دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک (حالت جامد)

عنوان:

محاسبه، لایه‌نشانی و تعیین مشخصه اپتیکی و الکتریکی پوشش‌های چند لایه شفاف در ناحیه مرئی و بازتابنده در ناحیه مادون قرمز

استاد راهنما:

دکتر محمد سعید هادوی

استاد مشاور:

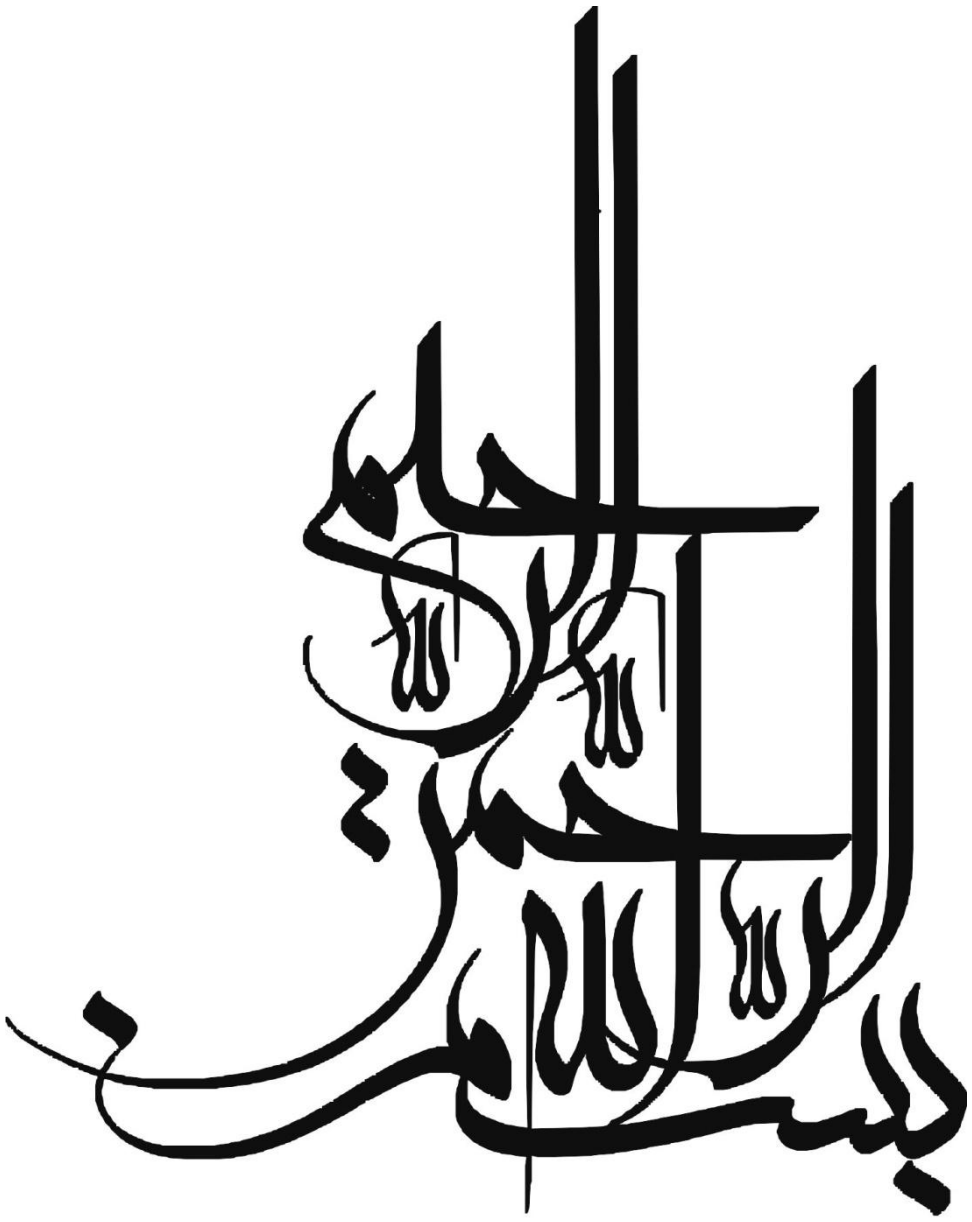
دکتر مجید رشیدی هویه

تحقیق و نگارش:

زهرا شاهدی گاوافشادی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

بهمن ۱۳۸۹


بسم الله الرحمن الرحيم

الهی...

در جلال رحمانی، در کمال سبحانی

نه محتاج زمانی، نه آرزومند مکانی

نه کس به تو ماند، نه تو به کس مانی

پیداست که در میان جانی

بلکه جان زنده به چیزیست که تو آنی

.

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان محاسبه، لایه‌نشانی و تعیین مشخصه اپتیکی و الکتریکی پوشش‌های چند لایه شفاف در ناحیه مرئی و بازتابنده در ناحیه مادون قرمز قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد فیزیک توسط دانشجو زهرا شاهدی گاوافشادی تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر محمد سعید هادوی تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

زهراشاهدی گاوافشادی

این پایان نامه ۸ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	**دکتر محمد سعید هادوی**		
استاد مشاور:	**دکتر مجید رشیدی هویه**		
داور ۱:	**دکتر احمد کمپانی**		
داور ۲:	**دکتر ناصر هاتفی**		

نماینده تحصیلات تکمیلی:

.

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب زهرا شاهدی گاوافشادی تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: زهراشاهدی گاوافشادی

امضاء

تقدیم به:

دوست داشتنی ترین های زندگیم

مادر و پدرم،

به بهترین هایم

خواهران و برادرانم

تقدیم به آنان که دوستشان دارم،

و آنان که دوستم دارند، .....

.

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانم از پدرم و مادرم به عنوان اولین مشوقم در جهت کسب علم صمیمانه تقدیر و تشکر به عمل آورم. دو نگین تابناک که همچون خورشیدی در پیچ و خم این مسیر تاریک، روشنگر و راهنما بوده‌اند. همچنین از زحمات و فداکاری‌های خواهران و برادران عزیزم که همیشه مشوق من در تحصیل علم بوده‌اند تشکر و قدردانی می-نمایم. از خداوند متعال برای همه این عزیزان آرزوی طول عمر با عزت و توفیق روز افزون مسئلت می‌نمایم.

از دوستان عزیزم که گل وجودشان این کویر را باغی دل انگیز ساخت به خاطر تمام لحظه‌های زیبایی که برایم آفریدند سپاسگزارم و برایشان آرزوی سلامت و بهروزی دارم.

از استاد راهنما آقای دکتر سعید هادوی و استاد مشاور دکتر مجید رشیدی که با راهنمایی‌های خود مرا یاری رساندند کمال تشکر را دارم.

.

چکیده:

در این پروژه پس از لایه‌نشانی ساختارهای لایه نازک SnO_2 و پوشش‌های دوتایی- دوتـایی SnO_2-ZnO، خواص الکتریکی، اپتیکی و ساختاری آنها ، همچنین اثر ناخالصی فلوئور، F ،و نیز تاثیر لایه‌نشانی لایه‌های ضدبازتاب بر روی آنها مورد مطالعه قرار گرفته است.

نمونه‌ها به روش "اسپری پایرولیزیز" تهیه سپس مقاومت الکتریکی سطحی، ضریب هال، تـراکم ناخالصـی و میـزان شفافیت در گستره‌ی مرئی این نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میزان عبور لایـه‌هـای ترکیبی SnO_2-ZnO از نمونه‌ی SnO_2 بالاتر است. در حالی که مقاومت الکتریکی سطحی لایه‌های ترکیبـی بیشـتر از SnO_2 می‌باشد. گاف انرژی، ضریب جذب و ضریب شکست با استفاده از طیف عبوری اپتیکی تعیـین گردیـد کـه نشان دهنده‌ی افزایش پهنای گاف انرژی با افزایش تراکم ناخالصی می‌باشد. اثر نشاندن لایه‌های ضـدبازتاب MgF_2، SiO_2 بر پاسخ نوری نمونه‌ها ابتدا شبیه سازی مورد مطالعه قرارگرفت و بدین ترتیب ضخامت بهینه برای لایـه‌هـای ضدبازتاب روی نمونه‌ها تعیین گردید. لایه‌های مورد نظر به کمک دستگاه تبخیـر حرارتـی VAS بـر روی نمونـه‌هـا نشانده شد. نتایج به دست آمده بیانگر کاهش بازتابش نمونه‌ها و افزایش میزان عبور نوری لایه‌ها می‌باشد.

کلمات کلیدی:لایه نازک، اسپری پایرولیزیز، لایه ضدبازتاب، SnO_2، SnO_2-ZnO، MgF_2، SiO_2

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: معرفی اکسیدهای رسانای شفاف و ویژگی‌های فیزیکی آنها..... ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- خواص اپتیکی و الکتریکی اکسیدهای رسانای شفاف ۴

۱-۲-۱- خصوصیات الکتریکی اکسیدهای رسانای شفاف ۵

۱-۲-۱-۱- محاسبه ضرایب هدایت الکتریکی، هال، نرنست و سیبک ۸

۱-۲-۲- خصوصیات اپتیکی اکسیدهای رسانای شفاف ۱۴

۱-۲-۲-۱- خواص اپتیکی در ناحیه‌ی فرابنفش ۱۶

۱-۲-۳- تاثیر ضخامت بر خواص الکتریکی و اپتیکی لایه‌های نازک رسانای شفاف..... ۱۸

۱-۳- معیارهای انتخاب اکسیدهای رسانای شفاف ۱۸

۱-۳-۱- رسانندگی الکتریکی ۱۸

۱-۳-۲- فرکانس پلاسمایی ۱۹

۱-۳-۳- تابع کار ۲۰

۱-۳-۴- پایداری گرمایی رساناهای شفاف ۲۰

۱-۳-۵- کمترین دمای لایه‌نشانی ۲۱

۱-۳-۶- سدهای نفوذی بین رساناهای شفاف وزیرلایه‌های شیشه‌ای حاوی سدیم ۲۱

۱-۳-۷- الگوی خوردگی در رساناهای شفاف ۲۲

۱-۳-۸- قابلیت دوام شیمیایی ۲۳

۱-۳-۹- پایداری در پلاسمای هیدروژن ۲۳

۱-۳-۱۰- سختی مکانیکی رساناهای شفاف ۲۳

۱-۳-۱۱- هزینه‌های تولید ۲۴

۱-۳-۱۲- سمی بودن ۲۵

فصل دوم:روش‌های تهیه‌ی لایه‌های رسانای شفاف ۲۶
۲-۱- مقدمه ۲۷
۲-۲- روش‌های تهیه‌ی لایه‌های نازک ۲۸
۲-۲-۱- لایه‌نشانی به روش تبخیر حرارتی ۲۹
۲-۲-۱-۱- فیزیک تبخیر ۳۲
۲-۲-۱-۲- پارامترهای موثر در کیفیت لایه‌های رشد یافته به روش تبخیر حرارتی ۳۴
۲-۲-۱-۳- تهیه‌ی لایه نازک به روش تبخیر حرارتی با استفاده از منابع مقاومتی ۳۴
۲-۲-۱-۴- روش تبخیر با باریکه الکترونی (EBE) ۳۷
۲-۲-۱-۵- مزایای روش EBE ۳۸
۲-۲-۱-۶- معایب روش EBE ۳۸
۲-۲-۱-۷- روش تبخیر لحظه‌ای ۳۹
۲-۲-۱-۸- تبخیر به روش سیم انفجاری ۳۹
۲-۲-۱-۹- روش تبخیر واکنش پذیر ۳۹
۲-۲-۱-۱۰- تبخیر واکنش پذیر فعال شده ۴۰
۲-۲-۱-۱۱- روش تبخیر لیزری ۴۰
۲-۲-۱-۱۲- تبخیر با استفاده از قوس الکتریکی ۴۰
۲-۲-۱-۱۲- تبخیر با استفاده از گرمای امواج RF ۴۱
۲-۲-۲- لایه‌نشانی به روش کندوپاش (اسپاترینگ) ۴۱
۲-۲-۲-۱- اسپاترینگ dc ۴۲
۲-۲-۲-۲- اسپاترینگRF ۴۴
۲-۲-۲-۳- کندوپاش واکنش پذیر ۴۵
۲-۲-۲-۴- کندوپاش مگنترون ۴۶
۲-۲-۲-۵- کند.پاش مگنترون نامتوازن ۴۶
۲-۲-۲-۶= کندوپاش با ستون یونی ۴۷
۲-۲-۲-۷- مزایای استفاده از روش کندوپاش در لایه‌نشانی ۴۷
۲-۲-۲-۸- برخی از معایب کندوپاش ۴۷

۲-۲-۳- لایه‌نشانی به روش اپی‌تکسی باریکه مولکولی (MBE) ۴۸
۲-۲-۴- لایه‌نشانی به روش لیزر پالسی(PLD) ۴۹
۲-۲-۵- لایه‌نشانی به روش بخار شیمیایی(CVD) ۵۰
۲-۲-۶-لایه‌نشانی به روش اسپری پایرولیزیز ۵۰
۲-۲-۶-۱- جنبه های فیزیکی ۵۲
۲-۲-۶-۲- سینتیک رشد ۵۳
۲-۲-۶-۳- جنبه های شیمیایی ۵۴
۲-۲-۶-۴- اثرات زیرلایه ۵۴
۲-۲-۶-۵- خواص فیزیکی لایه‌های ساخته شده به روش اسپری پایرولیزیز ۵۴
۲-۲-۷- لایه‌نشانی به روش سل- ژل ۵۵
۲-۲-۸- لایه‌نشانی به روش آبکاری الکتریکی(الکترولیز) ۵۵
۲-۲-۹- لایه‌نشانی به روش آبکاری بدون استفاده از جریان الکتریکی ۵۶
۲-۲-۱۰- لایه‌نشانی به روش آندیزاسیون ۵۶
۲-۲-۱۱- لایه‌نشانی به روش حمام شیمیایی(CBD) ۵۷
۲-۲-۱۲- روکش دادن یونی واکنش پذیر ۵۷
۲-۲-۱۳- غوطه ور سازی ۵۸
فصل سوم:پوشش‌های ضد بازتاب ۵۹
۳-۱- مقدمه ۶۰
۳-۲- پوشش‌های ضد بازتاب تک لایه‌ای ۶۱
۳-۳- پوشش‌های ضد بازتاب دولایه‌ای ۶۴
۳-۳-۱- ضخامت اپتیکی هر لایه مساوی $\lambda/4$(پوشش ربع – ربع) ۶۷
۳-۳-۲- ضخامت اپتیکی مساوی، پوشش‌های غیر ربعی ۶۹
۳-۳-۳- لایه داخلی $\lambda/2$، لایه خارجی $\lambda/4$ ۷۰
۳-۳-۴- ضخامت اپتیکی هر لایه‌ها مضرب صحیحی از $\lambda/4$ نباشد ۷۱
۳-۴- پوشش‌های ضد بازتاب چند لایه‌ای و نا همگن ۷۲
فصل چهارم: ویژگی‌های فیزیکی رساناهای شفاف ZnO و SnO_2 و ویژگی‌های ۷۵

فیزیکی لایه‌های ضدبازتاب SiO_2 و MgF_2 .....

۴-۱- مقدمه ۷۶

۴-۲- بررسی ویژگی‌های لایه‌های نازک اکسید روی ۷۶

۴-۲-۱- خواص ساختاری لایه‌های نازک اکسید روی ۷۶

۴-۲-۲- خواص الکتریکی لایه‌های نازک اکسید روی ۷۸

۴-۲-۳- خواص اپتیکی لایه‌های نازک اکسید روی ۷۹

۴-۳- تاثیر آلاینده‌های متفاوت بر روی لایه‌های نازک اکسید روی ۷۹

۴-۳-۱- بررسی اثر آلاینده‌ها بر ساختار لایه‌های نازک اکسید روی ۷۹

۴-۳-۲- تاثیر آلاینده‌ها بر خواص اپتیکی لایه‌های نازک اکسید روی ۸۰

۴-۳-۳- تاثیر آلاینده‌ها بر خواص الکتریکی لایه‌های نازک اکسید روی ۸۲

۴-۴- بررسی ویژگی‌های لایه‌های نازک اکسید قلع ۸۴

۴-۴-۱- خواص ساختاری لایه‌های نازک اکسید قلع ۸۴

۴-۴-۲- خواص الکتریکی لایه‌های نازک اکسید قلع ۸۴

۴-۴-۳- خواص اپتیکی لایه‌های نازک اکسید قلع ۸۵

۴-۵- تاثیر آلاینده‌های متفاوت بر خواص لایه‌های نازک اکسید قلع ۸۵

۴-۵-۱- بررسی ساختار اثر آلاینده‌ها بر لایه‌های نازک اکسید قلع ۸۵

۴-۵-۲- تاثیر آلاینده‌ها بر خواص اپتیکی لایه‌های نازک اکسید قلع ۸۶

۴-۵-۳- تاثیر آلاینده‌ها بر خواص الکتریکی لایه‌های نازک اکسید قلع ۸۷

۴-۶- بررسی ویژگی‌های MgF_2 و SiO_2 ..... ۸۸

۴-۶-۱- مقدمه ۸۸

۴-۶-۲- خواص ساختاری پوشش‌های MgF_2 و SiO_2 ..... ۸۹

۴-۶-۳- خواص اپتیکی MgF_2 و SiO_2 ..... ۹۰

فصل پنجم: بحث و بررسی نتایج تجربی..... ۹۳

۵-۱- مقدمه ۹۴

۵-۲- تهیه‌ی لایه‌های نازک اکسیدهای رسانای شفاف ۹۴

۵-۲-۱- آماده سازی محلول اسپری ۹۴
۵-۲-۱-۱- آماده سازی محلول اسپری برای تهیه‌ی لایه‌های نازک اکسید قلع ۹۴
۵-۲-۱-۲- آماده سازی محلول اسپری برای تهیه‌ی لایه‌های دوتایی SnO_2-ZnO ۹۵
۵-۲-۲- شرایط لایه‌نشانی ۹۶
۵-۲-۳- توجیه واکنش‌های شیمیایی انجام شده در خلال فرایند پایرولیزیز ۹۷
۵-۳- بررسی ویژگی‌های الکتریکی ۹۷
۵-۳-۱- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی ۹۸
۵-۳-۲- اندازه‌گیری ضریب هال و تعیین تراکم حامل‌ها ۱۰۲
۵-۴- بررسی ویژگی‌های اپتیکی ۱۰۶
۵-۴-۱- بررسی طیف عبوری ۱۰۶
۵-۴-۲- بررسی اثرات ضدبازتاب برروی طیف عبوری ۱۱۰
۵-۴-۲-۱- طراحی و بهینه‌سازی لایه‌ها ۱۱۱
۵-۴-۳- محاسبه ضرایب شکست، ضخامت لایه‌ها و پهنای گاف انرژی ۱۱۶
۵-۵- بررسی ویژگی‌های ساختاری ۱۳۱
فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۳۴
۶-۱- نتیجه گیری ۱۳۵
۶-۲- پیشنهادات ۱۳۶
مراجع ۱۳۷
پیوست ۱۴۲

.

فهرست جدول ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۱-۱ فرکانس پلاسمایی چند اکسید رسانای شفاف ۱۹

جدول ۱-۲ توابع کار اندازه‌گیری شده برای چند رسانای شفاف ۲۰

جدول ۱-۳ دمای پایداری چند نمونه از اکسیدهای رسانای شفاف ۲۱

جدول ۱-۴ برخی از مواد شیمیایی مورد استفاده برای خوردگی در رساناهای شفاف ۲۳

جدول ۱-۵ مقادیر سختی رساناهای شفاف ۲۴

جدول ۲-۱ انرژی فوتون گسیلی در گازها ۴۹

جدول ۳-۱:پوشش‌های ضدبازتاب عملی برای چند زیرلایه متداول ۷۳

جدول ۴-۱ برخی از خواص اکسید روی ۷۸

جدول ۵-۱ مقادیر جرمی متناسب با درصدهای اتمی متفاوت فلوئور ۹۵

جدول ۵-۲ مقادیر جرمی متناسب با درصدهای اتمی متفاوت روی ۹۵

جدول ۵-۳ مقادیر جرمی متناسب با درصدهای وزنی متفاوت فلوئور ۹۶

جدول ۵-۴ مقاومت سطحی SnO_2 بر حسب درصد ناخالصی F با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $500^{o}c$ ۹۸

جدول ۵-۵ مقاومت سطحی SnO_2-ZnO بر حسب درصد ناخالصی Zn با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $480^{o}c$ ۹۹

جدول ۵-۶ مقاومت سطحی SnO_2-ZnO بر حسب درصد ناخالصی F با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $480^{o}c$ ۱۰۰

جدول ۵-۷ مقاومت الکتریکی ویژه نمونه‌های تهیه شده SnO_2 با درصد ناخالصی متفاوت F با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $500^{o}c$ ۱۰۱

جدول ۵-۸ مقاومت الکتریکی ویژه نمونه‌های تهیه شده SnO_2-ZnO با درصد ناخالصی متفاوت Zn با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $480^{o}c$ ۱۰۱

جدول ۵-۹ مقاومت الکتریکی ویژه نمونه‌های تهیه شده SnO_2-ZnO با درصد ناخالصی متفاوت F با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $480^{o}c$ ۱۰۲

جدول ۵-۱۰ ضریب هال و تراکم حامل نمونه‌های تهیه شده SnO_2 با درصد ناخالصی متفاوت F با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $500^{o}c$ ۱۰۳

جدول ۵-۱۱ ضریب هال و تراکم حامل نمونه‌های تهیه شده SnO_2-ZnO با درصد ناخالصی متفاوت Zn با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $480^{o}c$ ۱۰۴

جدول ۵-۱۲ ضریب هال و تراکم حامل نمونه‌های تهیه شده SnO_2-ZnO با درصد ناخالصی متفاوت F با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $480^{o}c$ ۱۰۵

جدول ۵-۱۳ ضخامت‌های محاسبه شده با استفاده از برنامه کامپیوتری **PARAV** ۱۱۸

جدول ۵-۱۴ پهنای گاف انرژی نمونه‌های تهیه شده SnO_2 با درصد ناخالصی متفاوت F با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $500^{o}c$ ۱۲۷

جدول ۵-۱۵ پهنای گاف انرژی نمونه‌های تهیه شده SnO_2-ZnO با درصد ناخالصی متفاوت Zn با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $480^{o}c$ ۱۲۸

جدول ۵-۱۶ پهنای گاف انرژی نمونه‌های تهیه شده SnO_2-ZnO با درصد ناخالصی متفاوت F با مقدار محلول اسپری شده ۱۰cc و دمای زیرلایه $480^{o}c$ ۱۲۸

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱ پیکان‌ها جهت حرکت الکترون‌ها از انتهای گرم قطعه به سوی انتهای سرد را نشان می‌دهند که سبب ایجاد یک میدان الکتریکی در دو سر قطعه می‌گردد ۸

شکل ۱-۲ اختلاف دمای مشاهده شده در اثر نرنست ۱۰

شکل ۱-۳ حامل‌های بار حفره‌ها هستند ۱۱

شکل ۱-۴ نقش زمان واهلش در حضور میدان‌های متقاطع الکتریکی و مغناطیسی زمان کوتاه واهلش منجر به کوچک شدن زاویه هال ، φ می‌شود و با زیاد شدن زمان واهلش زاویه φ بزرگتر می‌شود ۱۲

شکل ۲-۱ طرح کلی دستگاه تبخیر حرارتی ۳۰

شکل ۲-۲ منحنی تغییرات فشار بخار برای چند ماده برحسب درجه حرارت ۳۳

شکل ۲-۳ نمایش منحنی‌های تجربی انتقال اتم‌های ماده هدف به سطح زیرلایه ۳۴

شکل ۲-۴ منابع مقاومتی گرافیت و تنگستن ۳۶

شکل ۲-۵ نمایش انواع تفنگ های الکترونی مورد استفاده در تبخیر حرارتی ۳۸

شکل ۲-۶ طرح کلی کندوپاش ۴۲

شکل ۲-۷ طرح دستگاه کندوپاش دوقطبی ۴۳

شکل۲-۸ طرح دستگاه کندوپاش سه قطبی ۴۴

شکل ۲-۹ طرح یک دستگاه کندوپاش دو قطبی RF ۴۵

شکل ۲-۱۰ طرح کلی منبع کندوپاش مگنترون ۴۶

شکل ۲-۱۳ نمایش کلی یک دستگاه لایه‌نشانی MBE ۴۸

شکل ۲-۱۴ طرح کلی از یک دستگاه اسپری پایرولیزیز ۵۱

شکل ۲-۱۵ انواع نازل ۵۲

شکل ۳-۱ بازتابندگی قائم برای یک لایه به ضخامت اپتیکی ربع طول موج با ضریب شکست n_1 بر روی زیرلایه‌ای به ضریب شکست n_s برحسب تابعی از $\frac{n_1}{(n_0 n_s)^{1/2}}$ ۶۲

شکل ۳-۲ منحنی‌های محاسبه شده بازتابندگی برحسب طول موج برای یک ضخامت ربع طول موج ازیک پوشش ضدبارتاب و MgF_2 در روی شیشه در زوایای تابش مختلف ۶۳

شکل ۳-۳ منحنی‌های بازتابندگی برحسب طول موج برای انواع مختلف پوشش‌های ضدبازتاب در روی Ge ۶۸

شکل ۳-۴ نمودار شوستر ۷۲

شکل ۳-۵ : میزان عبور اپتیکی یک زیرلایه Ge پوشیده شده در دو طرف با لایه ناهمگن $Ge - MgF_2$ به ضخامتی فیزیکی μ_m ۱/۲ ۷۴

شکل ۴-۱ شبکه بلوری ZnO ۷۷

شکل ۴-۲ نمونه پراش X-ray لایه ZnO آلاییده با In و Ga ۸۰

شکل ۴-۳ طیف عبوری لایه‌های نازک ZnO آلاییده شده با Ga و B ۸۱

شکل ۴-۴ نمودار $(\alpha hv)^2$ برحسب انرژی فوتون لایه‌های نازک ZnO آلاییده شده با In ۸۲

شکل ۴-۵ تغییرات مقاومت الکتریکی و تغییرات تراکم حامل‌ها با غلظت آلاینده در لایه‌های نازک ZnO ۸۳

شکل ۴-۶ تغییر تحرک‌پذیری هال (μ_h) با غلظت آلاینده در لایه‌های نازک ZnO ۸۳

شکل۴-۷ نمونه پراش X-ray لایه SnO_2 آلاییده با In در دماهای متفاوت ^0c ۴۰۰-۸۰۰ ۸۶

شکل ۴-۸ طیف عبوری لایه‌های نازک SnO_2 آلاییده شده با Sb ۸۷

شکل ۴-۹ تغییرات مقاومت الکتریکی ، تراکم حامل‌ها و تحرک‌پذیری هال (μ_h) با تراکم آلاینده در لایه‌های نازک SnO_2 ۸۸

شکل ۴-۱۰ نمونه پراش X-ray و سایز دانه‌ها از لایه MgF_2 ۹۰

شکل ۴-۱۱ شاخص شکست برای لایه SiO_2 ۹۱

شکل ۴-۱۲ طیف عبوری از SiO_2 ۹۱

شکل ۴-۱۳ طیف عبوری از MgF_2 با افزایش دما ۹۲

شکل ۵-۱ سطحی نوعی از نمونه‌های الکترودگذاری شده (قسمت سایه زده شده مربوط به ۹۸

الکترودهای مسی است)

شکل نمودار ۵-۲ نمودار مقاومت سطحی $SnO_2$۰ بر حسب ناخالصی F با مقدار محلول اسپری شده cc ۱۰ و دمای زیرلایه ^0c۵۰۰ ۹۹

شکل نمودار ۵-۳ نمودار مقاومت سطحی SnO_2-ZnO بر حسب آلایندگی Zn با مقدار محلول اسپری شده cc ۱۰ و دمای زیرلایه ^0c۴۸۰ ۱۰۰

شکل نمودار ۵-۴ نمودار مقاومت سطحی SnO_2-ZnO بر حسب آلایندگی F با مقدار محلول اسپری شده cc ۱۰ و دمای زیرلایه ^0c۴۸۰ ۱۰۰

شکل ۵-۵ نمونه قرار گرفته در میدان مغناطیسی و نحوه اندازه‌گیری ولتاژ هال ۱۰۳

شکل ۵-۶ نمودار تغییرات تراکم حامل با درصد ناخالصی F برای نمونه‌های SnO_2 با مقدار محلول اسپری شده cc۱۰ و دمای زیرلایه ^oc۵۰۰ ۱۰۴

شکل ۵-۷ نمودار تغییرات تراکم حامل با درصد ناخالصی Zn برای نمونه¬های SnO_2-ZnO با مقدار محلول اسپری شده cc۱۰ و دمای زیرلایه ^oc۴۸۰ ۱۰۵

شکل ۵-۸ نمودار تغییرات تراکم حامل با درصد ناخالصی F برای نمونه‌های SnO_2-ZnO با مقدار محلول اسپری شده cc۱۰ و دمای زیرلایه ^oc۴۸۰ ۱۰۶

شکل ۵-۹ طیف عبوری اپتیکی لایه‌های نازک SnO_2 با تراکم ناخالصی متفاوت با مقدار محلول اسپری شده cc۱۰ و دمای زیرلایه ^oc۵۰۰ ۱۰۷

شکل ۵-۱۰ طیف عبوری اپتیکی لایه‌های نازک SnO_2-ZnO با تراکم ناخالصی متفاوت Zn با مقدار محلول اسپری شده cc۱۰ و دمای زیرلایه ^oc ۴۸۰ ۱۰۸

شکل ۵-۱۱ طیف عبوری اپتیکی لایه‌های نازک SnO_2-ZnO با تراکم ناخالصی متفاوت F برای مقدار ثابت Zn ۰/۲g با مقدار محلول اسپری شده cc۱۰ و دمای زیرلایه ^oc ۴۸۰ ۱۰۹

شکل ۵-۱۲ طیف عبوری اپتیکی لایه‌های نازک SnO_2-ZnO و SnO_2 با مقدار محلول اسپری شده cc۱۰ و دمای زیرلایه ^oc ۴۸۰ ۱۱۰

شکل۵-۱۳.ساختار شماتیک پوشش چند لایه $TCO/ MgF_2/ SiO_2$/زیرلایه ۱۱۳

شکل ۵-۱۴ طیف عبوری اپتیکی لایه SnO_2 با لایه ضد بازتاب MgF_2 ۱۱۴

شکل۵-۱۵ طیف عبوری اپتیکی لایه SnO_2 با لایه ضد بازتاب MgF_2 با برنامه نویسی ۱۱۴

شکل ۵-۱۶ طیف عبوری اپتیکی لایه SnO_2-ZnO:F با یک لایه وبدون لایه ضد بازتاب MgF_2 ۱۱۵
شکل ۵-۱۷ طیف عبور اپتیکی لایه SnO_2-ZnO:F با یک لایه، دو لایه و بدون لایه ضدبازتاب ۱۱۶
شکل ۵-۱۸ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2 خالص ۱۱۹
شکل ۵-۱۹ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2:F با تراکم ۰/۰۵ گرم ۱۲۰
شکل ۵-۲۰ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2-ZnO با تراکم ناخالصی Zn ۰/۲ g ۱۲۱
شکل ۵-۲۱ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2-ZnO با تراکم ناخالصی Zn ۰/۳ g ۱۲۲
شکل ۵-۲۲ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2-ZnO با تراکم ناخالصی Zn ۰/۵ g ۱۲۳
شکل ۵-۲۳ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2-ZnO با تراکم ناخالصی Zn ۲g ۱۲۴
شکل ۵-۲۴ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2-ZnO:F با تراکم ناخالصی F ۰/۰۵ g ۱۲۵
شکل ۵-۲۵ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2-ZnO:F با تراکم ناخالصی F ۰/۲ g ۱۲۶
شکل ۵-۲۶ نمودار تعیین گاف انرژی بر حسب hν مربوط به نمونه SnO_2-ZnO:F با تراکم ناخالصی F ۰/۴ g ۱۲۷
شکل ۵-۲۷ وابستگی n به طول موج در فیلم SnO_2:F (F۰/۰۵wt٪)با ضخامت ۲۰۰nm ۱۲۹
شکل ۵-۲۸ وابستگی n به طول موج در فیلم SnO_2-ZnO (Zn۰/۲wt٪) با ضخامت ۳۵۰nm ۱۳۰
شکل ۵-۲۹ وابستگی n به طول موج در فیلم SnO_2-ZnO:F (F۰/۲wt٪) با ضخامت ۳۷۰nm ۱۳۱

.