بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فیزیک

گروه حالت جامد و الکترونیک

پایان‌نامه

برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی فیزیک

عنوان

بررسی ویژگی‌های الکتریکی لایه‌های نازک نانوساختار (AlTiN) تهیه شده به روش کندوپاش مگنترونی واکنشی دوگانه (RF و DC) با تغییر شرایط نهشت

اساتید راهنما

دکتر مجتبی پرهیزکار - دکتر حسن بیدادی

استاد مشاور

دکتر حمید نقش‌آرا

پژوهشگر

رضا جلالی

شهریور ۹۲

نام خانوادگی دانشجو: جلالی **نام**: رضا

عنوان پایان‌نامه: بررسی ویژگی‌های الکتریکی لایه‌های نازک نانوساختار (AlTiN) تهیه شده به روش کندوپاش مگنترونی واکنشی دوگانه (RF وDC) با تغییر شرایط نهشت

اساتید راهنما: دکتر حسن بیدادی - دکتر مجتبی پرهیزکار

استاد مشاور: دکتر حمید نقش‌آرا

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: فیزیک **گرایش**: حالت جامد و الکترونیک

دانشگاه: تبریز **دانشکده**: فیزیک **تاریخ فارغ التحصیلی**: شهریور ۹۲ **تعداد صفحه**:

کلید واژه‌ها: کندوپاش مگنترونی، ثابت هال، رسانندگی، نانوساختار، پروب چهار سوزنی

چکیده:

در این پژوهش، فیلم‌های نازکی از AlTiN با استفاده از یک سیستم کندوپاش مگنترونی واکنشی بر روی زیرلایه‌های کوارتزی و سرامیکی، تحت فلوهای متفاوت گاز نیتروژن، دماهای مختلف زیرلایه و همچنین توان‌های تخلیه الکتریکی مختلف AC و DC تهیه شده و تأثیر این پارامترها بر روی ویژگی‌های الکتریکی لایه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. برای بررسی خواص الکتریکی، از روش پروب چهارسوزنی و نیز اثر هال در دمای اتاق استفاده شد و پارامترهایی مثل مقاومت ویژه، رسانندگی الکتریکی و ثابت هال محاسبه شد.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش فلوی گاز نیتروژن، مقاومت الکتریکی و مقاومت ویژه لایه‌ها افزایش می‌یابد. این افزایش مقاومت را می‌توان به دو عامل نسبت داد : با افزایش فلوی گاز نیتروژن، ترکیبات AlN در فیلم، افزایش می‌یابد با توجه به اینکه AlN ماده‌ای با گاف انرژی بزرگ است، در حالیکه TiN یک رسانای خوب است در نتیجه افزایش میزان AlN در ترکیب باعث افزایش گاف انرژی ترکیب شده، که این امر باعث افزایش مقاومت الکتریکی لایه می‌شود و دوم اینکه با افزایش

فلوی نیتروژن، اندازه دانه فیلم‌ها کاهش می‌یابد. همچنین نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش دمای زیرلایه، مقاومت الکتریکی لایه‌ها کاهش می‌یابد که این موضوع ناشی از بهبود کیفیت کریستالی فیلم‌ها، در دماهای بالا است. تغییر توان تخلیه الکتریکی نیز بر روی ویژگی‌های الکتریکی لایه‌ها تأثیر می‌گذارد. با توجه به اینکه در این پژوهش هدف آلومینیومی، به کاتد با جریان AC و هدف تیتانیومی به کاتد با جریان DC متصل می‌شوند، با افزایش توان تخلیه AC میزان کندوپاش اتمهای آلومینیوم افزایش یافته و باعث افزایش میزان AlN در ترکیب لایه می‌شود و به همین ترتیب افزایش توان DC باعث افزایش کندوپاش اتم‌های Ti می‌شود و در نتیجه میزان TiN در ترکیب فیلم‌ها افزایش یافته و با توجه به اینکه TiN ماده‌ای با گاف انرژی کوچک است افزایش آن در ترکیب لایه، باعث کاهش مقاومت الکتریکی می‌شود.

مقدمه.....۱

۱ فصل اول : بررسی منابع و پیشینه تحقیق

۱-۱) مقدمه.....۴

۱-۲) تعریف لایه نازک.....۴

۱-۳) تقسیم بندی انواع لایه‌ها.....۵

۱-۴) خواص لایه‌های نازک.....۶

۱-۴-۱) خواص مکانیکی ۶

۱-۴-۲) خواص الکتریکی.....۸

۱-۴-۳) خواص مغناطیسی.....۹

۱-۴-۴) خواص نوری ۱۰

۱-۴-۵) خواص شیمیایی.....۱۱

۱-۴-۶) خواص حرارتی ۱۱

۱-۵) مروری بر علم نانو.....۱۲

۱-۵-۱) تعریف نانوفناوری.....۱۲

۱-۵-۲) تعریف نانوماده.....۱۲

۱-۵-۳) نانوساختارها ۱۳

۱-۵-۴) خواص عمومی نانومواد ۱۴

۱-۵-۴-۱) افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم.....۱۴

۱-۵-۴-۲) ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتومی.....۱۵

۱-۵-۵) دسته بندی نانو مواد.....۱۵

۱-۵-۶) رفتار الکترونها در نانومواد ۱۶

۱-۵-۶-۱) نقطه کوانتومی.....۱۷

۱-۵-۶-۲) سیم کوانتومی.....۱۷

۱-۵-۶-۳) چاه (چشمه) کوانتومی ۱۸
۱-۶) فرایند رشد لایه‌های نازک ۱۸
۱-۶-۱) رشد جزیره‌ای (ولمر- وبر) ۲۱
۱-۶-۲) رشد لایه‌ای (فرانک – واندرمرو) ۲۱
۱-۶-۳) رشد جزیره‌ای – لایه‌ای (استرانسکی – کراستانوف) ۲۲
۱-۶-۴) تنش لایه‌های نازک ۲۴
۱-۷) روشهای تهیه لایه‌های نازک ۲۴
۱-۷-۱) روشهای فیزیکی تهیه لایه‌های نازک ۲۵
۱-۷-۲) روشهای شیمیایی برای ساخت لایه‌های نازک ۲۵
۱-۷-۳) روشهای فیزیکی – شیمیایی برای ساخت لایه‌های نازک ۲۶
۱-۸) مختصری در مورد فیزیک پلاسما ۲۷
۱-۸-۱) تاریخچه کندوپاش پلاسمایی ۲۸
۱-۸-۲) کندوپاش پلاسمایی ۲۹
۱-۸-۳) فرایند کندوپاش ۳۰
۱-۸-۳-۱) ویژگی گاز تزریق شده در فرایند کندوپاش ۳۱
۱-۸-۳-۲) برخوردهای کندوپاش ۳۲
۱-۸-۳-۳) انواع فرایند کندوپاش ۳۴
۱-۸-۳-۳-۱) کندوپاش دیودی (کاتدی) ۳۴
۱-۸-۳-۳-۲) کندوپاش کاتدی سه قطبی (تریودی) ۳۵
۱-۸-۳-۳-۳) کندوپاش مگنترونی ۳۷
۱-۸-۳-۴) ضریب کندوپاش ۳۸

۲ فصل دوم : مواد و روشها

۲-۱) مقدمه ۴۲

۲-۲) آلومینیوم تیتانیوم نیترید (AlTiN) ۴۳

۲-۲-۱) مزایای پوشش AlTiN بر روی ابزارها ۴۵

۲-۳) کندوپاش مگنترونی ۴۶

۲-۳-۱) انواع فرایندهای کندوپاش مغناطیسی ۴۹

۲-۳-۱-۱) فرایند کندوپاش مغناطیسی DC ۴۹

۲-۳-۱-۲) کندوپاش مگنترونی RF ۵۰

۲-۳-۱-۳) فرایند کندوپاش مغناطیسی دوگانه ۵۲

۲-۳-۱-۴) کندوپاش مگنترونی واکنشی ۵۲

۲-۳-۲) دستگاه کندوپاش مگنترونی و ترتیبات تجربی ۵۳

۲-۳-۲-۱) اجزای دستگاه کندوپاش مگنترونی ۵۳

۲-۳-۲-۲) معرفی سیستم کندوپاش پلاسمایی مگنترونی MECA-2000 : ۵۵

۲-۴) زیر لایه ها ۵۸

۲-۴-۱) انواع زیرلایه ۵۸

۲-۴-۲) آماده سازی زیرلایه ها ۵۹

۲-۴-۲-۱) روش شیمیایی ۵۹

۲-۴-۲-۲) بطور فراصوتی با استفاده از برخی حلال های شیمیایی ۵۹

۲-۴-۲-۳) روش الکتریکی (بوسیله بمباران یونهای مثبت در تخلیه نورانی) ۶۰

۲-۵) خواص الکتریکی لایه های نازک و روشهای اندازه گیری آنها ۶۱

۲-۵-۱) هدایت الکتریکی ۶۱

۲-۵-۲) مقاومت ویژه ۶۳

۲-۵-۲-۱) نمونه حجمی ۶۴

۲-۵-۲-۲) فیلم نازک ۶۵

۲-۵-۳) تحرک پذیری ۶۷

۲-۵-۴) ثابت هال ۶۷

۲-۵-۵) اندازه گیری ضریب هال، رسانندگی و مقاومت ویژه ۶۹

۲-۶) توصیف زمپا.....۷۱

۳ فصل سوم : نتایج و بحث

۳-۱) مشخصات لایه‌های نانوساختار تیتانیوم آلومینیوم نیترید تهیه شده با کندوپاش پلاسمایی مگنترونی.....۷۵

۳-۲) اندازه‌گیری مقاومت ویژه، رسانندگی و مقاومت الکتریکی فیلم‌های نانوساختار تیتانیوم آلومینیوم نیترید با تغییر شرایط نهشت.....۸۱

۳-۲-۱) تغییر فلوی گاز نیتروژن ۸۲

۳-۲-۱-۱) مطالعه اثر تغییر فلوی گاز نیتروژن بر روی مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی لایه‌های TiAlN برای لایه نشانی بر روی زیرلایه‌های در دمای اتاق.....۸۳

۳-۲-۱-۲) مطالعه اثر تغییر فلوی گاز نیتروژن بر روی مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی لایه‌های TiAlN برای لایه نشانی بر روی زیرلایه‌های در دمای ۴۰۰ درجه سانتی- گراد.....۸۵

۳-۲-۲) تغییر دمای زیرلایه.....۸۷

۳-۲-۳) تغییر توان تخلیه الکتریکی.....۹۱

۳-۳) اندازه گیری ثابت هال در فیلم‌های نانوساختار تیتانیوم آلومینیوم نیترید با تغییر شرایط نهشت.....۹۸

۳-۳-۱) آماده سازی لایه ها برای کنتاکت زنی ۹۸

۳-۳-۲) نحوه انجام آزمایش اثر هال بر روی نمونه‌ها.....۱۰۰

۳-۳-۳) نتایج بدست آمده برای ثابت هال نمونه ها.....۱۰۱

۳-۳-۴) بررسی اثر تغییرات فلوی گاز نیتروژن بر روی ثابت هال و چگالی حامل‌ها.....۱۰۳

۳-۳-۴-۱) بررسی اثر تغییرات فلوی گاز نیتروژن بر روی ثابت هال و چگالی حامل‌ها در دمای اتاق.....۱۰۳

۳-۳-۴-۲) بررسی اثر تغییرات فلوی گاز نیتروژن بر روی ثابت هال و چگالی حامل‌ها در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد.....۱۰۳

۳-۳-۵) بررسی اثر تغییر دمای زیرلایه بر روی ثابت هال و چگالی حامل‌ها.....۱۰۵

۳-۳-۶) بررسی اثر تغییر توان های تخلیه الکتریکی بر روی ضریب هال لایه‌ها ۱۰۶
خلاصه نتایج ۱۱۱
پیشنهادات.....۱۱۴
منابع.....۱۱۵

فهرست شکل‌ها

۱ فصل اول : بررسی منابع و پیشینه تحقیق

شکل (۱-۱): رشد جزیره ای ۲۱

شکل (۱-۲): رشد لایه ای ۲۲

شکل (۱-۳): رشد جزیره ای – لایه ای ۲۲

شکل (۱-۴): سیستم کندوپاش دیودی ۳۵

شکل (۱-۵): سیستم کندوپاش تریودی ۳۶

شکل (۱-۶): سیستم کندوپاش مگنترونی ۳۸

۲ فصل دوم : مواد و روشها

شکل (۲-۱) : سیستم کندوپاش مگنترونی ۴۶

شکل (۲-۲) : انواع کاتدهای مورد استفاده در کندو پاش مگنترونی ۴۸

شکل (۲-۳) : (الف). کندوپاش متوازن (ب). کندوپاش نامتوازن ۴۹

شکل (۲-۴) : هدف کندوپاش مگنترونی ۵۴

شکل ۲-۵ : لامپ های قلمی برای گرم کردن زیرلایه ۵۵

شکل ۲-۶ : سیستم کندوپاش پلاسمایی مگنترونی دانشکده فیزیک ۵۶

شکل (۲-۷) : پروب چهار سوزنی برای نمونه‌های حجمی ۶۴

شکل (۲-۸) : پروب چهار سوزنی ۶۵

شکل (۲-۹) : طرحواره‌ای از اثر هال ۶۸

شکل (۲-۱۰) : لایه‌ی نازکی که یک جریان طولی از آن می گذرد. ۶۹

شکل (۲-۱۱) : نمایی از دستگاه زمپا ۷۲

شکل (۲-۱۲) : نحوه اتصال سیمها به لایه در داخل دستگاه زمپا ۷۳

۳ فصل سوم : نتایج و بحث

شکل (۳-۱) : مشخصات ابعادی لایه‌های مورد استفاده در پروژه ۷۵

شکل (۳-۲) : طرحواره‌ای از دستگاه پروب چهار سوزنی مورد استفاده در پژوهش..... ۸۲
شکل (۳-۳) : طیف XRD مربوط به لایه شماره ۳ که در دمای اتاق نهشت یافته اند. ۹۰
شکل (۳-۴) : طیف XRD مربوط به لایه شماره ۱۲ که در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد نهشت یافته اند..... ۹۱
شکل (۳-۵) : نمایی از لایه، قبل از انجام عملیات کنتاکت زنی، که سیم ها بر روی آن بوسیله چسب GM محکم شده اند. ۹۹
شکل (۳-۶) : نمایی از لایه، که در آن سیمها بوسیله چسب نقره به لایه کنتاکت زده شده اند. ۱۰۰
شکل (۳-۷) : طرحواره‌ای از نمونه با کنتاکت‌های آن ۱۰۱

فهرست جداول

۱ فصل اول : بررسی منابع و پیشینه تحقیق

۲ فصل دوم : مواد و روشها

۳ فصل سوم : نتایج و بحث

جدول(۳-۱): نرخ لایه نشانی برای توانهای مختلف AC برای یک هدف آلومینیومی به ازای فلوهـای مختلـف گـاز نیتروژن ۷۶

جدول (۳-۲) : نرخ لایه نشانی برای توانهای مختلف DC برای یک هدف تیتانیومی به ازای فلوهـای مختلـف گـاز نیتروژن ۷۸

جدول (۳-۳) : مشخصات لایه‌های نهشت شده بر رور زیرلایه‌های کوارتزی در دمای اتاق ۸۰

جدول (۳-۴) : مشخصات لایه‌های نهشت شده بر روی زیرلایه های سرامیکی در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد .. ۸۱

جدول (۳-۵) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسـانندگی نمونـه هـای ۱ و ۷ کـه در فلوهـای مختلـف نیتروژن در دمای اتاق نهشت یافته اند. ۸۳

جدول (۳-۶) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویـژه و رسـانندگی نمونـه هـای۲و ۶ کـه در فلوهـای مختلـف نیتروژن، در دمای اتاق نهشت یافته اند. ۸۳

جدول (۳-۷) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویـژه و رسـانندگی نمونـه هـای۳ و ۵ کـه در فلوهـای مختلـف نیتروژن، در دمای اتاق نهشت یافته اند. ۸۴

جدول (۳-۸) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویـژه و رسـانندگی نمونـه هـای۴ و ۸کـه در فلوهـای مختلـف نیتروژن، در دمای اتاق نهشت یافته اند. ۸۴

جدول(۳-۹) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه هـای ۹ و ۱۳ کـه در فلوهـای مختلـف نیتروژن، در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد نهشت یافته اند. ۸۵

جدول (۳-۱۰) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۱۰ و ۱۴ که در فلوهای مختلـف نیتروژن، در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد نهشت یافته اند. ۸۶

جدول (۳-۱۱) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۱۱ و ۱۵ که در فلوهای مختلف نیتروژن، در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد نهشت یافته اند. ۸۶
جدول (۳-۱۲) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۱۲ و ۱۶ که در فلوهای مختلف نیتروژن، در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد نهشت یافته اند. ۸۶
جدول (۳-۱۳) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۱ و ۱۴ که در دماهای مختلف زیر لایه نهشت یافته اند. ۸۷
جدول (۳-۱۴) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۲ و ۱۵ که در دماهای مختلف زیر لایه نهشت یافته اند. ۸۸
جدول (۳-۱۵) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۳ و ۱۶ که در دماهای مختلف زیر لایه نهشت یافته اند. ۸۸
جدول (۳-۱۶) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۴ و ۱۳ که در دماهای مختلف زیر لایه نهشت یافته اند. ۸۸
جدول (۳-۱۷) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۵ و ۱۲ که در دماهای مختلف زیر لایه نهشت یافته اند. ۸۹
جدول (۳-۱۸) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۶ و ۱۱ که در دماهای مختلف زیر لایه نهشت یافته اند. ۸۹
جدول (۳-۱۹) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۷ و ۱۰ که در دماهای مختلف زیر لایه نهشت یافته اند. ۸۹
جدول (۳-۲۰) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی نمونه های ۸ و ۹ که در دماهای مختلف زیر لایه نهشت یافته اند. ۹۰
جدول (۳-۲۱) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی الکتریکی لایه هایی که در دمای زیرلایه یکسان ولی در توانهای تخلیه الکتریکی مختلف نهشت یافته اند. ۹۲
جدول (۳-۲۲) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی الکتریکی لایه هایی که در دمای زیرلایه یکسان ولی در توانهای تخلیه الکتریکی مختلف نهشت یافته اند. ۹۴

جدول (۳-۲۳) : مقایسه مقاومت الکتریکی، مقاومت ویژه و رسانندگی الکتریکی لایه هـایی کـه در دمـای زیرلایـه یکسان ولی در توانهای تخلیه الکتریکی مختلف نهشت یافته اند. ۹۶
جدول (۳-۲۴) : نتایج حاصل از اندازه گیری ثابت هال برای نمونه ها..... ۱۰۲
جدول (۳-۲۵) : مقایسه ثابت هال نمونه های ۹ و ۱۳ برای فلوهای مختلف گاز نیتروژن ۱۰۴
جدول (۳-۲۶) : مقایسه ثابت هال نمونه های ۱۰ و ۱۴ برای فلوهای مختلف گاز نیتروژن ۱۰۴
جدول (۳-۲۷) : مقایسه ثابت هال نمونه های ۱۱ و ۱۵ برای فلوهای مختلف گاز نیتروژن ۱۰۴
جدول (۳-۲۸) :مقایسه ثابت هال نمونه های ۶ و ۱۱ برای دماهای مختلف زیرلایه ۱۰۵
جدول (۳-۲۹) :مقایسه ثابت هال نمونه های ۷ و ۱۰ برای دماهای مختلف زیرلایه ۱۰۶
جدول (۳-۳۰) : مقایسه ثابت هال نمونه های ۵ تا ۸ با تغییر توان های تخلیه الکتریکی AC و DC ۱۰۷
جدول (۳-۳۱) : مقایسه ثابت هال نمونه های ۹ تا ۱۲ با تغییر توان های تخلیه الکتریکی AC و DC ۱۰۸

مقدمه

تکنولوژی فیلم‌های نازک بطـور همزمـان یکـی از قـدیمی‌تـرین هنرهـا و در عـین حـال یکـی از جدیدترین علوم به شمار می‌رود. مفید بودن خصوصیات لایه‌های نازک و جالب توجه بودن مطالعه بـر روی رفتار جامدهای دو بعدی باعث شده که چه از نظر علمی و چه از نظر تکنولوژیکی به لایه‌های نـازک توجـه ویژه‌ای صورت گیرد و باعث پیشرفت سریع فناوری لایه‌های نازک، بویژه پیشرفت رونشانی در خلأ شود.

اولین لایه نازک در سال ۱۸۳۸ به روش الکترولیز تهیه شد. پـس از آن در سـال ۱۸۵۲ بانسـن[۱] و گرو[۲] توانستند به ترتیب با استفاده از روش واکنش شیمیایی و کندوپاش توسط تخلیـه نـورانی، لایـه‌هـای نازکی از فلزات را تهیه کنند. بعدها فارادی در سال ۱۸۵۸ با عبور دادن جریان الکتریکی زیاد از یـک سـیم فلزی و تبخیر آن (سیم انفجاری[۳]) توانست لایه‌های نازک فلـزی بدسـت آورد. لایـه‌هـای نـازک خـواص اپتیکی، الکتریکی، مکانیکی و خواص قابل ملاحظه دیگری را از خود نشان می‌دهند. عـلاوه بـر آن، ممکـن است لایه‌های نازک، روی فرایندهای مختلفی که در سطح و فصل مشترک روی می‌دهد ماننـد خـوردگی، اصطکاک و غیره اثر قابل ملاحظه‌ای داشته باشند.

لایه‌های نازک با توجه به خواصشان کاربردهای متنوعی دارند. یکی از کاربردهـای مهـم لایـه‌هـای نازک کاربردهای اپتیکی از جمله استفاده بعنوان پوشش‌های بازتابی یا چند بازتابی و همچنـین کـاربرد در حافظه‌های اپتیکی در فناوری ذخیره اطلاعات است. لایه‌های نازک در چنـد سـال گذشـته در الکترونیـک کاربردهای زیادی پیدا کرده است. تکنولوژی لایه‌های نازک در ساخت اتصـالات الکترونیکـی، اتصـال‌هـای بینابینی، مقاومت‌ها، خازن‌ها و القاگرهـا، قطعـات الکترونیکـی فعـال (دیودهـا وترانزیسـتورها) مـدارهای

[1] . Bunson
[2] . Grove
[3] .Exploding Wire

یکپارچه (IC)، لایه‌های فرومغناطیس و ابررسانا و... کاربرد وسیعی دارد[۱و۲].

در فصل اول این پژوهش لایه‌های نازک، خواص آنها و روشهای تهیه لایه‌های نازک معرفی خواهد شد.

در فصل دوم، از روشهای تهیه لایه‌های نازک، روش کندوپاش مگنترونی به طور کامل توضیح داده شده و دستگاه کندوپاش مگنترونی موجود در دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز معرفی شده است. در ادامه فصل نیز به خواص الکتریکی لایه‌های نازک و روشهای اندازه گیری این خواص برای لایه‌های نازک اشاره شده است.

در نهایت در فصل سوم، نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری خواص الکتریکی لایه‌های نازک نانوساختار آلومینیوم تیتانیوم نیترید، ارائه شده و همچنین تأثیر تغییر شرایط نهشت بر روی خواص الکتریکی لایه‌ها، در قالب جداول و نمودارها، بررسی شده است.

فصل اول

بررسی منابع و پیشینه تحقیق

۱ فصل اول

۱-۱) مقدمه

در سال‌های اخیر، علم لایه‌های نازک در میان سایر علوم رشد قابل ملاحظه‌ای داشته و حجم وسیعی از تحقیقات را به خود اختصاص داده است. بی‌شک رشد چشمگیر ارتباطات، پردازش اطلاعات، ذخیره سازی، صفحه‌های نمایش، صنایع تزئینی، ابزارآلات نوری، مواد سخت و عایق‌ها، نتیجه‌ی تولید لایه‌های نازک براساس فناوری‌های نوین می‌باشد. در ساخت لایه‌های نازک نیز در سال‌های اخیر تحولات وسیعی صورت گرفته است که خود ناشی از پیشرفت در فناوری خلاء، تولید میکروسکوپ‌های الکترونی و ساخت وسایل دقیق و پیچیده شناسایی مواد است. همچنین باز شدن مباحثی نظیر میکروالکترونیک، اپتیک و نانوتکنولوژی مدیون اهمیت پوشش‌های لایه نازک می‌باشد. از نقطه نظر تاریخی در ابتدا از تکنولوژی لایه نازک درصنایع مدارهای مجتمع استفاده شد. در ادامه، طی ۴۰ سال اخیر، نیاز صنایع به ابزارهای کوچکتر و سریعتر، تکنولوژی و فیزیک لایه-های نازک را جهت رسیدن به این هدف بهبود بخشید.

لایه‌های نازک، با ضخامت زیر میکرونی، با خواصی ناشی از دو ویژگی اصلی آنها که شامل نازک بودن و بزرگی فوق العاده نسبت سطح به حجم است، کاربردهای فراوانی در فناوری‌های نوین یافته‌اند. با توجه به عملکرد و خواص لایه‌های نازک، می‌توان از آنها جهت بهبود تکنولوژی‌هایی نظیر سلولهای خورشیدی، سنسورها، کاربردهای نوری، مهندسی الکترونیک نیز استفاده نمود[۳].

۱-۲) تعریف لایه نازک

به طور کلی لایه به ماده یا موادی گفته می‌شود که به صورت پوششی بر یک سطح یا ماده می‌نشیند و باعث ایجاد خواص فیزیکی جدیدی می‌شود که خصوصیات سطحی زیرلایه را ارتقاء می‌بخشد. معمولاً اگر لایه

تشکیل شده، نازک باشد، خواص فیزیکی جدیدی از خود بروز می‌دهد، که با خواص همان لایه به صورت توده-ای، متفاوت است زیرا در یک لایه نازک :

الف) ضخامت خیلی کم است.

ب) نسبت سطح به حجم آن خیلی زیاد است .

ج) دارای ساختار فیزیکی ویژه‌ای است که مستقیماً مربوط به فرایند رشد لایه می‌باشد.

بعضی از پدیده‌هایی که مربوط به ضخامت کم لایه‌های نازک می‌شوند عبارتند از :

تداخل نوری، تونل زنی الکترونی در لایه‌های عایق، مقاومت ویژه بالا و پایین بودن ضریب مقاومت حرارتی ، بالا بودن نسبت سطح به حجم لایه‌های نازک مربوط به ضخامت کم آنهاست و نیز ریزساختارهای آنها پدیده‌های دیگری را از قبیل جذب سطحی گازها، پخش و غیره ایجاد می‌کند[۳،۴و۵].

۱-۳) تقسیم بندی انواع لایه‌ها

تقسیم بندی انواع لایه‌ها را بر اساس رسانایی و ضخامت آنها انجام می‌دهند. بر حسب رسانایی، لایه‌ها را به سه دسته رسانا، نیم رسانا و عایق (نارسانا) تقسیم می‌کنند. لایه‌های رسانا، لایه‌هایی هستند که در آنها نوار رسانش نیمه پر است و یا نوار رسانش و نوار ظرفیت با هم همپوشانی می‌کنند. به همین دلیل در مورد اخیر نوار رسانش این لایه‌ها سرشار از الکترون‌های آزاد است. از جمله کاربردهای لایه‌های رسانا می‌توان به استفاده از آنها در ساخت مقاومت‌ها، اتصال‌های الکتریکی و همچنین قطعات الکترونیکی در مدارهای الکترونیکی اشاره کرد. اما لایه‌های عایق یا نارسانا، لایه‌هایی هستند که در آنها بین نوارهای ظرفیت و رسانش، یک گاف انرژی از مرتبه بین ۵ eV تا ۱۰ eV وجود دارد. از جمله کاربردهای این نوع لایه‌ها، می‌توان به ساخت مواد و لایه‌های عایق از آنها و همچنین کاربرد آنها در جداسازی فلزات از هم یا جدا کردن فلزات از نیمه‌رساناها که در مدارات و قطعات الکترونیکی بسیار دیده می‌شود، اشاره کرد. اما

لایه‌های نیم رسانا، لایه‌هایی هستند که گاف انرژی آنها در بازه ۱ eV تا ۵ eV است و به همین دلیل دارای بیشترین کاربردها در صنایع الکترونیک و میکروالکترونیک و در ساخت قطعات مختلف می-باشند[۴].

از نقطه نظر ضخامت نیز اصولاً لایه‌ها و پوشش‌های مختلف به سه گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱- لایه‌های بسیار نازک با ضخامت کمتر از ۵۰ آنگستروم

۲- لایه‌های نازک با ضخامت بین ۵۰ تا ۵۰۰۰ آنگستروم

۳- لایه‌های ضخیم با ضخامت بیش از ۵۰۰۰ آنگستروم

طبق تعریف بالا، لایه‌های نازک، لایه‌هایی هستند که ضخامت آنها بین ۵۰ تا۵۰۰۰ آنگستروم می-باشد. لایه‌های نازک را می‌توان در دسته پوشش‌های نانوساختار دسته بندی کرد[۶].

۱-۴) خواص لایه های نازک

لایه‌های نازک، خواص بسیار جالبی دارند که متفاوت از خواص توده‌ای مواد تشکیل دهنده آنها است. این خواص شامل خواص الکتریکی، خواص مغناطیسی، خواص نوری، خواص مکانیکی، خواص شیمیایی و خواص حرارتی لایه‌های نازک می‌باشد. این خواص، به پارامترهای زیادی وابسته‌اند که این پارامترها مربوط به روش تولید و کیفیت و نوع ماده‌ی زیر لایه، خواهند بود. در مورد روش‌های لایه نشانی از پارامترهای مربوط به روش تولید، می توان به میزان خلأ ، جریان گاز عبوری حین فرایند رشد لایه، سرعت لایه نشانی و خلوص مواد پوشش، اشاره کرد[۷].

۱-۴-۱) خواص مکانیکی

یکی از خواص مهم لایه‌های نازک خواص مکانیکی است. روش‌های مختلف تولید و ساخت لایه-