

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک
(گرایش فیزیک حالت جامد)

تهیه و مطالعه خواص فیزیکی لایه های
نانوساختار V_2O_5

از:

روشنک ایرانی

استاد راهنما:

دکتر سید محمد روضاتی

استاد مشاور:

الهام شادمانی

تقدیم به

خانواده عزیزم،

که وجودشان شادی بخش و مایه آرامش من است

بی شک بدون زحمات و حمایت های شاعرزبانم این مسیر پیمودنی نبود.

پاس خدای بزرگم را که مراد این مسیر قرار داد و همواره راه را بر من هموار ساخت.

پاس فراوان از استادانه‌های عزیزم جناب آقای دکتر رضائی، که بارها بنی و پشتیبانی‌های همه‌جانبه ایشان انجام این پایان نامه میسر شد. سخنان و رفتار ایشان چه در زمینه علمی و چه در زمینه اخلاقی چراغ راهم خواهد بود. از استاد مشاور عزیزم خانم شادمانی مشکرم که شروع کار را بر من آسان ساخت و در مراحل کار همراهم بود.

از آقای دکتر Szabolcs Beke که در ترویج علم می‌کوشد و بدون حتی ذره‌ای دریغ علم خود را در اختیار دیگران قرار می‌دهد، بسیار مشکرم و امیدوارم رفتار علمی را از ایشان آموخته باشم.

از اساتید و اور این پایان نامه جناب آقای دکتر اسمعیلی قدسی و جناب آقای دکتر فرجامی شایسته بسیار ممنونم که زحمت دآوری و اصلاحات این پایان نامه را بعهده گرفتند.

از دوستان عزیزم در آزمایشگاه ماده پچگال و حلاء بسیار ممنونم که همواره با صبر و شکیبایی برای تکمیل رسانی و حل مسائل آمادگی دارند (خانم ها ملکی، فلاحتگر، جعفری، عباسی، امیری، نیل کار و آقایان باقری، مظلوم، بوستانی و منعم جو).

از کادر مهربان دانشگاه کیلان و مردم خوب رشت مشکرمی کنم که این دوره را برای من به یادماندنی ساختند.

فهرست مطالب

صفحه

| | |
|---|---------------|
| س | چکیده فارسی |
| ش | چکیده انگلیسی |

فصل اول مقدمه ای بر لایه نازک و کاربردهای آن

| | |
|----|---|
| ۱ | |
| ۲ | ۱ + مقدمه |
| ۳ | ۱-۲ فلزات، نیمه رساناها، عایق‌ها |
| ۵ | ۱ ۳ لایه نازک |
| ۶ | ۱-۴ لایه های نیمه رسانا |
| ۶ | ۱-۵ جهت گیری لایه های نازک |
| ۷ | ۱ ۶ ساخت لایه نازک ۱ ۷ کاربردهای لایه های نازک ۱-۷-۱ اکسیدهای رسانای شفاف (TCO) |
| ۱۰ | ۱-۷-۲ آینه حرارتی ۱-۷-۳ سیستم های جفت بازتابنده- جاذب |
| ۱۲ | ۱ ۸ ساختار شبکه ای V_2O_5 |
| ۱۴ | ۱ ۹ کاربردهای لایه های نازک پنتاکسید وانادیوم ۱-۹-۱ کاربردهای میکروالکترومکانیکی پنتاکسید وانادیوم |
| ۱۵ | ۱-۹-۲ کاربرد پنتاکسید وانادیوم در وسایل الکتروکرومیک |
| ۱۶ | ۱-۹-۳ کاربرد خواص ترموالکتریکی پنتاکسید وانادیوم |
| ۱۷ | ۱-۹-۴ کاربردهای وسایل پتانسیلی |
| ۱۸ | ۱-۹-۵ کاربرد در سنسورهای گازی |

| | |
|----|-----------------------------------|
| ۱۹ | ۶-۹-۱ کاربرد در سلول های خورشیدی |
| ۲۰ | فصل دوم روش های لایه نشانی |
| ۲۱ | ۱-۲ مقدمه |
| ۲۱ | ۱-۲-۱ تاریخچه تهیه لایه نازک |
| ۲۲ | ۱-۲ روش های لایه نشانی |
| ۲۴ | ۱-۲-۲ تبخیر در خلاء |
| ۲۶ | ۲-۲-۲ کندوپاش |
| ۲۷ | ۱-۲-۲-۲ کندو پاش DC |
| ۲۷ | ۲-۲-۲-۲ کندوپاش RF |
| ۲۸ | ۳-۲-۲-۲ کندوپاش مگنترون |
| ۲۹ | ۳-۲-۲ پالس لیزر |
| ۳۰ | ۴-۲-۲ انباشت یونی |
| ۳۱ | ۵-۲-۲ لایه نشانی بخار شیمیایی |
| ۳۲ | ۶-۲-۲ سل - ژل |
| ۳۲ | ۱-۶-۲-۲ روش غوطه وری |
| ۳۳ | ۲-۶-۲-۲ چرخشی |
| ۳۳ | ۷-۲-۲ اسپری پایرولیزز |
| ۳۶ | ۳-۲ روش های آنالیز سطح |
| ۳۷ | فصل سوم مروری بر کارهای انجام شده |

| | |
|----|--|
| ۳۸ | ۱-۳ مقدمه |
| | ۲-۳ مروری بر کارهای گذشته |
| ۳۹ | ۱-۲-۳ لایه نشانی بخار شیمیایی (CVD) |
| | ۱-۱-۲-۳ تهیه لایه های نازک پنتاکسید وانادیوم به روش CVD |
| ۴۱ | ۲-۲-۳ پالس لیزر |
| | ۱-۲-۲-۳ تهیه لایه های نازک پنتاکسید وانادیوم به روش پالس لیزر |
| ۴۴ | ۳-۲-۳ کندوپاش |
| | ۱-۳-۲-۳ تهیه لایه های نازک پنتاکسید وانادیوم به روش کندوپاش |
| ۴۵ | ۴-۲-۳ تبخیر در خلاء |
| | ۱-۴-۲-۳ تهیه لایه های نازک پنتاکسید وانادیوم به روش تبخیر در خلاء |
| ۴۹ | ۵-۲-۳ سل-ژل |
| | ۱-۵-۲-۳ تهیه لایه های نازک پنتاکسید وانادیوم به روش Spin coating |
| ۵۰ | ۶-۲-۳ روش اسپری پایرولیز |
| ۵۱ | ۱-۶-۲-۳ تهیه لایه های نازک پنتاکسید وانادیوم به روش اسپری پایرولیز |
| ۵۳ | فصل چهارم آزمایش ها، نتایج و بحث |
| | ۱-۴ مقدمه |
| ۵۴ | ۲-۴ لایه نشانی با دستگاه اسپری پایرولیز |
| | ۳-۴ آماده سازی محیط و زیرلایه |
| | ۴-۴ لایه نشانی |

- ۴-۴-۱ تغییر نرخ شارش گاز حامل
- ۵۵
- ۴-۴-۱-۱ تاثیر تغییر نرخ شارش گاز حامل در خواص اپتیکی
- ۵۶
- ۴-۴-۱-۲ تاثیر تغییر نرخ شارش گاز حامل در خواص ساختاری
- ۵۹
- ۴-۴-۱-۳ تاثیر تغییر نرخ شارش گاز حامل در خواص الکتریکی
- ۶۰
- ۴-۴-۲ تغییر دمای زیرلایه
- ۴-۴-۲-۱ تاثیر تغییر دمای زیرلایه در خواص اپتیکی
- ۶۱
- ۴-۴-۲-۲ تاثیر دمای زیرلایه در خواص ساختاری
- ۶۵
- ۴-۴-۲-۳ تاثیر تغییر دمای زیرلایه در خواص الکتریکی نمونه ها
- ۶۷
- ۴-۴-۲-۴ بررسی خواص مورفولوژی سطح لایه های نازک تهیه شده در دماهای متفاوت به روش:
Field Emission Scanning Electron Microscopy
- ۶۹
- ۴-۴-۲-۵ بررسی دمای بالای زیرلایه با لایه نشانی بر روی زیرلایه های سیلیکونی
- ۷۲
- ۴-۴-۳ تغییر غلظت ماده اولیه
- ۴-۴-۳-۱ تاثیر تغییر غلظت ماده اولیه در خواص اپتیکی
- ۷۳
- ۴-۴-۳-۲ تاثیر تغییر غلظت ماده اولیه در خواص ساختاری
- ۴-۴-۳-۳ تاثیر تغییر غلظت ماده اولیه در خواص الکتریکی
- ۷۶
- ۴-۴-۳-۴ بررسی خواص مورفولوژی سطح لایه های نازک تهیه شده در غلظت های متفاوت به روش
:FESEM
- ۷۸
- ۴-۴-۴ تغییر زمان لایه نشانی
- ۴-۴-۴-۱ تاثیر تغییر زمان لایه نشانی در خواص اپتیکی
- ۷۹
- ۴-۴-۴-۲ تاثیر تغییر زمان لایه نشانی در خواص ساختاری
- ۸۲
- ۴-۴-۴-۳ تاثیر تغییر زمان لایه نشانی در خواص الکتریکی
- ۸۳
- ۴-۴-۴-۴ بررسی خواص مورفولوژی سطح لایه های نازک تهیه شده در زمان های متفاوت به روش
:FESEM
- ۸۵
- ۴-۵ تعیین شرایط مناسب لایه نشانی

| | |
|-----|--|
| | ۴-۵-۱ محاسبه گاف نواری برای لایه نازک تهیه شده در شرایط بهینه |
| ۸۸ | ۴-۵-۲ بررسی سطح لایه نازک در شرایط بهینه و محاسبه اندازه دانه ها |
| ۹۰ | ۴-۶-۱ انیلینگ |
| ۹۱ | ۴-۶-۱-۱ تاثیر انیلینگ در خواص اپتیکی |
| ۹۲ | ۴-۶-۲ تاثیر انیلینگ در خواص ساختاری |
| ۹۵ | ۴-۶-۳ تاثیر انیلینگ در خواص الکتریکی |
| ۹۷ | ۴-۶-۴ بررسی اثر حال برای لایه های نازک انیل شده در محیط های متفاوت |
| ۹۸ | ۴-۷-۱ کاربرد |
| | ۴-۷-۱-۱ رفتار در عملیات حرارتی |
| ۹۹ | ۴-۷-۲ کاربرد در سنسور گازی |
| | ۴-۸-۱ خلاصه و نتیجه گیری |
| ۱۰۰ | ۴-۹-۱ پیشنهاد برای ادامه کار |
| ۱۰۲ | مراجع |
| ۱۰۶ | پیوست |

فهرست جدول ها

صفحه

| | |
|----|---|
| ۹ | جدول ۱-۱: کاربردهای لایه نازک [۸] |
| ۳۶ | جدول ۱-۲: روش های آنالیز لایه نازک [۳۱] |
| ۵۹ | جدول ۱-۴: تاثیر تغییر نرخ شارش گاز حامل در تغییرات مقاومت سطح لایه های نازک |
| ۶۶ | جدول ۲-۴: تاثیر تغییر دمای زیرلایه در تغییرات مقاومت سطحی لایه های نازک |
| ۷۶ | جدول ۳-۴: تاثیر تغییر غلظت پیش ماده در تغییرات مقاومت سطح لایه های نازک |
| ۸۲ | جدول ۴-۴: تاثیر تغییر زمان لایه نشانی در تغییرات مقاومت سطح لایه های نازک |
| ۸۵ | جدول ۵-۴: تغییر ضخامت لایه های نازک با تغییر زمان لایه نشانی |
| ۹۰ | جدول ۶-۴: اندازه بلورک ها برای لایه نازک تهیه شده در شرایط بهینه لایه نشانی |
| ۹۶ | جدول ۷-۴: تاثیر انیلینگ در تغییرات مقاومت سطح لایه های نازک |
| ۹۷ | جدول ۹-۴: نتایج بدست آمده از اثر هال |
| ۹۸ | جدول ۱۰-۴: روند تغییر مقاومت با تغییر دما و بررسی لایه در چند روز متوالی |

فهرست شکل ها

صفحه

- شکل ۱-۱: ساختارهای نواری مواد عایق، نیمه رسانا و رسانا [۳] ۵
- شکل ۱-۲: مختصات موثر وانادیوم با اکسیژن در شبکه کامل وانادیا. دایره های تیره اتم های وانادیوم را نشان می دهند؛ دایره های سفید نشانگر اتم های اکسیژن هستند O_v , vanadyl ; O_c , chain oxygen ; O_b , bridge oxygen . طول باندها در واحد آنگستروم نشان داده شده است [۱۰]. ۱۲
- شکل ۱-۳: ساختار کریستالی V_2O_5 ؛ دایره های کوچک آبی اتم های وانادیوم هستند؛ دایره های بزرگتر قرمز اکسیژن وانادیل می باشند؛ دایره های بزرگتر نارنجی اکسیژن های زنجیره را نشان می دهند؛ دایره های بزرگتر قهوه ای اکسیژنهای پل هستند. هر لایه ی واندروالس در صفحه ی $a-b$ که تغییر زنجیره های دوتایی از هرم های VO_5 را در بر دارد، به رنگ آبی نشان داده شده است [۱۱]. ۱۳
- شکل ۱-۴: نمایی از دو لایه اتم های V که با گوی های خاکستری نشان داده شده اند، گوی های قرمز اتم های O را نشان می دهند. از باندهای ضعیف واندروالس برای وضوح صرف نظر شده است [۹]. ۱۴
- شکل ۱-۲: مراحل فرآیند لایه نشانی. در همه مراحل، فرآیند مشاهده با ارزش است، و آرایش اهمیت دارد [۸]. ۲۳
- شکل ۲-۲: برخی از چشمه های تبخیر مقاومتی [۲۶] ۲۵
- شکل ۲-۳: دستگاه تبخیر الکترونی [۲۶] ۲۷
- شکل ۲-۴: لایه نشانی به روش کندوپاش DC و RF [۲۶] ۲۸
- شکل ۲-۵: لایه نشانی به روش کندوپاش مگنترون [۲۶] ۲۹
- شکل ۲-۶: لایه نشانی به روش پالس لیزر [۲۶] ۳۰
- شکل ۲-۷: لایه نشانی به روش انباشت یونی [۲۶] ۳۱
- شکل ۲-۸: دو مورد از دستگاه های لایه نشانی بخار شیمیایی (CVD) [۲۶] ۳۱
- شکل ۲-۹: تشکیل لایه نازک به روش غوطه وری [۲۶] ۳۳
- شکل ۲-۱۰: تشکیل لایه نازک به روش چرخشی [۲۶] ۳۳
- شکل ۲-۱۱: دستگاه اسپری پایرولیز ۳۵
- شکل ۱-۳: نمودار XRD لایه های رشد یافته در دماهای متفاوت از $550^\circ C$ تا $610^\circ C$: ۳۹

[۳۰] (+) V_4O_9 و (*) V_6O_{13} , (o) V_2O_5

شکل ۳-۲: تصویر STM از یک فیلم شکل گرفته توسط اکسیداسیون

5.2 MLE V/Au(111) ((a): 300 nm, 3.5 V, 0.2 nA, (b): 5 nm × 2.8 nm, 3 V, 0.2

nA (c): 6.3 nm × 5.8 nm, 0.2 nA, (d): 10 nm, 2 V, 0.2 nA). تصویر b در یکی از نواحی

تاریک تصویر a تهیه شده است. در تصاویر b و c سلول های واحد سطح با متوازی الاضلاع های طوسی

۴۰ نشان داده شده اند [۳۱].

شکل ۳-۳: a. نمودار پراش اشعه ایکس از فیلم های V_2O_5 لایه نشانی شده در جریان های متفاوتی از

فشار جزئی اکسیژن در ۱۳/۳۳ پاسکال در $T_s=220\text{ }^\circ\text{C}$ (۶۰۰۰ پالس). b. V_2O_5 تهیه شده بوسیله ی

۴۲ ۱۵۰۰۰ پالس و در $F=2.7\text{ J/cm}^2$ در $220\text{ }^\circ\text{C}$ [۳۲].

شکل ۳-۴: مشخصه های عبور اپتیکی لایه های نازک V_2O_5 تهیه شده در دمای $220\text{ }^\circ\text{C}$ بعنوان تابعی از

جریان های متفاوت در مورد ۶۰۰۰ پالس. عبور اپتیکی با استفاده از ۱۵۰۰۰ پالس را در جریان

$2/7\text{ J/cm}^2$ نشان میدهد [۳۲].

شکل ۳-۵: نمودار $\alpha h\nu$ بر حسب $h\nu$ برای لایه های نازک $(VO_c) V_2O_5$ [۳۲] ۴۳

شکل ۳-۶: نمودار پراش اشعه ایکس برای فیلم های اکسید وانادیوم لایه نشانی شده در نسبت های متفاوت

۴۵ از آرگون به اکسیژن. S و * به ترتیب نشان دهنده پیک زیرلایه و پیک نامشخص هستند [۳۳].

شکل ۳-۷: نمودار XRD رشد لایه های نازک V_2O_5 مختلف روی زیرلایه های شیشه ای در دماهای

متفاوت [۳۴]

شکل ۳-۸: (a-b) تصویر SEM از لایه های V_2O_5 لایه نشانی شده در (a) دمای اتاق و (b) $300\text{ }^\circ\text{C}$

۴۶ [۳۴]

شکل ۳-۹: طیف بازتاب، تراگیسیل و جذب فیلمهای V_2O_5 در دماهای متفاوت لایه نشانی (T_s) : (a)

۴۷ $T_s = \text{دمای اتاق}$, (b) $T_s = 300\text{ }^\circ\text{C}$ و (c) $T_s = 400\text{ }^\circ\text{C}$ [۳۴]

شکل ۳-۱۰: گاف نواری اپتیکی فیلم های V_2O_5 تهیه شده در دماهای مختلف (T_s) : (a) $T_s = \text{دمای}$

۴۸ اتاق, (b) $T_s = 300\text{ }^\circ\text{C}$ و (c) $T_s = 400\text{ }^\circ\text{C}$ [۳۴]

شکل ۳-۱۱: طیف XRD برای لایه های نازک سل-ژل V_2O_5 اسپین کوت شده در ۲۴۰۰ rpm، پخته

۴۹ شده در هوا در: (a) $150\text{ }^\circ\text{C}$, (b) $200\text{ }^\circ\text{C}$, (c) $300\text{ }^\circ\text{C}$ و (d) $400\text{ }^\circ\text{C}$ [۳۵]

۵۰ شکل ۳-۱۲: طیف تراگیسیل لایه های نازک V_2O_5 اسپین کوت شده در ۱۸۰۰ rpm [۳۵]

شکل ۳-۱۳: فیت ثابت جذب بدست آمده با قانون تاک [۳۵]

شکل ۳-۱۴: پراش اشعه ایکس لایه های نازک تهیه شده با غلظت های محلول اولیه ۰/۱ و ۰/۴ مولار [۳۶]

۵۱ شکل ۳-۱۵: طیف تراگسیل لایه های نازک V_2O_5 [۳۶]

۵۲ شکل ۳-۱۶: نمودار $(\alpha h\nu)^2$ بر حسب $h\nu$ برای فیلم های V_2O_5 [۳۶]

۵۵ شکل ۴-۱: طیف درصد تراگسیل لایه های نازک تهیه شده در نرخ شارش های متفاوت

شکل ۴-۲: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای $400^\circ C$ و با نرخ

۵۶ شارش گاز حامل ۱۰ lit/min.

شکل ۴-۳: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای $400^\circ C$ و با نرخ

شارش گاز حامل ۱۴ lit/min.

شکل ۴-۴: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای $400^\circ C$ و با نرخ

۵۷ شارش گاز حامل ۱۸ lit/min.

شکل ۴-۵: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای $400^\circ C$ و با نرخ

شارش گاز حامل ۲۲ lit/min.

شکل ۴-۶: طرح پراش اشعه ایکس برای بررسی تاثیر تغییرات نرخ شارش گاز حامل در ساختار لایه های

نازک.

۵۸

شکل ۴-۷: مقاومت سطح لایه های نازک تهیه شده در نرخ شارشهای متفاوت گاز حامل

۶۰

شکل ۴-۸: طیف درصد تراگسیل لایه های نازک تهیه شده در دماهای متفاوت زیرلایه

۶۱

شکل ۴-۹: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای $300^\circ C$ و با نرخ

شارش گاز حامل ۱۴ lit/min.

شکل ۴-۱۰: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای $350^\circ C$ و با

۶۲

نرخ شارش گاز حامل ۱۴ lit/min.

شکل ۴-۱۱: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای $400^\circ C$ و با

نرخ شارش گاز حامل ۱۴ lit/min.

شکل ۴-۱۲: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای $450^\circ C$ و با

۶۳

نرخ شارش گاز حامل ۱۴ lit/min.

شکل ۴-۱۳: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای 500°C و با نرخ شارش گاز حامل 14 lit/min .

شکل ۴-۱۴: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای 550°C و با نرخ شارش گاز حامل 14 lit/min .

۶۴

شکل ۴-۱۵: طرح پراش اشعه ایکس برای بررسی تاثیر تغییرات دمای زیرلایه در ساختار لایه های نازک

۶۵

شکل ۴-۱۶: تاثیر تغییر پارامتر دمای زیرلایه روی مقاومت سطحی لایه های نازک

۶۶

شکل ۴-۱۷: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده در دمای 300°C

۶۷

شکل ۴-۱۸: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده در دمای 400°C

۶۸

شکل ۴-۱۹: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده در دمای 500°C

۶۸

شکل ۴-۲۰: طرح پراش اشعه ایکس زیرلایه سیلیکونی

۶۹

شکل ۴-۲۱: XRD تهیه شده از لایه هایی که بر روی زیرلایه های سیلیکونی در دمای 500°C ، نرخ شارش 14 lit/min و غلظت ماده اولیه 0.05M لایه نشانی شده اند.

شکل ۴-۲۲: XRD تهیه شده از لایه هایی که بر روی زیرلایه های سیلیکونی در دمای 550°C ، نرخ شارش 14 lit/min و غلظت ماده اولیه 0.05M لایه نشانی شده اند.

۷۰

شکل ۴-۲۳: مقایسه ای بین طرح پراش اشعه ایکس لایه های نازک تهیه شده در نرخ شارش 14 lit/min ، دمای 500°C و غلظت ماده اولیه 0.05M برای زیرلایه های شیشه ای و سیلیکونی؛ Si زیرلایه های سیلیکونی و SD زیرلایه های سودالایم (شیشه ای) می باشد.

۷۱

شکل ۴-۲۴: مقایسه ای بین طرح پراش اشعه ایکس لایه های نازک تهیه شده در نرخ شارش 14 lit/min ، دمای 550°C و غلظت ماده اولیه 0.05M برای زیرلایه های شیشه ای و سیلیکونی؛ Si زیرلایه های سیلیکونی و SD زیرلایه های سودالایم (شیشه ای) میباشد.

۷۲

شکل ۴-۲۵: طیف درصد تراگسیل لایه های نازک تهیه شده در غلظت های متفاوت از ماده اولیه

۷۳

شکل ۴-۲۶: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۱ مولار در دمای 500°C و با نرخ شارش گاز حامل 14 lit/min .

شکل ۴-۲۷: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای 500°C و با نرخ شارش

۷۴

- گاز حامل ۱۴ lit/min.
- شکل ۴-۲۸: نمودار XRD برای نمونه تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۱ مولار در دمای ۵۰۰ °C و با نرخ شارش گاز حامل ۱۴ lit/min.
- شکل ۴-۲۹: طرح پراش اشعه ایکس برای بررسی و مقایسه تاثیر تغییرات غلظت ماده اولیه در ساختار لایه های نازک
- ۷۵
- شکل ۴-۳۰: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۱ مولار
- ۷۷
- شکل ۴-۳۱: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار
- ۷۸
- شکل ۴-۳۲: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده با غلظت ماده اولیه ۰/۱ مولار
- ۷۹
- شکل ۴-۳۳: طیف درصد تراگسیل لایه های نازک تهیه شده در زمان های متفاوت
- شکل ۴-۳۴: نمودار XRD برای لایه نازک با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای ۵۰۰ °C و با نرخ شارش گاز حامل ۱۴ lit/min لایه نشانی شده در ۲۰ دقیقه.
- شکل ۴-۳۵: نمودار XRD برای لایه نازک با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای ۵۰۰ °C و با نرخ شارش گاز حامل ۱۴ lit/min لایه نشانی شده در ۴۰ دقیقه.
- ۸۰
- شکل ۴-۳۶: نمودار XRD برای لایه نازک با غلظت ماده اولیه ۰/۰۵ مولار در دمای ۵۰۰ °C و با نرخ شارش گاز حامل ۱۴ lit/min لایه نشانی شده در ۶۰ دقیقه.
- شکل ۴-۳۷: طرح پراش اشعه ایکس برای مشاهده تاثیر تغییرات زمان لایه نشانی در ساختار لایه های نازک
- ۸۱
- شکل ۴-۳۸: نمودار تغییرات مقاومت سطح لایه نازک بر حسب زمان لایه نشانی
- ۸۲
- شکل ۴-۳۹: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده در زمان ۲۰ دقیقه
- ۸۳
- شکل ۴-۴۰: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده در زمان ۴۰ دقیقه
- ۸۴
- شکل ۴-۴۱: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده در زمان ۶۰ دقیقه
- ۸۶
- شکل ۴-۴۲: درصد تراگسیل و بازتاب لایه نازک تهیه شده در شرایط بهینه
- شکل ۴-۴۳: نمودار $\alpha h\nu$ بر حسب $h\nu$ برای لایه های نازک تهیه شده در شرایط بهینه؛ غلظت ماده اولیه M ۰/۰۵، دمای ۵۰۰ °C و نرخ شارش گاز حامل ۱۴ lit/min.
- ۸۷
- شکل ۴-۴۴: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده در شرایط مناسب لایه نشانی به اضافه ی اندازه یک نانومیله
- ۸۸
- شکل ۴-۴۵: تصویر FESEM از لایه نازک تهیه شده در شرایط مناسب لایه نشانی به اضافه اندازه یک دانه
- ۸۹

شکل ۴-۴۶: توزیع قطر نانومیله های لایه نازک پنتاکسید وانادیوم

شکل ۴-۴۷ دستگاه CVD

شکل ۴-۴۸ دستگاه خلاء

شکل ۴-۴۹: طیف درصد تراکسیل لایه های نازک پخته شده در دمای 200°C در محیطهای متفاوت

شکل ۴-۵۰: نمودار XRD برای لایه نازک پیش از بازپخت با غلظت ماده اولیه 0.05 مولار در دمای 500°C و با

نرخ شارش گاز حامل 18 lit/min .

۹۲

شکل ۴-۵۱: نمودار XRD برای لایه نازک با غلظت ماده اولیه 0.05 مولار در دمای 500°C و با نرخ شارش گاز

حامل 18 lit/min بازپخت شده در 200°C و در محیط اکسیژن به مدت یک ساعت.

شکل ۴-۵۲: نمودار XRD برای لایه نازک با غلظت ماده اولیه 0.05 مولار در دمای 500°C و با نرخ شارش گاز

حامل 18 lit/min بازپخت شده در 200°C و در محیط هوا به مدت یک ساعت.

۹۳

شکل ۴-۵۳: نمودار XRD برای لایه نازک با غلظت ماده اولیه 0.05 مولار در دمای 500°C و با نرخ شارش گاز

حامل 18 lit/min بازپخت شده در 200°C و در خلاء به مدت یک ساعت.

۹۴

شکل ۴-۵۴: نمودار XRD برای لایه نازک با غلظت ماده اولیه 0.05 مولار در دمای 500°C و با نرخ شارش گاز

حامل 18 lit/min بازپخت شده در 200°C و در محیط های متفاوت به مدت یک ساعت.

۹۵

شکل ۴-۵۵: تاثیر بازپخت در محیط های اکسیژن، هوا و خلاء به مدت ۱ ساعت در دمای 200°C روی مقاومت

الکتریکی لایه های نازک.

۹۶

شکل ۴-۵۶: فرآیند گرم و سردسازی لایه نازک و روند تغییر مقاومت سطحی آن

۹۹

تهیه و مطالعه خواص فیزیکی لایه های نانوساختار V_2O_5

روشنک ایرانی

در این تحقیقات لایه نازک های پنتاکسید وانادیوم روی زیرلایه های سودالایم به روش اسپری پایرولیز با استفاده از محلول اولیه پودر کلرید وانادیوم (III) در ۴۰ سیسی آب مقطر دوبار تقطیر تهیه شدند. تاثیر پارامترهای دمای لایه نشانی، نرخ شارش و غلظت محلول اولیه روی خواص ساختاری، اپتیکی و الکتریکی به ترتیب توسط پراش اشعه ایکس، طیف سنجی ناحیه مرئی و فرابنفش اسپکتروفوتومتر و روش دو پروب بررسی شدند. نتایج نشان میداد با بهینه شدن شرایط لایه نشانی، جهت گیری ها در راستای (۰۰۱) ترجیحی شده اند. لایه های نازک V_2O_5 پلی کریستال هایی با ساختار سلول واحد اورتورومبیک بودند. همچنین با استفاده از روش FESEM تصویر سطحی لایه ها مشاهده گردید. این تصویر نانو میله هایی با قطر بطور میانگین ۵۵ نانومتر را برای لایه های تهیه شده در شرایط بهینه، نشان می داد. باند نواری نیز برای این لایه نازک ها محاسبه گردید که مقدار ۲/۱ الکترون ولت بدست آمد. همچنین تغییرات خواص فیزیکی لایه ها پس از انیل کردن در محیط های متفاوت (هوا، اکسیژن و خلاء) بررسی شد که جواب های نسبتا خوبی را برای لایه هایی که در خلاء پخته شده بودند، نشان می داد. کاربرد ترموالکتریکی لایه نازک تهیه شده در شرایط بهینه با آزمایشی ساده مورد بررسی قرار گرفت.

Abstract

Preparing and studying physical properties of V_2O_5 nanostructure thin films

Rowshanak Irani

V_2O_5 thin films were prepared on glass substrates by spray pyrolysis technique using precursor solution VCl_3 in 40 CC double distilled water. The influence of temperature on structural, optical and electrical properties were examined by X-ray diffraction (XRD), UV-visible spectrophotometer and Two-probe method. The results showed that by improving the deposition parameters, the orientations are going to be preferred along (001) direction. V_2O_5 thin films were polycrystalline with orthorhombic unit cell structure. Also the image of the films were seen using FESEM, which showed that, for the films deposited at optimal deposition conditions, nanorods with the average diameters of 55 nm were formed. The band gap was also calculated for the films prepared at this conditions, which had the value of 2.1 eV. The influence of annealing on the physical properties of the films at different environments (air, O_2 and vacuum) were studied, revealed that the properties of the films improve by annealing in vacuum environment. The thermoelectric application of the film prepared at optimal conditions was studied with a simple experiment.

Key word: Vanadium pentoxide, Spray pyrolysis, Structural properties, Optical properties, Electrical properties

فصل اول

مقدمه‌ای بر لایه نازک و کاربردهای آن

۱-۱ مقدمه

همه خواص یک قطعه از ماده حجیم با تعداد و نوع اتم‌های تشکیل دهنده آن و ترتیب قرار گرفتن آنها در فضا نسبت به یکدیگر تعیین می‌شود. برخی از خواص می‌توانند، هم از نظر تئوری و هم از نظر عملی، به ترکیب شیمیایی و به ساختار کریستالی با استفاده از شناخت جسم حجیم که با تئوری باند جامدها فراهم می‌شود، بستگی داشته باشند. بنابراین برای مثال، تقسیم‌بندی جامدهای کریستالی به عایق-ها، نیمه رساناها و رساناها، تعریف رابطه بین خواص گرمایی و الکتریکی و وجود هر دو اثر هال و مقاومت مغناطیسی می‌توانند همگی بطور رضایتبخشی در چارچوب تئوری باند جامدها شرح داده شوند. نسبت دادن بقیه ی خواص به مدل تئوری یک جامد دشوار است، و سیر تجربی باید پذیرفته شود. یک مثال برای چنین خواصی، خاصیت فرومغناطیسی برخی فلزات است که به تفاوت‌های کوچک بین اثرات متقابل بزرگ در جامدات بستگی دارد، و برای توضیح به یک تئوری پیشرفته و سخت احتیاج دارد. به همین دلیل این خواص هنوز با قوانینی که از ترکیب و ساختار ماده بدست آمده، تعیین می‌شوند.

موضوع فیزیک سطح به مطالعه ی ترکیبات شیمیایی و ترتیب اتمی در سطح جامدات و تئوری و مشاهده ی خواص مکانیکی، الکترونیکی و شیمیایی آنها می‌پردازد و همانند مطالعه‌ی جامدات حجیم، هدف نهایی برقراری رابطه بین خواص، ترکیب و ساختار می‌باشد. دلایل زیادی برای اینکه از یک سطح جامد انتظار داشته باشیم که خواص متفاوتی از ماده ی حجیم داشته باشد، وجود دارد، و این انگیزه‌ای برای فیزیکدانان برای تحقیق و تلاش در جهت فهمیدن آنها فراهم می‌کند.

می‌توان سطح را بعنوان لایه‌های کوچک بالایی یک جامد در نظر گرفت. در بسیاری از کتاب‌های قدیمی راجع به شیمی سطح یا متالورژی، سطح جامد را بعنوان 100 nm یا در همین حدود می‌گرفتند [۱].

لایه‌های نازک با لایه نشانی اتم‌های مجزا روی یک زیر لایه ساخته می‌شوند. ضخامت معمولاً کمتر از چندین میکرون است. لایه‌های نازک با لایه‌های ضخیم تفاوت دارند. یک لایه ی ضخیم بعنوان ماده‌ای با ابعاد کوچک که با نازک کردن سه بعد ماده یا جمع کردن خوشه‌ها، توده‌ها یا دانه‌های بزرگ انواع اتمی، مولکولی یا یونی ساخته می‌شود، تعریف می‌شود. در گذشته، لایه‌های نازک به مدت بیشتر از نیم قرن برای ساخت وسایل الکترونیکی، پوشش‌های اپتیکی، پوشش‌های سخت ابزارها، و وسایل تزئینی استفاده می‌شدند. اگرچه، تکنولوژی لایه نازک بعنوان کلیدی در توسعه ی مواد جدید مانند مواد در ابعاد نانومتر هنوز بطور روزانه در حال گسترش است. نظر به اینکه کمیت مورد استفاده به سطح یا لایه ی فیلم نازک محدود می‌شود، از آن مواد و وسایل لایه نازک برای مینیمم کردن مواد سمی نیز استفاده می‌شود.