

۹۹۷۷۱

۴۴۳۵
۱۳۸۷/۱۱/۱۶



دانشکده فیزیک

گروه حالت جامد و الکترونیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

عنوان

بررسی خواص لایه‌های نازک Ti تهیه شده

به روش کندوپاش مگنترونی dc

استادان راهنما

دکتر حسن بیدادی

دکتر مجتبی پرهیزکار

استاد مشاور

مهندس فرامرز هادیان

پژوهشگر

صبا خداکریمی

اسفند ماه ۸۶

۹۹۷۵۸

وزارت اطلاعات
تیسیران

۱۳۸۷ / ۱۰ / ۱ -

تقدیم به

پدرم که سهم من از بهشت است

و

مادرم که قسمت من از زیبایی سرنوشت است

و

برادرم سینا

تقدیر و تشکر:

خدای را سپاس می گویم که به من فرصتی ارزانی داشت تا بتوانم کوشه ای از خلقت باشکوهش را درک کنم و به معرفت خود

بیافزایم. آموخته هایم را بدیون به عزیزانی، ستم که در این راه لگم کردند و به من آموختند. در این میان پس از سپاس از پدر و مادر عزیزم

بخاطر حمایتها و زحمات فراوان، بر خود واجب می دانم تقدیر و تشکر کنم از:

❖ استاد گرامی جناب آقای دکتر حسن بیدادی و جناب آقای دکتر تجتبی پرنسیرکار که در انجام و پیشبرد این پایان نامه مرا

راهنمایی نمودند.

❖ استاد گرامی جناب آقای مهندس فرامرز مادیان که در تمامی مراحل انجام این پایان نامه مرئیاری نمودند.

❖ استاد ارجمند جناب آقای دکتر صد بجانیان که داوری این پایان نامه را تقبل کردند.

❖ باشکر از جناب آقای بهرامی (نخش XRD) و آقای رحمتی و از همه دوستان عزیزم خانم ها گلناز و روح نخش، معصومه

زینالی، متین میریکان، صاحب سیف و میان کریمی که همواره مرئیاری کردند.

نام خانوادگی: خداکریمی		نام: صبا	
عنوان پایان نامه: بررسی خواص لایه‌های نازک Ti تهیه شده به روش کندوپاش مگترونی dc			
اساتید راهنما: دکتر حسن بیدادی - دکتر مجتبی پرهیزکار			
استاد مشاور: مهندس فرامرز هادیان			
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: فیزیک گرایش: حالت جامد و الکترونیک			
دانشگاه: تبریز	دانشکده: فیزیک	تاریخ فارغ التحصیلی: اسفند ماه ۸۶	تعداد صفحه: ۱۰۳
کلید واژه‌ها: لایه‌های نازک تیتانیوم، کندوپاش مگترونی، خواص الکتریکی، چسبندگی.			
چکیده:			
<p>در دهه‌های اخیر، مطالعه و پژوهش در زمینه‌های فیزیک سطح، فصل مشترک و لایه‌های نازک به عنوان یکی از با اهمیت‌ترین شاخه‌های فیزیک ماده چگال و سطوح جامد که خود منجر به پیشرفت‌های بسیار در زمینه تکنولوژی (نانو تکنولوژی) شده، شکوفایی بسیاری یافته است. برای بررسی بنیادی و درک فیزیکی این ساختارها و خواص آن‌ها که در واقع به فیزیک حالت جامد مربوط می‌شوند، نیاز به دانش وسیعی از اثرات سطحی و فصل مشترک داریم.</p> <p>توسعه فناوری مخصوصاً در طول ۲۵ سال گذشته عاملی شد تا لایه‌نشانی به روش کندوپاش پلاسمایی در زمینه‌های متنوع علمی، تحقیقاتی و صنعتی توسعه یابد. کلیه عناصر جدول تناوبی با روش کندوپاش قابل تهیه به صورت فیلم نازک هستند. در این میان، کندوپاش مگترونی متفاوت از دیگر شیوه‌های کندوپاش (RF, DC ساده) است که در تهیه لایه‌هایی با کیفیت بالا و ناحالسی کم و آهنگ پوشش‌دهی بالا کاملاً موفق بوده است.</p> <p>در این کار تجربی لایه‌های نازکی از تیتانیوم با استفاده از دستگاه کندوپاش مگترونی تحت شرایط متفاوت بر روی زیرلایه‌های شیشه‌ای تهیه و برخی از خواص فیزیکی مانند خواص الکتریکی، ساختاری و مکانیکی آنها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که مقاومت الکتریکی فیلم‌ها با افزایش توان و دمای زیرلایه، کاهش یافته و با افزایش فشار پایه و فشار گاز کاری افزایش می‌یابد. بررسی طیف XRD اخذ شده از فیلم‌ها نشانگر این واقعیت است که در دمای اتاق، ساختار فیلم‌ها آمورف بوده ولی با بالا رفتن دمای زیرلایه در حین لایه‌گذاری، تحرک سطحی اتم‌های فرودی افزایش پیدا کرده و این امکان را بدست می‌آورد تا در جاهای خاص شبکه‌ای خود قرار گیرند و با منظم شدن ترتیب اتمی، ساختار فیلم‌ها بحالت بلورین نزدیک‌تر می‌شود. فیلم‌های تهیه شده تحت توان پایین، فشار کاری و پایه بالا نیز دارای ساختار آمورف هستند. زیرا در این حالت‌ها، اتم‌ها انرژی کافی برای استقرار در جایگاه‌های شبکه‌ای خاص خود را ندارند. دلیل آمورف بودن ساختار فیلم‌ها در فشارهای بالا به احتمال قوی اکسایش و نیتریده شدن آنهاست. بررسی چسبندگی فیلم‌ها به زیرلایه‌های شیشه‌ای نشان می‌دهد که با افزایش توان و دمای زیرلایه، چسبندگی فیلم‌ها، افزایش و با افزایش فشار پایه و کاهش فشار کاری، چسبندگی افزایش می‌یابد.</p>			

فهرست مطالب

پیشگفتار..... ۱

فصل اول : بررسی منابع

۱-۱ مقدمه..... ۴

۱-۲ تعریف لایه نازک..... ۴

۱-۲-۱ لایه‌های رسانا..... ۴

۱-۲-۲ لایه‌های عایق یا دی الکتریک..... ۵

۱-۲-۳ لایه‌های نیمرسانا..... ۵

۱-۳ روش‌های تهیه لایه‌های نازک..... ۵

۱-۳-۱ روش‌های شیمیایی و الکتروشیمیایی..... ۶

۱-۳-۲ انباشت به روش فیزیکی..... ۸

۱-۴ اصول تخلیه الکتریکی..... ۱۲

۱-۴-۱ تخلیه به وسیله جریان مستقیم (DC)..... ۱۲

۱-۴-۲ تخلیه به وسیله بسامد بالا (HF)..... ۱۶

۱-۴-۳ تخلیه الکتریکی در میدان مغناطیسی..... ۱۹

۱-۴-۴ مدهای تخلیه نورانی در میدان مغناطیسی عرضی..... ۲۰

۱-۵ کندوپاش..... ۲۲

۱-۵-۱ اساس کندوپاش دیودی..... ۲۴

۱-۵-۲ محصول کندوپاش..... ۲۶

۱-۵-۳ تنوعی از نتایج و اثرات کندوپاش..... ۲۹

۱-۶ مکانسیم تشکیل لایه‌های نازک..... ۳۲

۱-۶-۱ جذب فیزیکی..... ۳۳

۱-۶-۲ تشکیل خوشه..... ۳۳

۱-۶-۳ هسته‌سازی..... ۳۳

- ۳۴..... ۴-۶-۱ تشکیل جزیره.....
- ۳۴..... ۵-۶-۱ انعقاد.....
- ۳۴..... ۶-۶-۱ تشکیل حفره ها و کانالها.....
- ۳۵..... ۷-۱ انواع رشد.....

فصل دوم : مواد و روشها

- ۳۸..... ۲-۱ مقدمه.....
- ۳۸..... ۲-۲ تیتانیوم.....
- ۳۹..... ۲-۳ سیستم های کندوپاش.....
- ۴۱..... ۲-۳-۱ کندوپاش دیودی DC.....
- ۴۳..... ۲-۳-۲ کندوپاش کاتدی سه قطبی (تریودی).....
- ۴۴..... ۲-۳-۳ کندوپاش دیودی RF.....
- ۴۸..... ۲-۳-۴ کندوپاش مگنترونی.....
- ۵۰..... ۲-۳-۵ انواع مختلف مگنترون.....
- ۵۳..... ۲-۳-۶ تنوعی از فرآیندهای کندوپاش مگنترونی.....
- ۵۵..... ۲-۳-۷ نگرانی های کندوپاش مگنترونی.....
- ۵۶..... ۲-۴ جنبه های عملی سیستم های کندوپاش.....
- ۵۶..... ۲-۴-۱ هدف (کاتد).....
- ۵۷..... ۲-۴-۲ زیرلایه ها.....
- ۶۰..... ۲-۴-۳ سیستم های خلأ.....
- ۶۶..... ۲-۴-۴ گازها.....
- ۶۷..... ۲-۴-۵ نهشت فیلم از طریق ماسکها.....
- ۶۷..... ۲-۴-۶ ژنراتورها.....
- ۶۷..... ۲-۴-۷ گرم کننده زیرلایه.....
- ۶۸..... ۲-۵ توصیف سیستم کندوپاش پلاسمایی استفاده شده.....
- ۶۹..... ۲-۶ بررسی خواص لایه های نازک.....

۶۹.....	۱-۶-۲ مقاومت ویژه (p).....
۷۴.....	۲-۶-۲ چسبندگی.....

فصل سوم : نتایج تجربی و بحث

۸۰.....	۱-۳ بررسی مقاومت الکتریکی فیلم‌های تیتانیومی.....
	۲-۳ بررسی نحوه تغییر فاز بی‌شکل به فاز بلوری در فیلم‌های Ti با تغییر توان، فشار گاز کاری و دمای زیرلایه با تحلیل XRD
۸۷.....	
۹۳.....	۳-۳ بررسی چسبندگی فیلم‌های تیتانیومی به زیرلایه شیشه‌ای.....
۹۸.....	پیشنهادات.....
۱۰۰.....	منابع.....
۱۰۳.....	چکیده انگلیسی.....

فهرست شکل‌ها و جدول‌ها

شکل‌های فصل اول

۱۱.....	۱-۱ روش‌های تبخیر مواد.....
۱۳.....	۲-۱ منحنی جریان - ولتاژ تخلیه تابان DC
۱۵.....	۳-۱ تخلیه تابان در فشار کم با لومینسانس و مشخصه‌های الکتریکی آن.....
	۴-۱ تشکیل شدن غلاف منفی پالسی در سطحی که در تخلیه تابان با بسامد زیاد به روش خازنی جفت شده است.....
۱۷.....	
	۵-۱ توزیع ولتاژ در تخلیه تابان با بسامد زیاد برای الکتروود(هدف) کوچک جفت شده خازنی به الکتروود بزرگ جفت شده مستقیم.....
۱۸.....	
۱۹.....	۶-۱ یک کاتد HF که در آن سیستم سرد کننده نیز نشان داده شده است.....
	۷-۱ طرحی از فرایندهای انتقال الکترون در تخلیه بین کاتد استوانه‌ای و آند هم محور با آن در میدان مغناطیسی یکنواخت در جهت محور سیستم.....
۲۰.....	
۲۱.....	۸-۱ توزیع‌های پتانسیل برای یک تخلیه نورانی در حضور یک میدان الکترومغناطیسی.....

- ۹-۱ طرحی از فرایند کندوپاش..... ۲۳
- ۱۰-۱ کندوپاش با سه رژیم متفاوت انرژی..... ۲۳
- ۱۱-۱ توزیع سرعت ذرات مس حاصله از تبخیر حرارتی در خلاء و کندوپاش کاتدی..... ۲۴
- ۱۲-۱ سیستم تخلیه برای کندوپاش کاتدی دیودی..... ۲۵
- ۱۳-۱ تغییرات پتانسیل بین کاتد (C) و اند (A) در تخلیه نورانی (پلازما)..... ۲۵
- ۱۴-۱ محصول کندوپاش (Y) برای W بصورت تابعی از انرژی یون‌های فرودی..... ۲۷
- ۱۵-۱ بستگی محصول کندوپاش به عدد اتمی هدف..... ۲۸
- ۱۶-۱ وابستگی محصول کندوپاش به زاویه فرودی برای چند هدف فلزی..... ۳۱
- ۱۷-۱ ساختمان و مراحل مختلف رشد یک لایه..... ۳۲
- ۱۸-۱ فرایند تشکیل فیلم جیوه روی MoS_2 ۳۵
- ۱۹-۱ مدهای اساسی رشد لایه‌های نازک..... ۳۶

شکل‌های فصل دوم

- ۱-۱ آرایش‌های اساسی سیستم‌های کندوپاش..... ۴۰
- ۲-۲ مکانیسم کندوپاش DC..... ۴۱
- ۳-۲ اثر فشار گاز بر جریان و آهنگ نهشت فیلم در کندوپاش بدون مگنترون..... ۴۲
- ۴-۲ مشخصه جریان-ولتاژ برای سه نوع الکتروود متفاوت به کار گرفته شده در لایه‌نشانی کندوپاش..... ۴۲
- ۵-۲ کندوپاش تریودی با گسیلنده الکترونی گرما یونی..... ۴۴
- ۶-۲ دستگاه کندوپاش کاتدی سه گانه..... ۴۴
- ۷-۲ سیستم کندوپاش دیودی RF..... ۴۵
- ۸-۲ شبکه تطبیق مقاومت ظاهری برای سیستم کندوپاش RF..... ۴۷
- ۹-۲ کاتد مگنترون با صفحه دایره‌ای..... ۴۹

- ۲-۱۰ حرکت الکترون در میدانهای الکتریکی و مغناطیسی استاتیک..... ۵۰
- ۲-۱۱ میدانهای اعمالی و حرکت الکترون در مگنترون تخت با کاتد مستطیلی..... ۵۱
- ۲-۱۲ میدانهای اعمالی و حرکت الکترون در مگنترون تخت با کاتد دایروی..... ۵۲
- ۲-۱۳ مگنترون استوانه‌ای تأخیری..... ۵۳
- ۲-۱۴ a- مگنترونهای تخت..... ۵۴
- ۲-۱۴ b- آرایش کندوپاش مگنترونی پالسی واکنشی از هدفهای *Al* دوگانه..... ۵۴
- ۲-۱۵ حمام بخار شیمیایی..... ۵۹
- ۲-۱۶ a- نگهدارندهٔ تفلونی زیر لایه..... ۵۹
- ۲-۱۶ b- بشر محتوی حلال شیمیایی و نگهدارندهٔ زیر لایه..... ۵۹
- ۲-۱۷ a- طرحواره پمپ پیستونی چرخنده..... ۶۳
- ۲-۱۷ b- طرحواره داخل پمپ..... ۶۳
- ۲-۱۸ طرحی از سیستم چهار سوزنی بر روی سیستم مکعبی..... ۷۱
- ۲-۱۹ اجزای مختلف پروب..... ۷۲
- ۲-۲۰ اجزای تشکیل دهنده بدنه دستگاه زمپا..... ۷۳
- ۲-۲۱ طریقه اتصال زنی نمونه..... ۷۴
- ۲-۲۲ سیستم اندازه‌گیری چسبندگی لایه‌های نازک به روش وِرآوردن..... ۷۷

شکل‌های فصل سوم

- ۳-۱ نمودار (*V-I*) برای نمونه تیتانیومی در دمای اتاق..... ۸۲
- ۳-۲ نمودار (*R-T*) برای نمونه‌های تیتانیومی در دماهای مختلف زیر لایه..... ۸۲
- ۳-۳ تصویر *AFM* نمونه تیتانیومی در دمای اتاق..... ۸۳
- ۳-۴ تصویر *AFM* نمونه تیتانیومی در دمای 150°C ۸۴
- ۳-۵ تصویر *AFM* نمونه تیتانیومی در دمای 250°C ۸۴

- ۶-۳ نمودار $(R-T)$ برای نمونه‌های تیتانیومی در توان‌های مختلف..... ۸۴
- ۷-۳ نمودار $(R-T)$ برای نمونه‌های تیتانیومی در فشارهای مختلف گاز کاری..... ۸۵
- ۸-۳ نمودار $(R-T)$ برای نمونه تیتانیومی..... ۸۶
- ۹-۳ نمودار $(R-T)$ برای نمونه تیتانیومی..... ۸۶
- ۱۰-۳ طیف XRD زیرلایه شیشه‌ای در دمای اتاق..... ۸۸
- ۱۱-۳ طیف XRD نمونه $T-1$ ۸۸
- ۱۲-۳ طیف XRD نمونه $T-2$ ۸۹
- ۱۳-۳ طیف XRD نمونه $T-3$ ۸۹
- ۱۴-۳ طیف XRD نمونه $T-4$ ۹۰
- ۱۵-۳ طیف XRD نمونه $T-5$ ۹۰
- ۱۶-۳ طیف XRD نمونه $T-6$ ۹۱
- ۱۷-۳ طیف XRD نمونه $T-7$ ۹۱
- ۱۸-۳ نمودار تغییرات نیروی چسبندگی با دمای زیرلایه در سه فشار مختلف..... ۹۴
- ۱۹-۳ نمودار تغییرات نیروی چسبندگی با فشار گاز آرگن در پنج توان مختلف..... ۹۵
- ۲۰-۳ نمودار تغییرات نیروی چسبندگی با توان دستگاه کندوپاش مگنترونی در چهار فشار متفاوت..... ۹۵
- ۲۱-۳ نمودار تغییرات نیروی چسبندگی با فشار پایه در سه فشار متفاوت..... ۹۶

جدول‌های فصل اول

- ۱-۱ نقطه ذوب چند فلز دیر گداز..... ۹
- ۲-۱ محصول کندوپاش بازای انرژی‌های مختلف یون Ar^+ ۲۷

جدول‌های فصل سوم

- ۳-۱ شرایط عملیات لایه‌نشانی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری مقاومت..... ۸۱
- ۳-۲ شرایط عملیات لایه‌نشانی نمونه‌ها برای تحلیل *XRD*..... ۸۷
- ۳-۳ مقدار نیروی لازم برای جدا کردن فیلم‌ها از زیرلایه..... ۹۳
- ۳-۴ مقدار نیروی لازم برای جدا کردن فیلم‌ها از زیرلایه..... ۹۳
- ۳-۵ مقدار نیروی لازم برای جدا کردن فیلم‌ها از زیرلایه..... ۹۴

ورقه‌های نازک فلزی برای حفاظت و تزئین، از زمان‌های قدیم مورد توجه بشر قرار داشته است. این لایه‌ها ابتدا با چکش کاری بعضی از فلزات و سپس با روش آبکاری تهیه می‌شد. اولین لایه نازک به روش الکترولیز در سال ۱۸۳۸ تهیه شد. پس از آن در سال ۱۸۵۲ بانسن^۱ و گرو^۲ توانستند به ترتیب با استفاده از روش واکنش شیمیایی و کندوپاش توسط تخلیه نورانی^۳، لایه‌های از فلزات تهیه کنند. در سال ۱۸۵۸ مایکل فارادی توانست با استفاده از تبخیر حرارتی^۴ سیمی که از آن جریان زیاد الکتریسته می‌گذشت، لایه نازک فلزی بدست آورد. این عمل در محیط گاز بی‌اثر انجام شد.

تهیه لایه‌های نازک بوسیله لایه‌نشانی در خلأ یعنی با کندوپاش کاتدی و تبخیر حرارتی از اواخر قرن نوزدهم توسط گرو در انگلستان و پلوکر در آلمان آغاز شد. با توجه به توسعه شدید صنعت الکترونیک و نیاز به استفاده از قطعات با قابلیت کارایی بالا و حتی‌الامکان کوچک، اولین گام جهت بکارگیری لایه‌های نازک آغاز شد.

دلیل بعدی برای گسترش سریع تکنولوژی فیلم‌های نازک اینست که تولید فیلم‌های نازک با جزئیات در اندازه میکرومتر نسبتاً آسان است. این امتیاز سبب می‌شود فیلم‌های نازک برای کاربرد در میکروالکترونیک و زمینه اپتیک خیلی مناسب باشد.

لایه‌های نازک می‌توانند به صورت لایه‌ای برای کاهش اصطکاک، پوشش‌های ضد خوردگی و پوششی که بطور قابل ملاحظه‌ای بار قسمت‌های مختلف مکانیکی را کاهش می‌دهد، بکار روند. برای مثال مقاومت مکانیکی شیشه‌ای که با لایه‌هایی از فلز تیتانیوم پوشیده شده است، افزایش می‌یابد. همچنین پوشش‌های تیتانیوم کاربید و تیتانیوم که بسیار سخت هستند به منظور کاهش اصطکاک و افزایش عمر وسایلی از جنس استیل در سرعت‌های بسیار بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صنعت

^۱ Bunson

^۲ Grove

^۳ Glow Discharge Sputtering

^۴ Thermal Evaporation

اتومبیل‌سازی هم به منظور جلوگیری از میزان زیاد عبور اشعه خورشید از شیشه‌های اتومبیل، لایه‌های نازک چند لایه‌ای SiO_2 / TiO_2 به عنوان فیلترهای انعکاس IR بکار می‌روند.

امروزه مفید بودن خصوصیت لایه‌های نازک و جالب توجه بودن مطالعه بر روی جامدهای تک بعدی و دو بعدی باعث شده است، که چه از نظر علمی و چه از نظر فناوری به لایه‌های نازک توجه ویژه‌ای شود. امروزه در زمینه میکروالکترونیک، مدارهای مجتمع با مقیاس بزرگ و بسیار بزرگ ساخته می‌شوند که برای تقویت، ضبط، انتقال، و انتشار علائم الکترونیکی و نوری بکار می‌روند. با وجود این مدارهای مجتمع، محققان توانسته‌اند در کامپیوترها و دستگاه‌های محاسبه، ظرفیت حافظه و سرعت محاسبات و انتقال اطلاعات را افزایش دهند. همچنین لایه‌های نازک در ساخت وسایل نوری، الکترونیکی و اپتوالکترونیکی، آینه‌های لیزر، قطعات آکوستیکی و زمینه‌های فضایی و نظامی نیز نقش اساسی دارند.

فصل اول

بررسی منابع و پیشینه پژوهش

۱ - ۱ مقدمه

پیشرفت‌های تکنولوژیکی در فرآیندهای کندوپاش در سال‌های اخیر موجب شد تا سیستم‌های کندوپاش به طور گسترده در صنعت به عنوان یک جایگزین مهم برای سیستم‌های تبخیر حرارتی سنتی و CVD ^۱ مورد استفاده قرار گیرند.

در این فصل پس از مروری مختصر بر انواع لایه‌های نازک و روش‌های تهیه آنها به مفاهیم اساسی تخلیه نورانی پرداخته می‌شود، سپس ساختار و عملکرد سیستم‌های کندوپاش را تشریح و نهایتاً نحوه تشکیل فیلم را بررسی خواهیم کرد.

۱ - ۲ تعریف لایه نازک

لایه نازک به ماده یا موادی گفته می‌شود که به صورت پوششی بر یک سطح یا ماده دیگر سبب ایجاد خواص الکتریکی، فیزیکی و مکانیکی جدیدی شود که نه خصوصیات ماده تشکیل دهنده لایه را داشته باشد و نه خصوصیات سطحی که لایه بر روی آن انباشت شده است. البته بایستی خاطر نشان ساخت که اگر ضخامت لایه از حد معینی بیشتر باشد آن لایه خصوصیات حجمی (*bulk*) ماده را خواهد داشت.

لایه را می‌توان به لایه‌های رسانا، لایه‌های نیمرسانا و لایه‌های عایق از مواد معدنی و آلی تقسیم کرد [۱].

۱ - ۲ - ۱ لایه‌های رسانا

در این نوع لایه‌ها، از مواد رسانا بعنوان ماده انباشت استفاده می‌شود. لایه‌های رسانا دارای هدایت گرمایی و الکتریکی زیاد هستند و همچنین جلا و شفافیت خاص خود را دارند. از این لایه‌ها در ساخت مقاومت‌ها، اتصالات الکتریکی، نوارهای نازک در مدارهای مجتمع و میکروالکترونیک استفاده می‌شود.

^۱ Chemical Vapor Deposition

۱-۲-۲ لایه‌های عایق یا دی‌الکتریک

این لایه‌ها از لحاظ الکتریکی نارسانا می‌باشند و در نتیجه عایق‌های خوبی برای جداسازی فلزات از یکدیگر، یا فلزات از نیمه رساناها در قطعات الکترونیکی می‌باشند و در مدارهای مجتمع به صورت لایه نازک یا نوار نازک از آنها استفاده می‌شود.

۱-۲-۳ لایه‌های نیمرسانا

لایه‌های نیمرسانا بیشترین کاربرد را در صنایع الکترونیک و میکروالکترونیک دارا می‌باشند، بطوری که تمام قطعات الکترونیکی از چند لایه نیمرسانا با خصوصیات مختلف تشکیل می‌شود. از این گروه می‌توان به انواع لایه‌های اکسید فلزی اشاره کرد [۱].

لایه‌ها از نظر ضخامت به لایه‌های ضخیم، در حد میلی‌متر، لایه‌های نازک در حد میکرون و لایه‌های خیلی نازک در حدود هزارم میکرون دسته بندی می‌شوند و با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی سطحی که بر روی آن انباشت می‌شوند، دارای ویژگیهای گوناگون هستند.

همچنین انتخاب روش‌های لایه‌نشانی به عواملی همچون عوامل زیر وابسته است:

- نوع ماده‌ای که بعنوان پوشش استفاده می‌شود و میزان خلوص آن

- سرعت لایه‌نشانی

- دمای زیرلایه^۱

- میزان استحکام لایه و چسبندگی^۲ آن به زیرلایه

- لوازم مورد نیاز و امکان دسترسی به آنها

- ملاحظات اقتصادی

۱-۳ روش‌های تهیه لایه‌های نازک

به طور کلی روش‌های تهیه لایه‌های نازک به دو گروه بزرگ ۱- روش‌های فیزیکی و

۲- روش‌های شیمیایی تقسیم می‌شوند. روش‌های شیمیایی اکثراً در فناوری نیم‌رساناها به کار

^۱ Substrate

^۲ Adhesion

می‌روند. با استفاده از روش‌های فیزیکی هم می‌توان لایه‌های بسیار خالص و با ضخامت‌هایی متفاوت تهیه کرد.

حال هر کدام از روش‌های ذکر شده را بطور خلاصه توضیح می‌دهیم.

۱-۳-۱ روش‌های شیمیایی و الکتروشیمیایی

مهم‌ترین روش‌های شیمیایی و الکتروشیمیایی که برای ساخت لایه‌های نازک بکار می‌روند عبارتند از: انباشت الکتrolیتی، انباشت بدون الکتروود، اکسایش آندی و انباشت به روش تبخیر شیمیایی (CVD).

۱-۳-۱-۱ روش انباشت الکتrolیتی

فلزی که باید انباشت شود، در محلول وجود دارد و یا به شکل یونی مذاب می‌شود. اگر دو الکتروود داخل محلولی که فلز انباشت می‌شود، قرار گیرند، جرم نمونه انباشت شده با مقدار بارالکتریکی متناسب خواهد بود. در این روش در اثر اعمال میدان الکتریکی، یون‌های مثبت به طرف کاتد حرکت می‌کنند. این یون‌ها از کاتد الکترون‌های مورد نیاز را گرفته و بصورت اتم‌های خشی در روی کاتد نشسته و لایه‌ای را تشکیل می‌دهند. ویژگیهای لایه انباشت شده با چسبندگی لایه به زیرلایه، ساختار بلوری لایه و غیره متأثر می‌شود. با این روش فقط می‌توان لایه‌ها را روی زیر لایه‌های رسانا انباشت و امکان آلوده شدن لایه با مواد موجود در الکتrolیت وجود دارد. اما لایه‌های تهیه شده با این روش دارای جلا و درخشندگی خوبی می‌باشند.

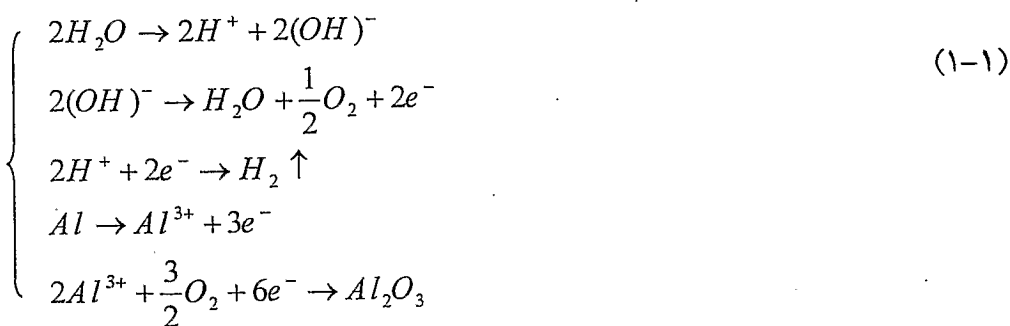
۱-۳-۱-۲ انباشت بدون الکتروود

در این روش فلز با فرایند احیاء شیمیایی و بدون اعمال میدان خارجی انباشت می‌شود. آهنگ انباشته شدن به دمای ظرف بستگی دارد. البته در بعضی موارد برای انباشت نیاز به وجود یک کاتالیزور است. از این روش برای دادن لعاب نقره بر روی ظروف شیشه‌ای و یا تهیه لایه‌های نازک از نیکل بر روی فلزات دیگر (آبکاری فلزات) استفاده می‌شود.

۱-۳-۱ اکسایش آندی

از این روش برای تهیه فیلم‌های آندی استفاده می‌شود. فلزی که باید اکسیده شود به عنوان آند در الکترولیت فرو برده می‌شود و یون‌های اکسیژن موجود در الکترولیت را جذب می‌کند. در این حال بخاطر اعمال میدان الکتریکی قوی یون‌ها از میان لایه اکسیدی روی آند (قطب مثبت) عبور نموده و با اتم‌های فلزی ترکیب می‌شوند و مولکول‌های اکسیدی را تشکیل می‌دهند. این لایه‌ها غالباً پوششی فشرده، سخت و بسیار چسبنده هستند.

برای مثال مراحل تشکیل اکسید آلومینیوم بشرح زیر است:



۱-۳-۱-۴ انباشت به روش تبخیر شیمیایی (CVD)

در این روش جریانی از گاز که شامل ترکیبات فرار ماده یا موادی است که می‌خواهیم پوشش دهیم، وارد یک محفظه خلأ می‌شود. شرایط درون این محفظه کنترل شده است به نحوی که کنترل شرایط باعث انجام واکنشهای شیمیایی در نزدیکی زیرلایه می‌شود و پوشش مورد نظر بر روی سطح زیرلایه تشکیل می‌گردد. مواد اضافی حاصل از واکنشهای شیمیایی در طول فرایند از سیستم خارج می‌شوند. لایه‌های بدست آمده از این روش می‌توانند لایه‌های فلزی، آلیاژی، ترکیبات نسوز و نیمه هادی‌ها باشند [۲].

۱-۳-۲ انباشت به روش فیزیکی^۱ (PVD)

انواع مختلف روش‌های فیزیکی برای تهیه لایه‌های نازک عبارتند از:

الف) انباشت به روش تبخیر

ب) انباشت به روش کندوپاش

ج) روکش کاری یونی

۱-۳-۱ انباشت به روش تبخیر

هم اکنون موارد استفاده از این روش با سرعت رو به افزایش است.

کاربرد این روش می‌تواند از پوشش‌های تزئینی گرفته تا کاربردهای مهم مهندسی،

شیمیایی-هسته‌ای، میکروالکترونیک و صنایع وابسته باشد.

این روش معمولاً در داخل محفظه خلأ انجام می‌شود و بیش از سایر روش‌ها، برای تهیه

لایه‌های نازک مورد استفاده قرار می‌گیرد که علت آن را می‌توان در ساده بودن این روش و

ساخت لایه‌هایی با درجه خلوص خیلی بالا و به دست آوردن ساختار کریستالی مورد دلخواه، با

فراهم نمودن شرایط مناسب، جستجو کرد.

در این روش چشمه تبخیر و ماده زیرلایه در محفظه خلأ قرار می‌گیرد و سپس محفظه تا

فشاری که معمولاً کمتر از 10^{-5} Torr است، تخلیه می‌گردد. سپس ماده‌ای که قرار است انباشت

شود، به روش‌هایی که بعداً می‌آید، تبخیر یا تصعید می‌شود. آنگاه اتم‌ها یا مولکول‌های ماده تبخیر

شده به سمت زیرلایه حرکت می‌کنند و بر روی آن جمع می‌شوند. زیرلایه در بالای منبع تبخیر

قرار می‌گیرد [۱].

عموماً مهم‌ترین روش‌های تبخیر حرارتی موادی که می‌خواهیم به صورت لایه نازک

درآوریم، بشرح زیر است: