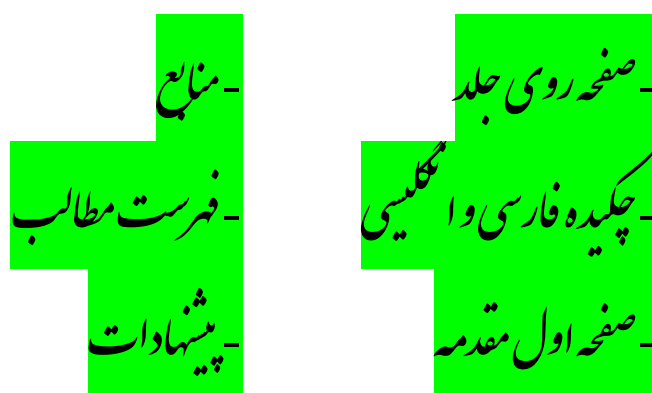


«پژوهشگر کرامی»

صفحاتی را که مشاهده می فرمائید، گزیده ای محدود از یک سند پژوهشی طولانی است که شامل:



برای مشاهده فهرست دیجیتال پایان نامه ها / رساله های می توانید به آدرس ذیل مراجعه کنید:

<http://lib.uok.ac.ir:8080>

در صورت به وجود آمدن هرگونه مشکل و پرسش در زمینه دسترسی، تهیه و استفاده از منابع الکترونیکی و دیجیتال به بخش پایان نامه ها و منابع دیجیتال کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد مراجعه نموده و تماس بگیرید!

شماره تماس ۰۸۷-۳۳۶۲۴۰۰۶



دانشگاه کردستان
دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فوتونیک

عنوان:

ساخت نانوذرات و نانوسیم‌های وانادیوم دی اکسید به روش
هیدروترمال

پژوهشگر:

فاطمه محمدی عمله

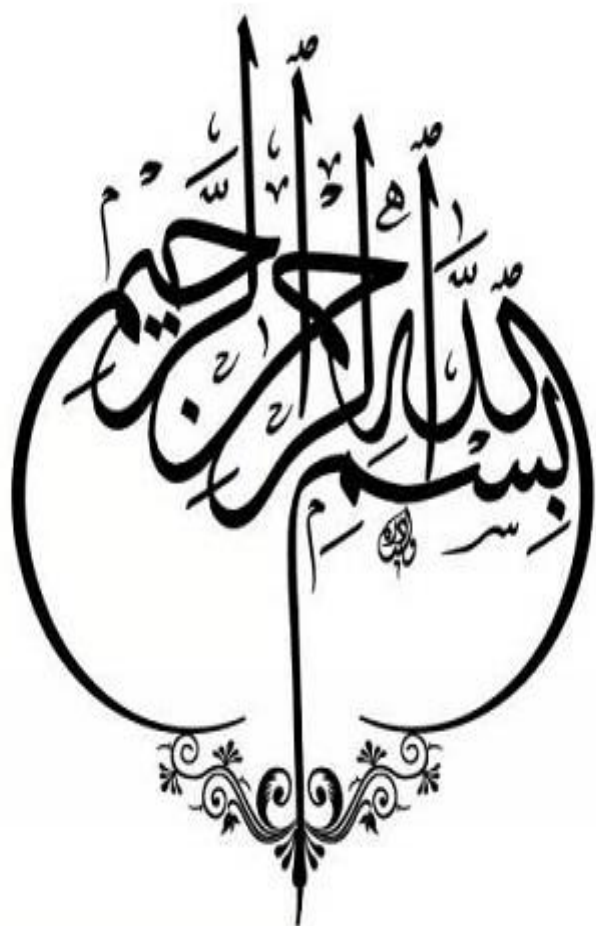
استاد راهنما:

دکتر عبدالله حسن زاده

استاد مشاور:

دکتر رحمان حلاج

شهریور ۱۴۰۱



Key of the



دانشگاه کردستان
دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فوتونیک

عنوان:

ساخت نانوذرات و نانوسیم‌های وانادیوم دی اکسید به روش
هیدروترمال

پژوهشگر:

فاطمه محمدی عملة

استاد راهنما:

دکتر عبدالله حسن زاده

استاد مشاور:

دکتر رحمان حلاج

شهریور ۱۴۰۱



دانشگاه کردستان

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فوتونیک گرایش فوتونیک

عنوان:

ساخت نانوذرات و نانوسیم‌های وانادیوم دی اکسید به روش هیدروترمال

پژوهشگر:

فاطمه محمدی عمله

در تاریخ ۱۳۹۱/۰۲/۰۱ توسط کمیته تخصصی و هیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با درجه عالی به تصویب رسید.

| امضاء | مرتب علمی | نام و نام خانوادگی | هیات داوران |
|-------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | دکتر عبدالله حسن زاده | ۱-استاد راهنما |
| | | دکتر رحمان حلاج | ۲-استاد مشاور |
| | | دکتر فریدین خیراندیش | ۳-استاد داور داخلی |
| | | دکتر زهرا عالمی پور | ۴-استاد داور داخلی |
| | معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه | | مهر و امضاء مدیر گروه |



چکیده

در سال‌های اخیر تحقیقات در حوزه علوم نانو و فناوری نانو پیشرفت چشم‌گیری داشته است. از آنجایی که نانومواد نوعی از مواد در ابعادی با مقیاس ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد، در حوزه علوم و فناوری نانو بررسی می‌شوند. کاهش اندازه مواد به مقیاس نانو، الکترون‌های داخلی را به یک فضای کوچک محدود می‌کند که منجر به تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها در مقایسه با خواص توده، مولکول یا تک اتم آن‌ها می‌شود. سنتز ترکیبات خانواده اکسید وانادیم، به ویژه در مقیاس نانو، به دلیل تمایل آن‌ها به وجود در حالت‌های اکسیداسیون متفاوت و بنابر به کاربردهای متنوع آن‌ها در صنایع و علوم مختلف، چالش برانگیز است. یکی از بارزترین ویژگی‌های خانواده اکسیدهای وانادیوم، همچون VO_2 و V_2O_5 ، خاصیت گذار فاز آن‌ها می‌باشد. اکسیدهای فلز گذار، دارای ویژگی‌های فیزیکی، الکترونیکی، حرارتی، نوری، شیمیایی و مغناطیسی منحصر به فردی می‌باشند. تعداد زیادی از اکسیدهای فلز گذار در دماهای پایین عایق و در دماهای بالاتر از دمای بحرانی به شکل فلزی می‌باشند. این گذار فاز می‌تواند از طریق گرم کردن نمونه، اعمال جریان و یا میدان‌های الکتریکی، فشار موثر بر لایه‌های نازک و تعامل با میدان نوری صورت پذیرد. در این پرژه، ابتدا نانوذرات VO_2 با سایز ۲۰ نانومتر، نانوسیم‌های VO_2 با میانگین قطر ۷۵ نانومتر و نانوسیم‌های V_2O_5 با میانگین قطر ۳۱ نانومتر، به کمک روش هیدروترمال یک مرحله ای سنتز شدند. براساس خواص ویژه نانوسیم‌ها از جمله داشتن ۲ جهت کوانتومی با بعد نانو و یک جهت بزرگ مقیاس و نسبت سطح به حجم قابل توجه، از نانوسیم‌های سنتز شده، برای ساخت آشکارسازهای طراحی شده به روش لیتوگرافی با ماسک استفاده شد. تصاویر گرفته شده از زیرلایه شیشه‌ای حاوی الکترودهای شانه‌ای توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری، حاکی از لایه‌نشانی موفقیت‌آمیز نانوسیم‌ها بر الکترودهای شانه‌ای طراحی شده به روش لیتوگرافی می‌باشد. نمودار I-V گرفته شده توسط دستگاه مشخصه‌یاب الکتریکی و بررسی این نمودار، تایید کننده عملکرد موفق و مناسب آشکارسازهای نوری فرابنفش ساخته شده، می‌باشد.

کلید واژه‌ها: نانوسیم‌های وانادیوم دی‌اکسید، سنتز هیدروترمال، آشکارساز نوری، نانوذرات، وانادیوم پنتااکسید

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

| | |
|-----|--|
| ۱ | فصل اول: مقدمه |
| ۱-۱ | ۱-۱-۱ نانوساختارها |
| ۳ | ۱-۲-۱ نانوذرات |
| ۳ | ۱-۲-۱-۱ نانو ذرات فلزی |
| ۳ | ۱-۲-۱-۲ نانو ذرات عایق و نیمه هادی |
| ۴ | ۱-۳-۱ نانوسیمها، ساختارهای یک بعدی |
| ۵ | ۱-۳-۱-۱ فلزی |
| ۵ | ۱-۳-۱-۲ نیمرسانا |
| ۶ | ۱-۴-۱ روش های سنتز نانو ساختارها |
| ۶ | ۱-۴-۱-۱ سنتز نانوذرات (نانو ساختار صفر بعدی) |
| ۷ | ۱-۴-۱-۱-۱ روش سل-ژل |
| ۸ | ۱-۴-۱-۲ روش سلوترمال- هیدروترمال |
| ۸ | ۱-۴-۱-۲-۱ سنتز نانوسیمها (نانو ساختارهای یک بعدی) |
| ۹ | ۱-۵-۱ اکسیدهای فلز گذار و انادیوم |
| ۱۰ | ۱-۵-۱-۱ و انادیوم تری اکسید (V_2O_3) |
| ۱۰ | ۱-۵-۱-۲ و انادیوم پنتا اکسید (V_2O_5) |
| ۱۱ | ۱-۵-۱-۳ و انادیوم دی اکسید (VO_2) |
| ۱۳ | ۱-۶-۱ گذار فاز نیمرسانا-رسانا |
| ۱۴ | ۱-۷-۱ گذار فاز بین فاز R و M1 ماده VO_2 |
| ۱۶ | ۱-۸-۱ سنتز نانوذرات و نانوسیمهای VO_2 و V_2O_5 |
| ۱۷ | فصل دوم: آشکارسازهای فرابنفش |
| ۱۷ | ۱-۲-۱ مقدمه |
| ۱۸ | ۱-۲-۲ طبقه بندی آشکارسازهای فرابنفش |
| ۱۹ | ۱-۲-۲-۱ آشکارسازهای رسانی نوری |
| ۲۰ | ۱-۲-۲-۲ آشکارسازهای فوتوولتائیک |
| ۲۰ | ۱-۲-۲-۲-۱ آشکارساز شاتکی |
| ۲۱ | ۱-۲-۲-۲-۲ آشکارسازهای اتصال p-n و p-i-n |

- ۲۲..... ۲-۲-۳- آشکارسازهای فلز-نیمرسانا-فلز.....
- ۲۳..... ۳-۲- پارامترهای مهم دستگاه‌های آشکارساز UV.....
- ۲۳..... ۲-۳-۱- طول موج قطع.....
- ۲۳..... ۲-۳-۲- جریان نوری.....
- ۲۴..... ۲-۳-۳- جریان تاریک.....
- ۲۴..... ۲-۳-۴- پاسخ‌دهی.....
- ۲۴..... ۲-۳-۵- راندمان کوانتومی.....
- ۲۵..... ۲-۳-۶- آشکارسازی.....
- ۲۵..... ۲-۳-۷- جفت شدگی نور(افزایش جذب).....
- ۲۶..... ۲-۴- مواد مناسب برای ناحیه فعال نوری در آشکارسازهای UV.....
- ۲۸..... ۲-۵- آشکارسازهای نوری تک نانوسیمی.....
- ۲۸..... ۲-۶- لیتوگرافی.....
- ۲۹..... ۲-۷- ساخت فیلم لایه نازک.....
- ۳۰..... ۲-۷-۱- پوشش رسوب فیزیکی.....
- ۳۱..... ۲-۷-۲- پوشش توسط نیروهای برشی.....
- ۳۲..... ۲-۷-۳- روش‌های شیمیایی.....
- ۳۳..... ۲-۷-۳-۱- روش سل-ژل.....
- ۳۳..... ۲-۷-۳-۲- تکنیک غوطه وری.....
- ۳۴..... ۲-۷-۳-۳- تکنیک پوشش چرخشی.....
- ۳۵..... **فصل سوم: کارهای تجربی.....**
- ۳۵..... ۳-۱- مواد شیمیایی و دستگاه‌های استفاده شده.....
- ۳۶..... ۳-۲- سنتز نانوذرات VO_2
- ۳۷..... ۳-۳- سنتز پودر فله وانادیوم پنتا اکسید.....
- ۳۸..... ۳-۴- سنتز نانوسیم‌های VO_2 و V_2O_5
- ۳۹..... ۳-۵- ساخت آشکارسازهای مبتنی بر نانوسیم‌های VO_2 و V_2O_5
- ۴۰..... **فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری.....**
- ۴۰..... ۴-۱- شناسایی مواد سنتز شده.....
- ۴۰..... ۴-۱-۱- آنالیز طیف FT-IR.....
- ۴۲..... ۴-۱-۲- آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD).....

- ۴-۱-۳-آنالیز طیف رامان (Raman) ۴۳
- ۴-۱-۴-تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۴۵
- ۴-۲- بررسی آشکارسازهای فرابنفش مبتنی بر نانوسیم‌های VO_2 و V_2O_5 ۴۷
- ۴-۲-۱- بررسی لایه نشانی آشکارساز مبتنی بر نانوسیم‌های VO_2 ۴۷
- ۴-۲-۲- بررسی فعالیت آشکارساز مبتنی بر نانوسیم‌های VO_2 ۴۸
- ۴-۲-۳- بررسی لایه نشانی آشکارساز مبتنی بر نانوسیم‌های V_2O_5 ۴۸
- ۴-۲-۴- بررسی فعالیت آشکارساز مبتنی بر نانوسیم‌های V_2O_5 ۴۹
- ۴-۳- نتیجه گیری ۵۰
- منابع ۵۱



فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۱: مقیاس متریک برای طبقه بندی ذرات [۳]..... ۱
- شکل ۱-۲: دسته بندی نانو مواد [۱۲]..... ۳
- شکل ۱-۳: تغییرات گاف انرژی برحسب تغییرات اندازه ذرات در نانوکره، نانوسیم و نانوفیلم (به ترتیب از بالا به پایین) $ZnTe$ [۱۴]..... ۴
- شکل ۱-۴: انواع نانوسیمها [۱۷]..... ۵
- شکل ۱-۵: شماتیک طرح کلی سنتز نانو ساختارها [۲۰]..... ۶
- شکل ۱-۶: شماتیک سنتز سلوترمال - هیدروترمال [۲۱]..... ۸
- شکل ۱-۷: ساختار $V2O3$ [۲۴]..... ۱۰
- شکل ۱-۸: ساختار $V2O5$ [۲۴]..... ۱۱
- شکل ۱-۹: ساختارهای بلوری $V2O$ در فازهای گوناگون [۲۴]..... ۱۲
- شکل ۱-۱۰: ساختار نوار انواع مواد مختلف. محور عمودی انرژی باند، خط نقطه چین تراز فرمی است. همانطور که از چپ به راست می روید، نوار ظرفیت و نوار هدایت را از هم جدا خواهید دید. رنگ سیاه نشان دهنده سطح پر شدن الکترون در ماده و سطوح خاکستری نشان دهنده مواردی است که الکترونها تا حدی سطوح را بر اساس آمار فرمی اشغال می کنند [۴۳]..... ۱۴
- شکل ۱-۱۱: شرایط دمایی گذار فاز بین فازهای مختلف $V2O$ [۲۴]..... ۱۴
- شکل ۱-۱۲: طرح شماتیک از $V2O$ در دو فاز متفاوت [۴۶]..... ۱۵
- شکل ۲-۱: دسته بندی آشکارسازهای فرابنفش [۵۳]..... ۱۹
- شکل ۲-۲: شماتیک (الف) و عملکرد (ب) آشکارساز رسانای نوری [۵۳]..... ۱۹
- شکل ۲-۳: شماتیک (الف) و عملکرد (ب) آشکارساز شاتکی [۵۳]..... ۲۰
- شکل ۲-۴: شماتیک (الف) آشکارساز اتصال P-N و (ب) آشکارساز اتصال P-I-N [۵۳]..... ۲۲
- شکل ۲-۵: شماتیک آشکارساز فلز-نیمه هادی-فلز [۵۳]..... ۲۳
- شکل ۲-۶: شماتیک لیتوگرافی بدون ماسک و با ماسک [۶۵]..... ۲۹
- شکل ۲-۷: (الف) پوشش توسط نیروهای برشی به روش لانگمویر بلاجت، (ب) پوشش توسط نیروهای برشی به روش لانگمویر شیفر [۲۹]..... ۳۲
- شکل ۲-۸: مراحل اساسی پوشش غوطه وری (پیکانها جریان هوا را نشان می دهد) [۶۶]..... ۳۴
- شکل ۲-۹: فرآیند پوشش چرخشی [۶۷]..... ۳۴
- شکل ۳-۱: مراحل سنتز نانوذرات وانادیوم دی اکسید..... ۳۷

- شکل ۳-۲: سنتز پودر فله وانادیوم پنتا اکسید V_2O_5 ۳۸
- شکل ۳-۳: سنتز نانوسیم‌های VO_2 و V_2O_5 ۳۸
- شکل ۳-۴: مشخصات الکتروود شانه ای طرح لیتوگرافی..... ۳۹
- شکل ۳-۵: زیرلایه و ستاپ داده‌گیری..... ۳۹
- شکل ۴-۱: طیف FT-IR پودر V_2O_5 ۴۱
- شکل ۴-۲: طیف FT-IR نانوذرات VO_2 ۴۱
- شکل ۴-۳: طیف FT-IR نانوسیم‌های VO_2 سنتز شده در ۲۴ ساعت..... ۴۱
- شکل ۴-۳: طیف FT-IR نانوسیم‌های V_2O_5 سنتز شده در ۲۸ ساعت..... ۴۲
- شکل ۴-۴: طیف XRD پودر V_2O_5 ۴۲
- شکل ۴-۵: طیف XRD نمونه سنتز شده در ۲۴ ساعت..... ۴۳
- شکل ۴-۶: طیف XRD نمونه سنتز شده در ۲۸ ساعت..... ۴۳
- شکل ۴-۷: طیف رامان پودر V_2O_5 ۴۴
- شکل ۴-۸: طیف رامان نانوسیم‌های VO_2 ۴۴
- شکل ۴-۹: طیف رامان نانوسیم‌های V_2O_5 ۴۵
- شکل ۴-۱۰: تصویر SEM از پودر V_2O_5 در مقیاس (A) یک میکرومتر، (B) دو میکرومتر..... ۴۵
- شکل ۴-۱۱: تصویر SEM از نانوذرات VO_2 در ۲ مقیاس متفاوت..... ۴۶
- شکل ۴-۱۲: تصویر SEM نانوسیم‌های VO_2 (۲۴ H)..... ۴۶
- شکل ۴-۱۳: تصویر SEM نانوسیم‌های V_2O_5 (۲۸ H)..... ۴۶
- شکل ۴-۱۴: طیف UV-VIS نانوسیم‌های VO_2 ۴۷
- شکل ۴-۱۵: طیف UV-VIS نانوسیم‌های V_2O_5 ۴۷
- شکل ۴-۱۶: تصاویر میکروسکوپی از اتصال خطوط طلا طرح به واسطه نانوسیم‌های VO_2 ۴۸
- شکل ۴-۱۷: نمودار آشکارساز مبتنی بر نانوسیم‌های وانادیوم دی‌اکسید..... ۴۸
- شکل ۴-۱۸: تصاویر میکروسکوپی از اتصال خطوط طلا طرح به واسطه نانوسیم‌های V_2O_5 ۴۹
- شکل ۴-۱۹: نمودار آشکارساز مبتنی بر نانوسیم‌های وانادیوم پنتا‌اکسید..... ۴۹

فهرست جداول

| عنوان | صفحه |
|---|------|
| جدول ۱-۱: روش‌های سنتز نانوذرات [۲۱]..... | ۷ |
| جدول ۱-۲: داده‌های کریستالوگرافی فازهای مختلف VO ₂ [۴۲]..... | ۱۲ |
| جدول ۲-۱: روش‌های رایج رسوب فیلم‌های لایه نازک [۴۲, ۲۹]..... | ۳۰ |
| جدول ۳-۱: مواد شیمیایی استفاده شده..... | ۳۵ |
| جدول ۳-۲: دستگاه‌های استفاده شده..... | ۳۶ |



فصل اول: مقدمه

۱-۱- نانوساختارها

کلمه فناوری نانو برای اولین بار توسط پروفسور نوریوتاینگوچی^۱ جهت توصیف ساختار مواد در ابعاد نانومتر، در سال ۱۹۷۴ به کار گرفته شد. این واژه در سال ۱۹۸۶ توسط گسler^۲ در کتاب «موتورهای آفرینش: عصر ظهور نانو تکنولوژی» به صورت مجدد تعریف شد. وی این واژه را به شکل عمیق تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داد و بعدها آن را در کتابی تحت عنوان «نانوسیستم ماشین‌های مولکولی، چگونگی ساخت و محاسبات آن‌ها» توسعه داد [۱، ۲]. کلمه نانو به مقدار عددی 10^{-9} و نانوساختار اصطلاحی است که برای توصیف ساختار هندسی نانومواد استفاده می‌شود. از آنجایی که نانومواد نوعی از مواد در ابعادی با مقیاس ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد، در حوزه علوم نانو و فناوری نانو بررسی می‌شوند. شکل ۱-۱، یک مقیاس متریک برای طبقه بندی ذرات می‌باشد [۳].



شکل ۱-۱: مقیاس متریک برای طبقه بندی ذرات [۳]

علم نانو، علم مطالعه و دستکاری مواد در مقیاس اتمی و مولکولی می‌باشد که خصوصیات مواد در این مقیاس نسبت به اندازه بزرگ آن‌ها متفاوت است و نانو فناوری، علم طراحی، شناسایی، تولید و بررسی کاربرد ساختارها با استفاده از کنترل شکل و اندازه مواد در مقیاس نانو است [۴].

^۱. Nvryvtayngvchy

^۲. Drexler

کاهش اندازه مواد به مقیاس نانو، الکترون‌های داخلی را به یک فضای کوچک محدود می‌کند که منجر به تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی آن در مقایسه با خواص توده، مولکول یا تک اتم آن‌ها می‌شود [۵، ۶]. تمایز در خواص مواد نانو ساختار که اغلب به عنوان نسبت سطح به حجم مواد نامیده می‌شود، نتیجه نسبت اتم‌های سطح به اتم‌ها در همتای فله^۱ آن‌ها است [۶]. نسبت سطح یک اتم جدا شده به حجم در ذرات کروی به صورت رابطه $(3/r)$ ، ذرات میله‌ای یا سیم مانند $(2/a + 2/r)$ و ذرات مکعبی نیز $(6/a)$ می‌باشد که r و a به ترتیب شعاع و طول ساختارها هستند [۷]. نسبت سطح به حجم با کاهش شعاع و طول ساختار، نیز افزایش یافته و به حالت نانومتری متمایل می‌شود [۱]. این حالت منجر به مغلوب شدن رفتار اتم‌های درونی به رفتار اتم‌های سطح ذره می‌شود [۸]. چگالی حالت‌ها^۲، با پهنای باند نوار الکترونیکی آنها متناسب است و گاف انرژی معمولاً با کاهش سایز اتم‌ها در مواد افزایش می‌یابد. چگالی حالت‌ها، تعداد اتم‌های یک ماده در واحد انرژی است که با محدود شدن ابعاد آن، کاهش می‌یابد [۱]. تنوع خواص فیزیکی و شیمیایی نانو ساختارها را می‌توان به گذار فازی نسبت داد که به طور قابل توجه‌ای بر آرایش اتم‌های تشکیل دهنده تأثیر گذاشته است. توانایی سنتز و پردازش نانومواد یا نانو ساختارها یکی از جنبه‌های اساسی فناوری نانو است. مطالعه خواص فیزیکی جدید و کاربردهای نانومواد یا نانو ساختارها تنها زمانی امکان پذیر است که مواد نانو ساختار با اندازه، مورفولوژی و ترکیب شیمیایی مطلوب در دسترس قرار گیرند [۹، ۱۰]. نانو مواد را مشابه شکل ۱-۲، می‌توان به چهار دسته کلی تقسیم کرد:

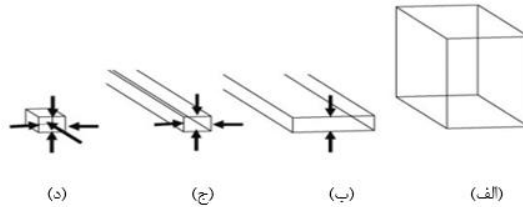
الف) نانو مواد سه بعدی که نانو کامپوزیت‌ها و نانوحفره‌ها جز این دسته می‌باشند.

ب) نانو مواد دو بعدی که صفحات گرافن^۳ و نانوروشک‌ها را شامل می‌شوند.

ج) نانو مواد یک بعدی که شامل نانوسیم‌ها و نانولوله‌ها می‌باشند.

د) نانومواد صفر بعدی که همه ابعاد آن کمتر از ۱۰۰ نانومتر است. این دسته شامل فولرن‌ها^۴، نانو پودرها، درخت‌سان‌ها، نانونقاط کوانتومی و نانوذرات می‌باشند [۱۱].

-
1. Bulk
 2. Density of states
 3. Graphene
 4. Fullerenes



شکل ۱-۲: دسته‌بندی نانو مواد [۱۲]

۱-۲-۲ نانو ذرات

نانوذرات (صفر بعدی) را به طور کلی به چهار گروه نانو ذرات فلزی، نانو ذرات نیم رسانا، نانو ذرات ترکیبی و نانو ذرات سرامیکی [۱۱] تقسیم می‌کنند که در زیر گروه‌های فلزی و نیم رسانا به صورت مختصر توضیح داده شده است:

۱-۲-۱-۱ نانو ذرات فلزی

نانوذرات فلزی دارای ویژگی‌های منحصر به فردی مانند تشدید پلاسمون سطحی^۱ (SPR) و ویژگی‌های نوری می‌باشند. مهم‌ترین ویژگی نانو ذرات نسبت سطح به حجم آن‌هاست، که امکان تعامل آن‌ها با دیگر ذرات را فراهم می‌کند. برای مثال محلول طلا دارای رنگ زرد طلایی است اما این محلول با نانوکره‌های طلای ۲۰ نانومتری دارای رنگ یاقوتی قرمز است در حالی که با نانوکره‌های ۲۰۰ نانومتری رنگ مایل به آبی دارد. خواص نوری نانو ذرات طلا، نقره، سرب و پلاتین از تشدید نوسان الکترون‌های آزاد آنها در حضور نور ناشی می‌شود که به تشدید پلاسمون سطحی نیز معروف است. از مزایای نانو ذرات فلزی می‌توان به تقویت پراکندگی ریلی^۲، افزایش سطح پراکندگی رامان^۳، جذب قوی پلاسما، تصویربرداری سیستم بیولوژیکی و تعیین اطلاعات شیمیایی بر روی بستر نانوفلزی اشاره کرد. این مواد معایبی از جمله ناپایداری ترمودینامیکی ذرات، وجود ناخالصی‌های احتمالی، خطر انفجار و دشواری در سنتز را دارند [۱۳].

۱-۲-۲-۱ نانو ذرات عایق و نیمه هادی

نانومواد عایق و نیم رسانا به دلیل خواص الکتریکی، نوری، فوتونی و مکانیکی منحصر به فرد، یک حوزه تحقیقاتی در حال رشد، برای جامعه علمی بوده است. برخی از این خواص به نسبت سطح به حجم نانومواد مرتبط هستند. یکی از ویژگی‌های برجسته و مهم نیم‌هادی‌ها، گاف انرژی^۴ آن‌ها است که نقش اساسی در خواص الکتریکی و نوری مواد عایق و نیم‌هادی ایفا

1. Surface Plasmon Resonance

2. Rayleigh scattering

3. Raman

4. Band gap

منابع

- [1] A. Sugunan and J. Dutta, "Nanoparticles for nanotechnology," *Journal of Physics Science and Idea*, vol. 4, no. 1-2, pp. 50-57, 2004.
- [2] K. E. Drexler, *Engines of creation*. Anchor books, 1986.
- [3] E. Selishcheva, "Synthesis and characterization of semiconductor and semiconductor-metal nanoparticles," Phd, Oldenburg, 2011 .
- [4] س.چ. عبدالرضا، آشنایی با نانوذرات: خواص، روشهای تولید، و کاربرد (no. 0). دانشگاه صنعتی شریف، موسسه انتشارات علمی (in فارسی)، ۱۳۹۶.
- [5] T. Tsakalacos, I. A. Ovid'ko, and A. K. Vasudevan, *Nanostructures: synthesis, functional properties and application*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [6] Y.-W. Lee, E.-S. Kim, B.-S. Shin, and S.-M. Lee, "High-performance optical gating in junction device based on vanadium dioxide thin film grown by sol-gel method," *Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 7, no. 5, pp. 784-788, 2012.
- [7] A. A. Akande et al., "Phase evolution of vanadium oxides obtained through temperature programmed calcinations of ammonium vanadate in hydrogen atmosphere and their humidity sensing properties," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 151, pp. 206-214, 2015.
- [8] J.-H. Kim, W. W. Bryan, H.-W. Chung, C. Y. Park, A. J. Jacobson, and T. R. Lee, "Gold, palladium, and gold-palladium alloy nanoshells on silica nanoparticle cores," *ACS applied materials & interfaces*, vol. 1, no. 5, pp. 1063-1069, 2009.
- [9] E. Marceau, L. Bonneviot, S. Dzwigaj, J.-F. Lambert, C. Louis, and X. Carrier, "Interfacial coordination chemistry for catalyst preparation," *Journal of Catalysis*, 2021.
- [10] D. Prieur et al., "Size dependence of lattice parameter and electronic structure in CeO₂ nanoparticles," *Inorganic chemistry*, vol. 59, no. 8, pp. 5760-5767, 2020.

- [11] D. B. Bankar et al., "Palladium loaded on ZnO nanoparticles :Synthesis, characterization and application as heterogeneous catalyst for Suzuki–Miyaura cross-coupling reactions under ambient and ligand-free conditions," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 243, p. 122561, 2020.
- [12] S. Suresh, "Semiconductor nanomaterials, methods and applications: a review," *Nanosci. Nanotechnol*, vol. 3, no. 3, pp. 62-74, 2013.
- [13] H. K. K, N. Venkatesh, H. Bhowmik, and A. Kuila, "Metallic Nanoparticle: A Review," *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, vol. 4 , no. 2, pp. 3765-3775, 2018. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:abf:journl:v:4:y:2018:i:2:p:3765-3775>.
- [14] M. Singh, M. Goyal, and K. Devlal, "Size and shape effects on the band gap of semiconductor compound nanomaterials," *Journal of Taibah University for Science*, vol. 12, no. 4, pp. 470-475, 2018.
- [15] M. Spies and E. Monroy, "Nanowire photodetectors based on wurtzite semiconductor heterostructures," *Semiconductor Science and Technology*, vol. 34, no. 5, p. 053002, 2019.
- [16] P. J .Burke, *Nanotubes and nanowires*. World Scientific, 2007.
- [17] M. Tharmavaram, D. Rawtani, and G. Pandey, "Fabrication routes for one-dimensional nanostructures via block copolymers," *Nano convergence*, vol. 4, no. 1, pp. 1-13, 2017.
- [18] K. W. Shah and T .Xiong, "Multifunctional metallic nanowires in advanced building applications," *Materials*, vol. 12, no. 11, p. 1731, 2019.
- [19] M. O. Hill, "Total Tomography of III-As Nanowire Emitters: Atom Probe Tomography and X-Ray Imaging of Nanowire Heterostructures. ୧୦୧୦ ",
- [20] P. Khanna, A. Kaur, and D. Goyal, "Algae-based metallic nanoparticles: Synthesis, characterization and applications," *Journal of microbiological methods*, vol. 163, p. 105656, 2019.
- [21] N. Patil, R. Bhaskar, V. Vyavhare, R. Dhadge, V. Khaire ,and Y. Patil, "OVERVIEW ON METHODS OF SYNTHESIS OF NANOPARTICLES," *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, vol. 13, no. 2, pp. 11-16, 03/15 2021, doi: 10.22159/ijcpr.2021v13i2.41556.
- [22] D. Guo et al., "Hydrothermal one-step synthesis of highly dispersed M-phase VO₂ nanocrystals and application to flexible thermochromic film," *ACS applied materials & interfaces*, vol. 10, no. 34, pp. 28627-28634, 2018.
- [23] S. Ji, F. Zhang, and P. Jin, "Preparation of high performance pure single phase VO₂ nanopowder by hydrothermally reducing the V₂O₅ gel," *Solar energy materials and solar cells*, vol. 95, no. 12, pp. 3520-3526, 2011.

- [24] Y. Zhang, W. Xiong, W. Chen, and Y. Zheng, "Recent progress on vanadium dioxide nanostructures and devices: fabrication, properties, applications and perspectives," *Nanomaterials*, vol. 11, no. 2, p. 338, 2021.
- [25] G. Demazeau, "Solvothermal reactions: an original route for the synthesis of novel materials," *Journal of Materials Science*, vol. 43, no. 7, pp. 2104-2114, 2008.
- [26] K. Byrappa and M. Yoshimura, "1 - Hydrothermal Technology—Principles and Applications," in *Handbook of Hydrothermal Technology (Second Edition)*, K. Byrappa and M. Yoshimura Eds. Oxford: William Andrew Publishing, 2013, pp. 1-49.
- [27] H. Zhu, Z. Zhang, and X. Jiang, "Glycothermal synthesis of VO₂ (B) nanoparticles for gas sensing application," *Journal of nanoscience and nanotechnology*, vol. 20, no. 3, pp. 1946-1954, 2020.
- [28] M. Li, G. Li, and Y. Long, "Hydrothermal Synthesis of Thermo-chromic VO₂ for Energy-Efficient Windows," in *Vanadium Dioxide-Based Thermo-chromic Smart Windows*: Jenny Stanford Publishing, 2021, pp. 179-214.
- [29] M. C. P. Wang and B. D. Gates, "Directed assembly of nanowires," *Materials today*, vol. 12, no. 5, pp. 34-43, 2009.
- [30] Z. Li, J. Allen, M. Allen, H. H. Tan, C. Jagadish, and L. Fu, "Review on III-V semiconductor single nanowire-based room temperature infrared photodetectors," *Materials*, vol. 13, no. 6, p. 1400, 2020.
- [31] G. A. Horrocks, S. Singh, M. F. Likely, G. Sambandamurthy, and S. Banerjee, "Scalable hydrothermal synthesis of free-standing VO₂ nanowires in the M1 phase," *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 6, no. 18, pp. 15726-15732, 2014.
- [32] J. S. Kumar and P. Thangadurai, "Hydrothermal synthesis of vanadium pentoxide nanowires," 2016, vol. 1731: AIP Publishing LLC, 1 ed., p. 050140.
- [33] Y. R. Jo, S. H. Myeong, and B. J. Kim, "Role of annealing temperature on the sol-gel synthesis of VO₂ nanowires with in situ characterization of their metal-insulator transition," *RSC advances*, vol. 8, no. 10, pp. 5158-5165, 2018.
- [34] B. Guo, D. Wan, J. Wang, S. Zhu, H. Luo, and Y. Gao, "Mo-Al co-doped VO₂ (B) thin films: CVD synthesis, thermal sensitive properties, synchrotron radiation photoelectron and absorption spectroscopy study," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 745, pp. 247-255, 2018.
- [35] D. H. Kim and H. S. Kwok, "Pulsed laser deposition of VO₂ thin films," *Applied physics letters*, vol. 65, no. 25, pp. 3188-3190, 1994.

- [36] X. Qin, X. Wang, J. Sun, Q. Lu, A. Omar, and D. Mikhailova, "Polypyrrole wrapped V2O5 nanowires composite for advanced aqueous zinc-ion batteries," *Frontiers in Energy Research*, vol. 8, p. 199, 2020.
- [37] D. Li et al., "Influence of the charge compensation effect on the metal-insulator transition of Mg-W co-doped VO₂," *Applied Surface Science*, vol. 579, p. 151990, 2022.
- [38] ا. ا. ل، "سنتز و شناسایی کمپلکس‌های پلی پیریدیلی باریم و وانادیم و تهیه نانو ذرات اکسیدی آنها،" کارشناسی ارشد، شیمی گرایش معدنی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۰.
- [39] Z. Zhang, "Experimental and theoretical study on VO₂-based nanostructures for environmental applications," 2014.
- [40] ح. نجفی آشتیانی، ف. منتظری، and ع. بهاری، "سنتز و مشخصه یابی ساختاری و اپتیکی اکسید فلزی شفاف وانادیوم پنتاکساید،" the presented at کنفرانس ماده چگال انجمن فیزیک ایران، ۱۳۹۵. Available: [Online]. <http://fa.seminars.sid.ir/ViewPaper.aspx?ID=83043>
- [40] Y. Yue and H. Liang, "Micro-and nano-structured vanadium pentoxide (V₂O₅) for electrodes of lithium-ion batteries," *Advanced Energy Materials*, vol. 7, no. 17, p. 1602545, 2017.
- [42] A. Jilani, M. S. Abdel-Wahab, and A. H. Hammad, "Advance deposition techniques for thin film and coating," *Modern Technologies for Creating the Thin-film Systems and Coatings*, vol. 2, pp. 137-149, 2017.
- [43] S. E. Madaras, *Insulator to Metal Transition Dynamics of Vanadium Dioxide Thin Films*. The College of William and Mary, 2020.
- [44] F. J. Morin, "Oxides which show a metal-to-insulator transition at the Neel temperature," *Physical review letters*, vol. 3, no. 1, p. 34, 1959.
- [45] J. Zhang, H. He, Y. Xie, and B. Pan, "Theoretical study on the tungsten-induced reduction of transition temperature and the degradation of optical properties for VO₂," *The Journal of chemical physics*, vol. 138, no. 11, p. 11470.۲۰۱۳، ۵
- [46] M. Liu, B. Su, Y. Tang, X. Jiang, and A. Yu, "Recent advances in nanostructured vanadium oxides and composites for energy conversion," *Advanced Energy Materials*, vol. 7, no. 23, p. 1700885, 2017.
- [47] K. Liu, S. Lee, S. Yang, O. Delaire, and J. Wu, "Recent progresses on physics and applications of vanadium dioxide," *Materials Today*, vol. 21, no. 8, pp. 875-896, 2018.
- [48] W. Li, J. Liang, J. Liu, L. Zhou, R. Yang, and M. Hu, "Synthesis and room temperature CH₄ gas sensing properties of vanadium dioxide nanorods," *Materials Letters*, vol. 173, pp. 199-202, 2016.

- [49] H. Qin, "Synthesis of VO₂ Nanomaterials Using Green Solvents for Thermochromic Window Coatings," Phd, electronic thesis and dissertation repository, Western Ontario, 2017 .
- [50] S. Han, Z. Huang, J. Xu, W. Han, and T. Chen, "Facile synthesis of Co-doped VO₂ (B) as the Cathode Material for Lithium-Ion Batteries with Enhanced Electrochemical Performance," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 14, pp. 10410-10419, 2019.
- [51] D. Hu, D. Li, X. Liu, Z. Zhou, J. Tang, and Y. Shen, "Vanadium-based nanomaterials for cancer diagnosis and treatment," *Biomedical Materials*, vol. 16, no. 1, p. 014101, 2020.
- [52] X. Guo, Y. Tan, Y. Hu, Z. Zafar, J. Liu, and J. Zou, "High quality VO₂ thin films synthesized from V₂O₅ powder for sensitive near-infrared detection," *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, pp. 1-9, 2021.
- [53] Y. Zou, Y. Zhang, Y. Hu, and H. Gu, "Ultraviolet detectors based on wide bandgap semiconductor nanowire: A review," *Sensors*, vol. 18, no. 9, p. 2072, 2018.
- [54] L. J. Brillson and Y. Lu, "ZnO Schottky barriers and Ohmic contacts," *Journal of Applied Physics*, vol. 109, no. 12, p. 8, 2011.
- [55] Y. Zhao et al., "Local irradiation effects of one-dimensional ZnO based self-powered asymmetric Schottky barrier UV photodetector," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 166, pp. 116-121, 2015.
- [56] Y. Guan, G. Cao, and X. Li, "Single-nanowire silicon photodetectors with core-shell radial Schottky junction for self-powering application," *Applied Physics Letters*, vol. 118, no. 15, p. 153904, 2021.
- [57] H. Kind, H. Yan, B. Messer, M. Law, and P. Yang, "Nanowire ultraviolet photodetectors and optical switches," *Advanced materials*, vol. 14, no. 2, pp. 158-160, 2002.
- [58] A. de Luna Bugallo et al., "Visible-blind photodetector based on p-i-n junction GaN nanowire ensembles," *Nanotechnology*, vol. 21, no. 31, p. 315201, 2010.
- [59] A. Menzel, K. Subannajui, F. Güder, D. Moser, O. Paul, and M. Zacharias, "Multifunctional ZnO-nanowire-based sensor," *Advanced Functional Materials*, vol. 21, no. 22, pp. 4342-4348, 2011.
- [60] L. Shi et al., "A highly efficient UV photodetector based on a ZnO microwire p-n homojunction," *Journal of Materials Chemistry C*, vol. 2, no. 25, pp. 5005-5010, 2014.

- [61] S.-P. Chen, J. R. D. Retamal, D.-H. Lien, J.-H. He, and Y.-C. Liao, "Inkjet-printed transparent nanowire thin film features for UV photodetectors," *RSC advances*, vol. 5, no. 87, pp. 70707-70712, 2015.
- [62] F. H. Alsultany, Z. Hassan, and N. M. Ahmed, "A high-sensitivity, fast-response, rapid-recovery UV photodetector fabricated based on catalyst-free growth of ZnO nanowire networks on glass substrate," *Optical Materials*, vol. 60, pp. 30-37, 2016.
- [63] B. P. Yalagala, P. Sahatiya, C. S. R. Kolli, S. Khandelwal, V. Mattela, and S. Badhulika, "V2O5 nanosheets for flexible memristors and broadband photodetectors," *ACS Applied Nano Materials*, vol. 2, no. 2, pp. 937-947, 2019.
- [64] C. A. Mack, *Field guide to optical lithography*. SPIE press Bellingham, WA, 2006.
- [65] S. Franssila, *Introduction to microfabrication*. John Wiley & Sons, 2010.
- [66] B. Fotovvati, N. Namdari, and A. Dehghanghadikolaei, "On coating techniques for surface protection: A review," *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, vol. 3, no. 1, p. 28, 2019.
- [67] S. Heeravathi and A. A. Christy, "Spin coating methods and applications—a review," *J. Xi'an Univ. Archit. Technol*, vol. 12, pp. 231-5, 2020.

Abstract

In recent years, research in the field of nanoscience and nanotechnology has made remarkable progress. Since nanomaterials are a type of material with dimensions of 10 to 100 nanometers, they are investigated in this field. Reducing the size of materials to the nanoscale limits the internal electrons to a small space, which leads to changes in their physical and chemical properties compared to the properties of their bulk, molecule, or single atom. The synthesis of compounds of the vanadium oxide family, especially at the nanoscale, is challenging due to their tendency to exist in different oxidation states and due to their diverse applications in various industries and sciences. One of the most obvious features of vanadium oxides such as VO_2 and V_2O_5 is their phase transition property. Transition metal oxides have unique physical, electronic, thermal, optical, chemical, and magnetic properties. A large number of TMOs are insulating at low temperatures and metallic at temperatures above the critical temperature (T_c). This phase transition can be done by heating the sample, applying current or electric fields, effective pressure on thin layers, and interacting with the light field. In this project, VO_2 nanoparticles with a size of 20 nm, VO_2 nanowires with an average diameter of 75 nm, and V_2O_5 nanowires with an average diameter of 31 nm were synthesized using a one-step hydrothermal method. Based on the special properties of nanowires, including having two quantum directions with nano dimensions and one large-scale direction, and a significant surface-to-volume ratio, synthesized nanowires were used to make detectors designed by the mask lithography method. The images taken from the glass substrate containing comb electrodes by transmission electron microscope indicate the successful deposition of nanowires on comb electrodes designed by the lithography method. The I-V diagram taken by the electrical characterization device and the examination of this diagram confirm the successful and appropriate performance of the optical UV detectors.

Keywords: Vanadium Dioxide Nanowires, Hydrothermal Synthesis, Photodetector, Nanoparticles.



University of Kurdistan
Faculty of Science
Department of physics

A Thesis Submitted to the Postgraduate Studies Office in Partial Fulfillment
of the Requirements for the Degree of M.A. / M.Sc. / Ph.D.
in Chemical Engineering

Title:
Synthesis of VO₂ nanoparticles and nanowires using hydrothermal method

By:
Fatemeh Mohammadi Amaleh

The above thesis was evaluated and approved by the following members of the thesis committee with mark excellent quality on September 22, 2022.

| <u>Position</u> | <u>Title and Name</u> | <u>Signature</u> |
|-----------------------|--------------------------|------------------|
| 1. Supervisor: | Dr. Abdollah Hassanzadeh | |
| 2. Advisor: | Dr. Rahman Hallaj | |
| 3. Internal Examiner: | Dr. Zahra Alemipour | |
| 4. Internal Examiner: | Dr. Fardin Kheirandish | |

Head of Department:

Faculty Graduate Coordinator:



University of Kurdistan
Faculty of Science
Department of Physics

A Thesis
Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of M.Sc. in Photonics

Title:
Synthesis of VO₂ nanoparticles and nanowires using
hydrothermal method

By:
Fateme Mohammadi Amaleh

Supervisor:
Dr. Abdollah Hassanzadeh

Advisor:
Dr. Rahman Hallaj

September, 2022



**University of Kurdistan
Faculty of Science
Department of Physics**

**A Thesis
Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of M.Sc. in Photonics**

**Title:
Synthesis of VO₂ nanoparticles and nanowires using
hydrothermal method**

**By:
Fatemeh Mohammadi Amaleh**

**Supervisor:
Dr. Abdollah Hassanzadeh**

**Advisor:
Dr. Rahman Hallaj**

September, 2022