسید آلومینیوم در دمای$^{\circ}C$ ۵۰۰ به مدت ۱ ساعت بازپخت شده است..... ۱۳۸
شکل(۵-۲۵): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۲۰۰ به مدت ۱ساعت بازپخت شده است..... ۱۳۹
شکل(۵-۲٦): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۳۵۰ به مدت ۱ساعت بازپخت شده..... ۱۳۹
شکل(۵-۲۷): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۵۰۰ به مدت ۱ساعت بازپخت شده است..... ۱٤۰
شکل(۵-۲۸): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۷۰۰ به مدت ۱ساعت بازپخت شده است..... ۱٤۰
شکل(۵-۲۹): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۸۰۰ به مدت ۱ساعت بازپخت شده است..... ۱٤۱
شکل(۵-۳۰): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۹۰۰ به مدت ۱ساعت بازپخت شده ۱٤۱
شکل(۵-۳۱): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۱۰۰۰ به مدت ۱ساعت بازپخت شده است..... ۱٤۲
شکل(۵-۳۲): نقش پراش پرتو ایکس برای پودرهای اکسید آلومینیوم الف: در دمای$^{\circ}C$ ۱۰۰۰.ب: $^{\circ}C$ ۸۰۰ ..... ۱٤۲
شکل(۵-۳۳): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۹۵۰ به مدت ۱ ساعت بازپخت شده..... ۱٤۳
شکل(۵-۳٤): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای $^{\circ}C$ ۹۵۰ به مدت ۳ ساعت بازپخت شده..... ۱٤۳
شکل(۵-۳۵): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای$^{\circ}C$ ۹۵۰ به مدت ۵ ساعت بازپخت شده..... ۱٤٤
شکل(۵-۳٦): نقش پراش پرتو ایکس برای پودر اکسید آلومینیوم که در دمای$^{\circ}C$ ۹۵۰ به مدت ۱۰ ساعت بازپخت شده.... ۱٤٤
شکل(۵-۳۷): نقش پراش پرتو ایکس برای پودرهای اکسید آلومینیوم تهیه شده در دمای$^{\circ}C$ ۹۵۰ که به مدت الف:۱ساعت ب: ۳ ساعت ج: ۵ ساعت د: ۱۰ ساعت بازپخت شده اند..... ۱٤۵
شکل(۵-۳۸): طیف تراگسیل تجربی و تئوری فیلم ها..... ۱٤٦
شکل(۵-۳۹): نمودار تغییرات ویسکوزیته سل بر حسب روز..... ۱٤۷
شکل(۵-٤۰): نمودار تغییرات ضخامت فیلم بر اساس ویسکوزیته..... ۱٤۷
شکل(۵-٤۱): نمودار تغییرات ضریب شکست فیلم ها..... ۱٤۸
شکل(۵-٤۲): نمودار تغییرات ضریب جذب فیلم ها..... ۱٤۹
شکل(۵-٤۳): نمودار تغییرات گاف نواری انرژی فیلم ها..... ۱٤۹

شکل(۵-٤٤): طیف تراگسیل تئوری و تجربی فیلم های نازک در سرعت های چرخشی ۱۰۰۰و۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۱
شکل(۵-٤۵): نمودار ضریب شکست فیلم ها در سرعت های چرخشی ۱۰۰۰و۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۱
شکل(۵-٤٦): نمودار ضریب جذب فیلم ها در سرعت های چرخشی ۱۰۰۰و۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۲
شکل(۵-٤۷): نمودار گاف نواری انرژی فیلم ها در سرعت های چرخشی ۱۰۰۰و۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۳
شکل(۵-٤۸): نتایجAFM لایه ها با مقیاس ۱۰ میکرومتر با الف: سرعت چرخشی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه ب: سرعت چرخشی ۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۳
شکل(۵-٤۹): تصاویر توپوگرافی سه بعدی از لایه های تهیه شده در مقیاس ۱۰ میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۰۰۰ دور بر دقیقه. ب: ۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۵
شکل(۵-۵۰): تصاویرAFM برای لایه ها در مقیاس ۵ میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۰۰۰ دور بر دقیقه ب: ۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵٦
شکل(۵-۵۱): تصاویر توپوگرافی سه بعدی از لایه های تهیه شده در مقیاس ۵ میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۰۰۰ دور بر دقیقه. ب: ۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۷
شکل(۵-۵۲): تصاویر حاصل از تغییرات فازی از سطح فیلم ها در مقیاس ۱۰میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۰۰۰ دور بر دقیقه. ب: ۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۷
شکل(۵-۵۳): تصاویر حاصل از تغییرات فازی از سطح فیلم ها در مقیاس ۵ میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۰۰۰ دور بر دقیقه. ب: ۵۰۰ دور بر دقیقه..... ۱۵۸
شکل(۵-۵٤): طیف تراگسیل تئوری و تجربی فیلم های نازک در سرعت های چرخشی ۱۱۲و۲۲٤ دور بر دقیقه..... ۱۵۹
شکل(۵-۵۵): نمودار ضریب شکست فیلم در سرعت چرخشی ۱۱۲دور بر دقیقه..... ۱٦۰
شکل(۵-۵٦): نمودار ضریب جذب فیلم در سرعت چرخشی ۱۱۲دور بر دقیقه..... ۱٦۱
شکل(۵-۵۷): نمودار گاف نواری انرژی فیلم در سرعت چرخشی ۱۱۲ دور بر دقیقه..... ۱٦۱
شکل(۵-۵۸): نتایجAFM لایه ها با مقیاس ۱۰ میکرومتر با الف: سرعت چرخشی ۱۱۲ دور بر دقیقه ب: سرعت چرخشی ۲۲٤ دور بر دقیقه..... ۱٦۲
شکل(۵-۵۹): تصاویر توپوگرافی سه بعدی از لایه های تهیه شده در مقیاس ۱۰ میکرومتر با سرعت های چرخشی الف:۱۱۲ دور بر دقیقه. ب: ۲۲٤ دور بر دقیقه. ۱٦٤
شکل(۵-٦۰): تصاویرAFM برای لایه ها در مقیاس ۵میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۱۲ دور بر دقیقه ب: ۲۲٤ دور بر دقیقه..... ۱٦٤
شکل(۵-٦۱): تصاویر توپوگرافی سه بعدی از لایه های تهیه شده در مقیاس ۵ میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۱۲ دور بر دقیقه. ب: ۲۲٤ دور بر دقیقه..... ۱٦۵
شکل(۵-٦۲): تصاویر حاصل از تغییرات فازی از سطح فیلم ها در مقیاس ۱۰میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۱۲ دور بر دقیقه. ب: ۲۲٤ دور بر دقیقه ۱٦٦
شکل(۵-٦۳): تصاویر حاصل از تغییرات فازی از سطح فیلم ها در مقیاس ۵ میکرومتر با سرعت های چرخشی الف: ۱۱۲ دور بر دقیقه. ب: ۲۲٤ دور بر دقیقه ۱٦٦
شکل(۵-٦٤): طیف تراگسیل تئوری و تجربی فیلم نازک در اکسیدآلومینیوم با ۵ بار غوطه وری..... ۱٦۷
شکل(۵-٦۵): نمودار ضریب شکست فیلم نازک اکسیدآلومینیوم با ۵ بار غوطه وری..... ۱٦۸
شکل(۵-٦٦): نمودار ضریب جذب فیلم نازک اکسیدآلومینیوم با ۵ بار غوطه وری..... ۱٦۸
شکل(۵-٦۷): نمودار گاف نواری انرژی فیلم نازک اکسیدآلومینیوم با ۵ بار غوطه وری..... ۱٦۹

شکل(۵-۶۸): نتایجAFM برای فیلم نازک اکسید آلومینیوم تهیه شده به روش غوطه وری با سرعت لایه نشانی۱۱ cm/min ۱۶۹
الف: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر. ب: بزرگنمایی ۵ میکرومتر ج: بزرگنمایی۲۰ میکرومتر.....
شکل(۵-۶۹): تصاویر توپوگرافی سه بعدی از فیلم تهیه شده به روش غوطه وری با سرعت لایه نشانی۱۱ cm/min ۱۷۱
الف: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر. ب: بزرگنمایی ۵ میکرومتر ج: بزرگنمایی ۲۰ میکرومتر .....
شکل(۵-۷۰): تصاویر حاصل از تغییرات فازی از سطح فیلم لایه نشانی شده با سرعت لایه نشانی۱۱ cm/min ۱۷۲
الف: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر. ب: بزرگنمایی ۵ میکرومتر ج: بزرگنمایی ۲۰ میکرومتر .....

جدول | فهرست جداول | صفحه

جدول(۲-۱): مقایسه برخی خصوصیات لایه های نازک و حالت حجیم آنها ٤٤

جدول(۲-۲): مثالی از شرایط ترموفورز ٤٧

جدول(۳-۱): شکاف نواری برای عناصر گروه چهارم ٥٦

جدول (۳ – ۲) : حدود مقادیر رسانش الکتریکی(σ) ٦٠

جدول(۳-۳): نوار ممنوعه تعدادی از جامدهای غیر آلی ٦٢

جدول(۳-٤): خصوصیات جامدات و تکنیک های مربوط به آنها ٧٥

جدول (٤-۱): مشخصات و خصوصیات کلی اکسید آلومینیوم ٨٣

جدول(٤-۲): برخی کاربردهای اکسید آلومینیوم در بخش سرامیک ها ٨٦

جدول(٤-۳): شرایط آزمایشگاهی در روش اسپری پایرولیزز ٩٠

جدول(٤– ٤): شرایط آزمایشگاهی در روش تبخیر باریکه الکترونی ٩٠

جدول(٤– ٥) : شرایط آزمایشگاهی در روش لایه نشانی به روش چرخشی سل – ژل ٩١

جدول (٤– ٦) : شرایط آزمایشگاهی در روش لایه نشانی سل – ژل به روش غوطه وری ٩١

جدول(٤-۷): مقایسه ای از ضریب جذب مربوط به فیلم های اکسید آلومینیوم ٩٤

جدول(٤-۸): مقادیر E_g برای لایه های حاصل از چهار روش ذکر شده ٩٥

جدول(٤-۹): ضریب تضعیف لایه های تولید شده به روش های مختلف ٩٦

جدول (٤-۱۰): ضریب شکست لایه با ضخامت ٥٠٠nm به روش های مختلف ٩٧

جدول(٤-۱۱): مقایسه ضخامت(d)، انرژی پراکندگی(E_d)، انرژی گاف نواری مستقیم(E_g) فیلم های تهیه شده با روش سل- ژل ٩٨

جدول(٤-۱۲) : مربوط به لایه اکسید آلومینیوم تهیه شده به روش کندو پاش مگنترون ١٠٥

جدول(٤-۱۳): مقادیر میدان شکست الکتریکی و ضخامت و ثابت دی الکتریک برای روش های لایه نشانی مختلف ١٠٦

جدول (٤– ١٤): مقایسه بین خواص الکترونیکی دو ترانزیستور لایه نازک که از لایه های دی الکتریک SiO_2, Al_2O_3 ساخته شده اند ١١١

جدول(٥-۱): خواص اپتیکی فیلم های اکسید آلومینیوم تهیه شده در سرعت های متغییر ١٢٧

جدول(٥-۲): خواص اپتیکی فیلم های اکسید آلومینیوم تهیه شده با تعداد دفعات غوطه وری۳،٥،۷ بار ١٣٠

جدول(٥-۳): خواص اپتیکی فیلم های‌حرارت داده شده در دماهای۱۰۰،۲۰۰،۳۰۰،٤۰۰، ^{o}C ٥۰۰ به مدت ۱ ساعت ١٣٤

جدول(٥-٤): خواص اپتیکی فیلم های‌اکسید آلومینیوم تهیه شده با ویسکوزیته های متغییر ١٤٦

جدول(٥-٥): خواص اپتیکی فیلم های اکسید آلومینیوم تهیه شده در سرعت های چرخشی متغییر ١٥٠

جدول(٥-٦): مقادیر حائز اهمیت پارامترهای سطح لایه ها در مقیاس ۱۰ میکرومتر ١٥٥

جدول(٥-۷): مقادیر حائز اهمیت پارامترهای سطح لایه ها در مقیاس ٥ میکرومتر ١٥٦

جدول(٥-۸): خواص اپتیکی فیلم اکسید آلومینیوم تهیه شده در سرعت ۱۱۲ دور بر دقیقه ١٥٩

جدول(٥-۹): مقادیر حائز اهمیت پارامترهای سطح لایه ها در مقیاس ۱۰ میکرومتر ١٦٣

جدول(٥-۱۰): مقادیر حائز اهمیت پارامترهای سطح لایه ها در مقیاس ٥ میکرومتر ١٦٥

جدول(۵-۱۱): خواص اپتیکی یک نمونه فیلم اکسید آلومینیوم تهیه شده به روش غوطه وری..... ۱۶۷
جدول(۵-۱۲): مقادیر حائز اهمیت پارامترهای سطح لایه در ابعاد متفاوت..... ۱۷۱

چکیده

عنوان: تاثیر شرایط اندایش بر روی خواص اپتیکی و ساختاری فیلم های نازک اکسید آلومینیوم

فریانه فرهادی

در این تحقیق لایه‌های اکسید آلومینیوم با استفاده از پیش مادهAluminum tri-sek-butylat به روش های غوطه وری و ترکیبی غوطه وری- چرخشی سل – ژل بر روی زیر لایه های شیشه ای تهیه شده اند. تاثیر متغیرهای مختلف آزمایشی بر روی خواص اپتیکی و ساختاری لایه‌های تهیه شده به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته است. تاثیر پارامترهایی نظیر تعداد دفعات غوطه وری، سرعت لایه نشانی، دمای عملیات بازپخت و ایجینگ سل در روش غوطه وری و تاثیر پارامتر سرعت چرخش در روش ترکیبی غوطه وری – چرخشی به دو صورت همزمان و غیر همزمان مطالعه شده است. ثابت های اپتیکی لایه‌ها به کمک داده های حاصل از طیف تراگسیل تجربی و با استفاده از روش بهینه سازی نامقید صورت گرفت. مشاهده می‌شود که با افزایش تعداد دفعات غوطه وری و افزایش سرعت لایه نشانی به ضخامت لایه‌ها، افزوده شده و ضریب شکست و ضریب جذب لایه‌ها نیز افزایش می یابد. همچنین تغییرات چندانی در گاف نواری انرژی مشاهده نمی شود. با تغییرات دمای عملیات گرمایش علاوه بر تغییرات ضریب شکست و ضریب جذب، گاف نواری انرژی نیز تغییر می کند. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش ویسکوزیته سل، ضخامت، ضریب شکست و ضریب جذب لایه‌ها نیز افزایش می‌یابد. ریزساختار و مورفولوژی لایه‌ها به ترتیب به کمک آنالیزهای پراش پرتو ایکس(XRD)، و میکروسکوپ نیروی اتمی(AFM)، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج XRD نشان میدهد که لایه‌های تهیه شده تحت این شرایط تا دمای $^{\circ}C$ ۵۰۰ همگی ساختاری آمورف دارند ولی در نتایج پراش پرتو ایکس حاصل از پودر های بازپخت شده در دماهای $^{\circ}C$ ۸۰۰ و$^{\circ}C$۱۰۰۰، به ترتیب فازهای کریستالیγ-Al_2O_3 و α-Al_2O_3 ظاهرمی شوند. تصاویر AFM نشان می دهد که لایه‌های ساخته شده به روش ترکیبی غوطه وری– چرخشی غیر همزمان ، نسبت به روش ترکیبی غوطه وری – چرخشی همزمان همگنی و یکنواخت تر می باشند.

کلید واژه ها: لایه نازک، اکسید آلومینیوم، سل – ژل، ثابت های اپتیکی، دمای بازپخت، پراش پرتو ایکس، روش بهینه سازی ، خواص ساختاری.

Abstract

Title: The effect of deposition condition on the optical and structural properties of Aluminum Oxide thin films.

Faryaneh Farhadi

In this investigation, Al_2O_3 films has prepared using (Aluminum tri-sec-butylat) precursor on the glass substrates by two methods: sol- gel dip coating and sol- gel dip- spin coating. The effect of various experimental parameters on the optical and structural properties of the prepared films has been investigated completely. The effects of some parameters such as number of dipping, withdrawal (pulling out) speed , annealing temperature, and viscosity of the sol in dipping method and the spin speed in synchronous and asynchronous dip- spin coating methods have been studied.

Optical constants of the films were determined by data evaluated by means measured transmission spectra and using unconstrained optimization method. It was seen that the thickness, refractive index and absorption coefficient of the film are increased by increasing the number of dipping and deposition rate, with no considerable variations in the band gap energy. By changing the annealing temperature, the refractive index, absorption coefficient are changed and energy band gap.

Also, it was seen that by increasing viscosity of the sol, the film thickness, reflective index and absorption coefficient were increased. Microstructure and surface morphology of the films were studied using X-ray diffraction (XRD) and Atomic force microscope (AFM) analysis respectively. XRD results showed that prepared films had an amorphous structure up to 500 °C but in the XRD results of powder annealed at 800 and 1000 °C, crystalline γ-Al_2O_3 and α-Al_2O_3 phases were appeared respectively. AFM images showed that the films fabricated by asynchronous dip- spin coating method exhibited more homogeneity and uniformity in respect to the synchronous method.

Key words: Thin film, Aluminum Oxide, Sol-Gel, Optical constants, Annealing temperature, X-ray diffraction, Unconstrained Optimization Method, Structural Properties.

مقدمه

امروزه روشهای بسیار متنوعی برای ساخت انواع لایه های نازک وجود دارد از جمله آنها می توان بـه روشـهای فیزیکـی و شیمیایی متداول انباشت شیمیایی بخار (CVD)، انباشت فیزیکی بخار(PVD)، انباشت توسط پالس لیـزری(PLD) ، انباشـت لایه اتمی(ALD)، تبخیر باریکه الکترونی، اسپری پایرولیزز و سل – ژل اشاره نمود.

پوششهای لایه نازکی که از روش سل – ژل تهیه می شوند، کاربردهای فراوانی در زمینه های مختلف نظیر پوشـشهای نوری و حفاظتی، لایه های غیر فعال کننده، حسگرها، لایه هایی با ثابت دی الکتریک کم یا زیاد، لایه های نـوری غیـر خطـی، لایه های ابر رسانا پیدا کرده اند[۲،۱]. یکی از روشهای مناسب برای تولید این لایه نازک، روش سل – ژل مـی باشـد. دراین روش به کمک پیش ماده های مناسب(فلزات آلی و معدنی) محلول مـورد نظـر تهیـه شـده و از طریـق یکـی از روش هـای پوششی غوطه وری، چرخشی، افشانه و... بر روی زیر لایه ها، نشانده می شوند. در نهایت به منظـور تثبیـت لایـه هـای تهیـه شده، آنها تحت عملیات گرمایشی مناسب قرار میگیرند.

این روش دارای مزیت هایی است که آنرا برای تولید پوشش های حفاظتی روی انواع مختلف زیر لایه ها مناسب می سازد. از جمله این مشخصات می توان به همگنی بسیار خوب لایه های تهیه شده، امکان پوشش دهی ابعاد بزرگ و زیر لایه هایی با اشکال مختلف ، دمای پایین فرایند و آسان بودن کنترل ساختار میکرونی لایه ها اشاره کرد. پوشش های اکسیدی سل – ژل مقاومت بسیار بالایی در برابر گرما، اکسیداسیون ، اصطکاک و سایش از خود نشان می دهند و دارای خواص مکانیکی بسیار مطلوبی هستند[٤،٣].

لایه نازک اکسید آلومینیـوم یکـی از مـوادی اسـت کـه کاربردهـای اپتیکـی، الکتریکـی و محـافظتی برجـسته ای دارد. پوشش های لایه نازک Al_2O_3 که از روش سل – ژل تهیه شده اند، به طور گسترده ای در کاربردهـای مکـانیکی، اپتیکـی و میکروالکترونیکی مورد استفاده قرار گرفته اند و این امر به دلیـل خواصـی نظیـر مقاومـت شـیمیایی بـالا، قـدرت مکـانیکی و استحکام مناسب ، شفافیت بالا، مقاومت سایشی و خواص دی الکتریکی بسیار خوب می باشد[٥]. در زمینه تهیـه لایـه هـای نازک اکسید آلومینیوم از روش سل – ژل و کاربردهای متنوع آن تحقیقات فراوانی انجام شده اسـت. از جملـه یامـاگوچی[1] و همکارانش خواص ضد انعکاسی لایه های Al_2O_3 تهیه شده از روش سل – ژل را بررسی کرده اند[٦]. چـن[2] و همکـارانش

[1] Yamaguchi
[2] Chen

پوشش های آلومینای ضد سایشی را از طریق غوطه وری سل – ژل ساخته و بررسی کردند. آنها نشان دادند که لایه های بدست آمده از این روش در ساخت ابزار سایشی بسیار عالی هستند[۷].

ابتدا در فصل اول به توضیح مختصری در رابطه با برخی روشهای متداول لایه نشانی و در فصل دوم به طور مفصل به بیان مفاهیم اولیه روش سل – ژل و تکنیک های مختلف آن پرداخته شد. در ادامه در فصل سوم خواص الکترونیکی و اپتیکی جامدات و تعیین ثوابت اپتیکی و ضخامت لایه با استفاده از روش چامبلیرون[۳] بیان گردید و در فصل چهارم روشهای معمول تهیه لایه نازک اکسید آلومینیوم و مقایسه خواص نوری و الکتریکی و کاربردهای مختلف آن را مورد بررسی قرار گرفت. سرانجام در فصل پنجم پایان نامه، لایه های نازک Al_2O_3 به روش ترکیبی غوطه وری – چرخشی به دو صورت همزمان و غیر همزمان و نیز از طریق روش غوطه وری به طور مجزا تهیه شد. سپس خواص اپتیکی و ضخامت لایه ها از طریق داده های حاصل از طیف تراگسیل تجربی در ناحیه طول موج ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر و به کمک نرم افزار کامپیوتری پوما[۴] و با استفاده از روش بهینه سازی کوشی[۵] اندازه گیری شد. در ادامه خصوصیات ساختاری لایه ها و پودرهای حاصله از سل مورد استفاده، در دماهای مختلف بازپخت و در مدت زمان های مختلف توسط آنالیز پراش پرتو X مورد بررسی قرار گرفت. ساختار سطحی و مورفولوژی لایه ها توسط آنالیز میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) نیز مطالعه شده است. در قسمت انتهایی فصل، نتایج و پیشنهاداتی برای کارهای آینده بیان شده است.

[3] Chambouleyron
[4] PUMA
[5] Cauchy