

سید محمد تقی

دانشگاه لیلال

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

(گرایش حالت جامد)

بررسی اثر شرایط سل روی خواص اپتیکی و مورفولوژیکی نانو فیلم های نازک

اکسید مس تهیه شده با روش سل-ژل

از:

سمیه سعادت نیاول

استاد راهنما:

دکتر فرهاد اسمعیلی قدسی

۱۳۸۹/۴/۲

کتابخانه دانشگاه لیلال
تبریز



بهمن ۱۳۸۸

۱۴۱۴۶۷

تقدیم به

روح پدرم

که مهرش بیدریغ بود و دلتنگیم برایش بی پایان

ای خدایی که به من جان داده ای، دلی سرشار از شکر به من عطا کن

خدا را سپاس که مرا به راهی هدایت نمود که تجربه ای شیرین برایم در پی داشت و کسانی را در سر راهم قرار داد

که سختی این راه را برایم آسان نمودند. سپاسگزارم از:

خانواده عزیزم، به خاطر همه محبت ها، حمایت ها و تشویق هایشان.

استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر فرهاد اسمعیلی قدسی به خاطر راهنمایی های ارزشمندشان در طی انجام این پروژه.

استاد محترم جناب آقای دکتر صابر فرجامی شایسته داور این پایان نامه.

استاد محترم جناب آقای دکتر سید محمد روضاتی داور این پایان نامه.

استاد محترم جناب آقای دکتر حمید رحیم پور سلیمانی نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه.

استاد محترم جناب آقای دکتر علیرضا علی اکبر به خاطر راهنمایی های ارزشمندشان.

دوستان عزیزم در آزمایشگاه تحقیقاتی ماده چگال خانم ها ساروی، برگ بیدی، کلاهی، معماربان، پیشدادیان،

زارع نژاد، باژن، مرادی و آقایان پاکدل، راستگو، مظلوم، عبدالله زاده، گلشاهی، حسن زاده و دادور.

دوستان عزیزم در گروه های شیمی و بیوشیمی خانم ها گلعلی زاده، ولی پور، قاسمی، صادق زاده، شعبانی، نقدی

و ترحمی.

ز	چکیده فارسی
ژ	چکیده انگلیسی
۱	مقدمه

فصل اول: نانومواد و کاربرد های آنها

۴	۱-۱- مقدمه ای بر نانوتکنولوژی
۴	۱-۱-۱- معرفی علم و فناوری نانو
۵	۱-۱-۲- دسته بندی نانو مواد و زمینه های مرتبط با آن
۷	۱-۱-۳- علل تغییر رفتار مواد در مقیاس نانومتری
۹	۱-۱-۴- جایگاه نانو مواد، مزایا و کاربرد های آنها
۱۰	۱-۱-۵- روش های کلی تولید نانو مواد
۱۱	۱-۲- پوشش ها، دسته بندی و روش های تهیه آنها
۱۱	۱-۲-۱- معرفی و تقسیم بندی پوشش ها
۱۲	۱-۲-۲- لایه نشانی و روش های آن
۱۲	۱-۲-۳- پوشش های نانو ساختار و روش تهیه آنها
۱۳	۱-۲-۳-۱- انواع پوشش های نانو ساختار
۱۳	۱-۲-۳-۱-۱- روش های تهیه پوشش های نانو ساختار
۱۴	۱-۲-۳-۱-۱-۱- روش رسوب بخار فیزیکی (PVD)
۱۴	۱-۲-۳-۱-۱-۲- روش پاشش حرارتی
۱۴	۱-۲-۳-۱-۱-۳- روش رسوب بخار شیمیایی (CVD)
۱۵	۱-۲-۳-۱-۱-۴- آبرکاری

فصل دوم: مفاهیم و کاربردهای روش سل-ژل

۱۸	۱-۲- فرایند سل-ژل
۱۹	۲-۲- مفاهیم سل-ژل
۲۱	۳-۲- فیزیک سل
۲۲	۴-۲- واکنش های شیمیایی سل-ژل
۲۲	۱-۴-۲- شیمی محلول های الکوکسید فلز
۲۳	۱-۱-۴-۲- مکانیزم هیدرولیز و چگالش
۲۴	۵-۲- شیمی محلول های اکسید فلز
۲۴	۱-۵-۲- هیدرولیز
۲۶	۲-۵-۲- چگالش
۲۶	۱-۲-۵-۲- الیشن
۲۷	۲-۲-۵-۲- اکسلیشن
۲۸	۶-۲- ژلاسیون

۳۰	۷-۲- ماندگی
۳۱	۸-۲- روش های لایه نشانی در فرایند سل-ژل
۳۱	۱-۸-۲- روش لایه نشانی غوطه وری
۳۳	۱-۱-۸-۲- تشکیل فیلم
۳۴	۲-۱-۸-۲- خشک شدن
۳۵	۲-۸-۲- لایه نشانی به روش چرخشی
۳۶	۹-۲- کاربرد های روش سل-ژل
۳۶	۱-۹-۲- تهیه فیلم ها و پوشش ها
۳۶	۲-۹-۲- مونولیت ها
۳۷	۳-۹-۲- پودر ها و دانه ها
۳۷	۴-۹-۲- فیبر ها
۳۷	۵-۹-۲- کامپوزیت ها

فصل سوم: روش های آنالیز فیلم های نازک

۳۹	۱-۳- مقدمه
۳۹	۲-۳- مشخصه یابی ساختاری
۴۱	۱-۲-۳- تعیین اندازه با معادله شرر
۴۱	۳-۳- میکروسکوپ روبشی نیروی اتمی
۴۲	۱-۳-۳- حالت استاتیکی
۴۳	۱-۱-۳-۳- آشکار سازی موقعیت کانتی لیور
۴۴	۲-۱-۳-۳- حالت ارتفاع ثابت
۴۵	۳-۱-۳-۳- حالت نیروی ثابت
۴۵	۲-۳-۳- حالت دینامیکی
۴۶	۴-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی
۴۷	۱-۴-۳- اساس کار در SEM
۴۸	۲-۴-۳- کاربرد های عمده میکروسکوپ های الکترونی روبشی
۴۹	۵-۳- مشخصه یابی اپتیکی
۴۹	۱-۵-۳- طیف سنجی فوتولومینسانس

فصل چهارم: بررسی خواص فیزیکی فیلم های نازک نانو ساختار اکسید مس

۵۲	۱-۴- مواد نیمه رسانا
۵۲	۲-۴- گاف نواری
۵۲	۱-۲-۴- گاف نواری مستقیم
۵۳	۲-۲-۴- گاف نواری غیر مستقیم
۵۴	۳-۴- نانو ساختار های نیمه رسانا
۵۴	۴-۴- خواص اپتیکی نانو ساختار های نیمه رسانا
۵۵	۵-۴- اکسیتون ها
۵۷	۶-۴- ساختار کریستالی اکسید مس
۵۷	۱-۶-۴- Cu_2O

۵۷	CuO-۲-۶-۴
۵۸	Cu ₄ O ₃ -۳-۶-۴
۵۸	۷-۴- کاربرد های اکسید مس
۵۸	۱-۷-۴- اتصالات p-n
۵۸	۲-۷-۴- سیستم های فوتوولتایی و سلول های خورشیدی
۵۹	۳-۷-۴- کاتالیست ها
۵۹	۴-۷-۴- سیستم های مغناطیسی
۵۹	۵-۷-۴- ابررساناهای دمای بالا
۵۹	۶-۷-۴- سنسور های گازی
۵۹	۷-۷-۴- سیستم های اپتیکی
۵۹	۸-۴- مروری بر مقالات

فصل پنجم: تهیه و بررسی اثر شرایط سل روی خواص فیزیکی فیلم های نانو ساختار اکسید مس

۷۰	۱-۵- مقدمه
۷۰	۲-۵- ساخت لایه های نازک اکسید مس
۷۰	۱-۲-۵- آماده سازی سل اولیه
۷۱	۲-۲-۵- آماده سازی زیر لایه
۷۱	۳-۲-۵- لایه نشانی
۷۱	۴-۲-۵- خشک سازی
۷۲	۵-۲-۵- بازپخت
۷۲	۳-۵- معرفی پارامتر های بررسی شده
۷۲	۴-۵- تشریح آنالیز های انجام شده
۷۳	۱-۴-۵- روش بهینه سازی نامقید
۷۵	۲-۴-۵- روش تعیین گاف نواری فیلم ها
۷۵	۵-۵- بررسی اثر دمای بازپخت
۷۶	۱-۵-۵- اثر دمای بازپخت بر خواص ساختاری فیلم های نازک اکسید مس
۷۸	۲-۵-۵- اثر دمای بازپخت بر خواص اپتیکی فیلم های نازک اکسید مس
۸۲	۳-۵-۵- اثر دمای بازپخت بر خواص مورفولوژیکی فیلم های نازک اکسید مس
۸۵	۶-۵- بررسی اثر دمای خشک سازی
۸۵	۱-۶-۵- اثر دمای خشک سازی بر خواص اپتیکی فیلم های نازک اکسید مس
۸۹	۲-۶-۵- اثر دمای خشک سازی بر خواص ساختاری فیلم های نازک اکسید مس
۸۹	۳-۶-۵- اثر دمای خشک سازی بر خواص مورفولوژیکی فیلم های نازک اکسید مس
۹۱	۷-۵- بررسی اثر غلظت سل بر خواص اپتیکی فیلم های نازک اکسید مس
۹۶	۸-۵- بررسی اثر pH سل
۹۶	۱-۸-۵- اثر pH سل بر خواص مورفولوژیکی فیلم های نازک اکسید مس
۹۷	۲-۸-۵- اثر pH سل بر خواص اپتیکی فیلم های نازک اکسید مس
۱۰۰	۹-۵- بررسی اثر پلی اتیلن گلیکول بر خواص اپتیکی فیلم های نازک اکسید مس
۱۰۴	۱۰-۵- بررسی اثر نوع پایدار ساز
۱۰۴	۱-۱۰-۵- اثر نوع و نسبت پایدار ساز در زمان پایداری سل

- ۱۰۶-۱۰-۵-۲- اثر نوع پایدار ساز بر خواص ساختاری فیلم های نازک اکسید مس
- ۱۰۸-۱۰-۵-۳- اثر نوع پایدار ساز بر خواص مورفولوژیکی فیلم های نازک اکسید مس
- ۱۱۲-۱۰-۵-۴- اثر نوع پایدار ساز بر خواص اپتیکی فیلم های نازک اکسید مس
- ۱۱۵-۱۰-۵-۵- اثر نوع پایدار ساز بر خواص نورتایی فیلم های نازک اکسید مس
- ۱۱۷-۱۰-۵-۶- اثر نوع پایدار ساز بر خواص الکتریکی فیلم های نازک اکسید مس
- ۱۱۸-۱۱-۵- بررسی اثر افزایش آب بر خواص اپتیکی فیلم های نازک اکسید مس
- ۱۲۲-۱۲-۵- بررسی اثر ماندگی سل بر خواص اپتیکی فیلم های نازک اکسید مس
- ۱۲۵-۱۳-۵- نتایج
- ۱۲۷-۱۴-۵- پیشنهادات
- ۱۲۸-۱۵-۵- مراجع

- شکل (۱-۱): نمودار زمینه های علمی و کاربردی نانو ۵
- شکل (۲-۱): افزایش فزاینده اتم های سطحی با نانو کردن ذرات ۸
- شکل (۳-۱): منحنی رشد نانو تکنولوژی ۱۰
- شکل (۴-۱): تصویر شماتیکی از لایه نشانی به روش CVD ۱۵
- شکل (۱-۲): رفتار پلیمریزاسیون سیلیکای آبی ۱۹
- شکل (۲-۲): مسیر های مختلف تولید در روش سل-ژل ۲۰
- شکل (۳-۲): ارتباط بین انرژی پتانسیل بین ذره ای و ساختار سوسپانسیون ۲۱
- شکل (۴-۲): تشکیل پل بین دو الکوکسید ۲۳
- شکل (۵-۲): مکانیزم هیدرولیز و چگالش الکوکسیدها (الکوکسیشن و اکسیلیشن) ۲۳
- شکل (۶-۲): مکانیزم چگالش الکوکسیدها (الیشن) ۲۴
- شکل (۷-۲): اثر بار و PH روی نوع لیگاند تشکیل شده ۲۵
- شکل (۸-۲): واکنش الیشن ۲۶
- شکل (۹-۲): واکنش اکسیلیشن وقتی که عدد همسایگی فلز غیر اشباع باشد ۲۷
- شکل (۱۰-۲): واکنش اکسیلیشن وقتی عدد همسایگی فلز اشباع باشد ۲۷
- شکل (۱۱-۲): تصویر SEM ساختار یک خوشه از ذرات در ژل ۲۹
- شکل (۱۲-۲): تئوری نفوذ بر روی یک شبکه دو بعدی ۲۹
- شکل (۱۳-۲): نمایش فرایند لایه نشانی به روش غوطه وری ۳۱
- شکل (۱۴-۲): (a) نمایش روش غوطه وری در حالت پایا و همچنین مراحل شکل گرفتن ساختار فیلم در نتیجه تبخیر حلال. (b) نمایش جریان مایع در حین لایه نشانی ۳۲
- شکل (۱۵-۲): نمایش نمادین لایه نشانی به روش چرخشی ۳۵
- شکل (۱-۳): تصویری از طرح پراش اشعه ی ایکس برای تعداد محدودی از صفحات ۴۰
- شکل (۲-۳): منحنی نیروی بین اتمی در برابر فاصله ۴۲
- شکل (۳-۳): شماتیک اجزاء اپتیکی تعیین موقعیت کانتی لیور ۴۴
- شکل (۴-۳): شکل نمادینی از اجزای اصلی یک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۴۷
- شکل (۵-۳): فرآیند آفرینش حالت الکترونی برانگیخته ی یگانه توسط جذب اپتیکی و گسیل از طیف حالت یگانه ی S_1 (فلوئورسانس) یا حالت سه گانه ی T (فسفورسانس) ۵۰
- شکل (۱-۴): نمای گاف نواری مستقیم ۵۳
- شکل (۲-۴): نمای گاف نواری غیر مستقیم ۵۳
- شکل (۳-۴): نمایش گذارهای مختلف الکترونی در (a) یک نیمه رسانای بالکی و (b) یک ساختار کوانتومی ۵۵
- شکل (۴-۴): (a) تصویر شماتیکی از سطوح انرژی اکسیژنی نسبت به نوار هدایت. (b) نمایش اکسیژن ها در حالت های اکسیژنی آزاد و مقید ۵۶
- شکل (۵-۴): ساختار کریستالی Cu_2O ۵۷
- شکل (۶-۴): ساختار کریستالی CuO ۵۸
- شکل (۷-۴): طرح XRD مربوط به فیلم های تهیه شده در دماهای مختلف زیر لایه ۶۰
- شکل (۸-۴): طرح XRD فیلم های CuO ۶۲
- شکل (۹-۴): طیف رامان فیلم های نازک CuO ۶۲

- شکل (۴-۱): تصویر SEM فیلم های نازک CuO ۶۳
- شکل (۴-۱۱): طیف عبور و بازتاب اپتیکی فیلم های CuO انباشته شده بر زیرلایه کوارتز و تصویر داخل طرح XRD این فیلم ها ۶۳
- شکل (۴-۱۲): گاف نواری مستقیم فیلم های CuO ۶۴
- شکل (۴-۱۳): طرح XRD فیلم های انباشته شده در فشارهای مختلف اکسیژن: (a) ۰/۰۶۷ pa، (b) ۰/۱۰۷pa (c) ۰/۱۴۷ pa، (d) ۰/۲۰۰ pa، (e) ۰/۲۴۰ pa، (f) ۰/۲۸۰ pa، (g) ۰/۳۲۰ pa ۶۴
- شکل (۴-۱۴): تصاویر AFM فیلم های اکسید مس انباشته شده در فشارهای مختلف اکسیژن: (a) ۰/۱۴۷ pa، (b) ۰/۲۰۰ pa، (c) ۰/۲۴۰ pa، (d) ۰/۲۸۰ pa ۶۵
- شکل (۴-۱۵): اثر فشار جزئی اکسیژن بر نوع و غلظت حامل های اکثریت در فیلم های نازک اکسید مس ۶۵
- شکل (۴-۱۶): وابستگی مقاومت الکتریکی و تحرک پذیری هال به فشار جزئی اکسیژن در فیلم های نازک اکسید مس ۶۶
- شکل (۴-۱۷): طیف عبور اپتیکی فیلمهای انباشته شده در فشارهای مختلف اکسیژن: (a) ۰/۰۶۷ pa، (b) ۰/۱۰۷pa (c) ۰/۱۴۷ pa، (d) ۰/۲۰۰ pa، (e) ۰/۲۴۰ pa، (f) ۰/۲۸۰ pa، (g) ۰/۳۲۰ pa ۶۷
- شکل (۴-۱۸): گاف نواری مستقیم فیلم های انباشته شده در فشارهای مختلف اکسیژن ۶۷
- شکل (۴-۱۹): تصاویر SEM (سمت راست) و AFM (سمت چپ) فیلم های نازک اکسید مس انباشته شده در فشار های ۰/۰۷۳ و ۰/۱۱۵ pa، متناظر با فازهای CuO و Cu₄O₃ ۶۸
- شکل (۵-۱): الگوی پراش پرتو X فیلم های اکسید مس تهیه شده در دماهای بازیخت ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰°C ۷۶
- شکل (۵-۲): نمودار طیف عبوری تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای بازیخت ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰°C ۷۹
- شکل (۵-۳): نمودار ضریب شکست تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای بازیخت ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰°C ۸۰
- شکل (۵-۴): نمودار ضریب خاموشی تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای بازیخت ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰°C ۸۰
- شکل (۵-۵): نمودار گاف نواری اپتیکی فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای بازیخت ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰°C ۸۱
- شکل (۵-۶): تصاویر AFM دو بعدی و سه بعدی فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای بازیخت ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰°C ۸۳
- شکل (۵-۷): تصویر توزیع ارتفاع ذرات از سطح فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای بازیخت ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰°C ۸۴
- شکل (۵-۸): نمودار طیف عبوری تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای خشک سازی ۱۵۰، ۱۷۰، ۲۰۰ و ۲۴۰°C ۸۶
- شکل (۵-۹): نمودار ضریب شکست تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای خشک سازی ۱۵۰، ۱۷۰، ۲۰۰ و ۲۴۰°C ۸۷
- شکل (۵-۱۰): نمودار ضریب خاموشی تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای خشک سازی ۱۵۰، ۱۷۰، ۲۰۰ و ۲۴۰°C ۸۷
- شکل (۵-۱۱): نمودار گاف نواری اپتیکی فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای خشک سازی ۱۵۰، ۱۷۰، ۲۰۰ و ۲۴۰°C ۸۸
- شکل (۵-۱۲): الگوی پراش پرتو X فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای خشک سازی ۱۵۰ و ۲۰۰°C ۸۹
- شکل (۵-۱۳): تصاویر AFM دو بعدی و سه بعدی فیلم های نازک CuO تهیه شده در دو دمای خشک سازی ۱۵۰ و ۲۰۰°C ۹۰

- شکل (۵-۱۴): تصویر توزیع ارتفاع ذرات از سطح فیلم های نازک CuO تهیه شده در دو دمای خشک سازی ۱۵۰ °C و ۲۰۰ °C..... ۹۱
- شکل (۵-۱۵): طیف IR از سل مورد استفاده در لایه نشانی در غلظت های مختلف ۰.۲۵، ۰.۳۵، ۰.۵ و ۰.۵ مولار..... ۹۲
- شکل (۵-۱۶): نمودار طیف عبوری تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده از سل هایی با غلظت های ۰.۲۵، ۰.۳۵، ۰.۵ و ۰.۶ مولار..... ۹۳
- شکل (۵-۱۷): نمودار ضریب شکست تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده از سل هایی با غلظت های ۰.۲۵، ۰.۳۵، ۰.۵ و ۰.۶ مولار..... ۹۴
- شکل (۵-۱۸): نمودار ضریب خاموشی تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده از سل هایی با غلظت های ۰.۲۵، ۰.۳۵، ۰.۵ و ۰.۶ مولار..... ۹۴
- شکل (۵-۱۹): نمودار گاف نواری فیلم های نازک CuO تهیه شده از سل هایی با غلظت های مختلف ۰.۲۵، ۰.۳۵، ۰.۵ و ۰.۶ مولار..... ۹۵
- شکل (۵-۲۰): تصاویر SEM فیلم های pH1، pH2 و pH3 با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ و ۵۰۰۰۰..... ۹۷
- شکل (۵-۲۱): نمودار طیف عبوری تجربی و تئوری فیلم های pH1، pH2 و pH3..... ۹۸
- شکل (۵-۲۲): نمودار ضریب شکست تجربی و تئوری فیلم های pH1، pH2 و pH3..... ۹۸
- شکل (۵-۲۳): نمودار ضریب خاموشی تجربی و تئوری فیلم های pH1، pH2 و pH3..... ۹۹
- شکل (۵-۲۴): نمودار گاف نواری فیلم های pH1، pH2 و pH3..... ۱۰۰
- شکل (۵-۲۵): نمودار طیف عبوری تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده از سل هایی با نسبت های مختلف PEG..... ۱۰۱
- شکل (۵-۲۶): نمودار ضریب شکست تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده از سل هایی با نسبت های مختلف PEG..... ۱۰۲
- شکل (۵-۲۷): نمودار ضریب خاموشی تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده از سل هایی با نسبت های مختلف PEG..... ۱۰۲
- شکل (۵-۲۸): نمودار گاف نواری فیلم های نازک CuO تهیه شده از سل هایی با نسبت های مختلف PEG..... ۱۰۳
- شکل (۵-۲۹): طرح پراش پرتو X فیلم های تهیه شده با پایدارسازهای مختلف..... ۱۰۷
- شکل (۵-۳۰): تصاویر SEM فیلم های تهیه شده با پایدار ساز های مختلف و بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ و ۵۰۰۰۰..... ۱۰۸
- شکل (۵-۳۱): تصاویر AFM دو بعدی و سه بعدی فیلم های تهیه شده با پایدار ساز های مختلف..... ۱۱۰
- شکل (۵-۳۲): تصویر توزیع ارتفاع ذرات از سطح فیلم های تهیه شده با پایدار ساز های مختلف..... ۱۱۱
- شکل (۵-۳۳): طیف IR از سل های مورد استفاده در لایه نشانی تهیه شده با پایدار ساز های مختلف..... ۱۱۲
- شکل (۵-۳۴): نمودار طیف عبوری تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده با پایدار ساز های مختلف..... ۱۱۳
- شکل (۵-۳۵): نمودار ضریب شکست تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده با پایدار ساز های مختلف..... ۱۱۳
- شکل (۵-۳۶): نمودار ضریب خاموشی تجربی و تئوری فیلم های نازک CuO تهیه شده با پایدار ساز های مختلف..... ۱۱۴
- شکل (۵-۳۷): نمودار گاف نواری فیلم های نازک CuO تهیه شده با پایدار ساز های مختلف..... ۱۱۴
- شکل (۵-۳۸): طیف فوتولومینسانس فیلم های نازک CuO تهیه شده با پایدار ساز های مختلف..... ۱۱۶
- شکل (۵-۳۹): نمودار طیف عبوری تجربی و تئوری فیلم های اکسید مس تهیه شده با نسبت های مختلف آب..... ۱۱۹
- شکل (۵-۴۰): نمودار ضریب شکست تجربی و تئوری فیلم های اکسید مس تهیه شده با نسبت های مختلف آب..... ۱۱۹
- شکل (۵-۴۱): نمودار ضریب خاموشی تجربی و تئوری فیلم های اکسید مس تهیه شده با نسبت های مختلف آب..... ۱۲۰
- شکل (۵-۴۲): نمودار گاف نواری فیلم های اکسید مس تهیه شده با نسبت های مختلف آب..... ۱۲۱
- شکل (۵-۴۳): نمودار طیف عبوری تجربی و تئوری فیلم های لایه نشانی شده در روزهای ۱، ۸، ۱۶ و ۲۴..... ۱۲۲
- شکل (۵-۴۴): نمودار ضریب شکست تجربی و تئوری فیلم های لایه نشانی شده در روزهای ۱، ۸، ۱۶ و ۲۴..... ۱۲۳

شکل (۴۵-۵): نمودار ضریب خاموشی تجربی و تئوری فیلم های لایه نشانی شده در روزهای ۱، ۸، ۱۶ و ۲۴..... ۱۲۳

شکل (۴۶-۵): نمودار گاف نواری فیلم های لایه نشانی شده در روزهای ۱، ۸، ۱۶ و ۲۴..... ۱۲۴

جدول (۱-۱): مثال هایی از نانومواد.....	۶
جدول (۱-۴): کد و ضخامت فیلم های نازک اکسید مس تهیه شده در دماهای مختلف.....	۶۰
جدول (۲-۴): اطلاعات ساختاری فیلم های نازک اکسید مس.....	۶۱
جدول (۱-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده برای ضریب ترکیب فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای مختلف بازپخت.....	۷۷
جدول (۲-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده برای اندازه دانه و چگالی نابجایی فیلم های نازک CuO تهیه شده در دماهای مختلف بازپخت.....	۷۸
جدول (۳-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده در دماهای مختلف بازپخت در ۶۵۰nm.....	۸۲
جدول (۴-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده از AFM فیلم های نازک اکسید مس تهیه شده در دماهای مختلف بازپخت.....	۸۵
جدول (۵-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده در دماهای مختلف خشک سازی در ۶۵۰nm.....	۸۸
جدول (۶-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده از AFM در دو دمای خشک سازی ۱۵۰ و ۲۰۰°C.....	۹۱
جدول (۷-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده در غلظت های مختلف سل در ۶۵۰nm.....	۹۵
جدول (۸-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده برای فیلم های تهیه شده از سل هایی با PH های مختلف در ۶۵۰nm.....	۱۰۰
جدول (۹-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده از نسبت های مختلف PEG به استات مس در ۶۵۰nm.....	۱۰۳
جدول (۱۰-۵): نام و مشخصات پایدارساز های مورد استفاده.....	۱۰۵
جدول (۱۱-۵): مقایسه نسبت و زمان پایداری سل های تهیه شده با پایدارسازهای مختلف.....	۱۰۵
جدول (۱۲-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده برای اندازه دانه و چگالی نابجایی فیلم های نازک CuO تهیه شده با پایدارسازهای مختلف.....	۱۰۷
جدول (۱۳-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده از AFM فیلم های نازک CuO تهیه شده با پایدار سازهای مختلف.....	۱۱۱
جدول (۱۴-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده برای فیلم های تهیه شده با پایدارساز های مختلف در ۶۵۰nm.....	۱۱۵
جدول (۱۵-۵): خواص الکتریکی فیلم های تهیه شده با پایدار ساز های مختلف.....	۱۱۷
جدول (۱۶-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده از نسبت های مختلف آب به استات مس در ۶۵۰nm.....	۱۲۱
جدول (۱۷-۵): مقایسه مقادیر به دست آمده از فیلم های تهیه شده در روز های مختلف در ۶۵۰nm.....	۱۲۴

عنوان: بررسی اثر شرایط سل روی خواص اپتیکی و مورفولوژیکی نانو فیلم های نازک اکسید مس تهیه شده با روش سل-ژل
سمیه سعادت نیاول

در این تحقیق فیلم های نازک نانو ساختار اکسید مس با روش غوطه وری سل-ژل بر روی زیر لایه های شیشه ای تهیه شدند. فیلم های اکسید مس با محلولی از استات مس یک آبه، در شرایط مختلف سل مانند تغییرات pH، غلظت، ماندگی سل و استفاده از پایدار سازهای مختلف، آب و پلی اتیلن گلیکول تهیه شدند. خواص فیزیکی فیلم ها در دماهای مختلف خشک سازی و بازیخت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج XRD نشان می داد که دمای خشک سازی و بازیخت بر روی ساختار کریستالی فیلم ها تأثیر گذار است. طیف عبوری فیلم ها با طیف سنج UV-Visible اندازه گیری شد و ثوابت اپتیکی و ضخامت آنها با روش الگوریتم بهینه سازی نا مقید در ناحیه مرئی تعیین شد. مورفولوژی سطح فیلم ها به وسیله میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می داد که فیلم های اکسید مس تهیه شده در شرایط مختلف سل خواص اپتیکی، ساختاری و مورفولوژیکی متفاوتی نشان می دهند. تصاویر SEM حاکی از تغییر در اندازه دانه ها با تغییر pH و نوع پایدار ساز می باشد. شدت طیف فوتولومینسانس فیلم ها ی تهیه شده با پایدار ساز مونو اتانول آمین بیشتر می باشد.

کلید واژه ها: اکسید مس، شرایط سل، سل-ژل، نانو فیلم های نازک، خواص اپتیکی، خواص مورفولوژیکی

Abstract

Title: Investigation of sol conditions effect on the optical and morphological properties of Copper oxide nano-thin films prepared by sol-gel process
Somayeh Saadat Niavol

In this investigation, Copper oxide nanostructured thin films have been prepared on glass substrate by sol-gel dip-coating method. Copper oxide thin films has prepared by solution of cooper acetate mono hydrate with different condition of sols such as change in PH, concentration, sol aging and used from different stabilizer, water, poly ethylene glycol. Physical properties of thin films were investigated at different drying and annealing temperatures. The XRD results show that drying and annealing temperatures affect the crystallinity of thin films. Transmission spectra of films were measured by means of UV-Visible spectrophotometer. The optical constant and the thickness of the films were determined by Unconstraint Optimization Algorithm method using empirical transmittance spectra in the visible region range. The surface morphology of the films was studied by Atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM) analyses. The CuO nano-thin film were prepared at different condition of sols, showed that different optical, morphological and structural properties. SEM images represented in grain size change with various pH and kind of stabilizer. Intensity of PL spectra of films which prepared with monoethanolamine higher than other stabilizer.

Key words: Copper oxide, Sol condition, Sol-gel, Nano-thin films, Optical properties, Morphological properties

در سال های اخیر نانو تکنولوژی به عنوان علمی پیشرو در زمینه های مختلف تحقیق در رشته های فیزیک، شیمی، مهندسی و بیولوژی مطرح شده است و در آینده نزدیک شاهد پیشرفتهای عظیمی در این علم خواهیم بود که جهت پیشرفتهای تکنولوژیکی در گستره وسیعی از کاربردها را تغییر خواهد داد و مانند میکرو تکنولوژی در قرن گذشته باعث تحول روش زندگی انسان در قرون آتی خواهد شد. نانو تکنولوژی بر اساس این مفهوم که ذرات با ابعاد کمتر از 100 nm یا نانوساختار، رفتار و خواص جدیدی را از خود نشان می دهند بنا شده است. برای مثال ساختار الکترونیکی، رسانندگی، واکنش پذیری، دمای ذوب و خواص مکانیکی یک سیستم زمانی که اندازه ذرات آن به مقدار کمتر از طول مشخصه بحرانی برسد تغییر می کنند. این وابستگی به اندازه امکان مهندسی ویژگی های سیستم را می دهد یعنی با کنترل ابعاد می توان تغییرات تقریباً کنترل شده و دلخواهی را به وجود آورد. تحقیق در زمینه نانو ساختار ها با هدف بهبود در خواص ماکروسکوپیکی صورت می گیرد. در این میان ویژگی های خاص نانو ساختار های نیمه رسانا و کاربرد های منحصر بفردشان مورد توجه بسیاری از دانشمندان و محققان علم و تکنولوژی نانو قرار گرفته است. خوشه های کوچک اتم های نیمه رسانا یکی از جالب ترین و در عین حال جزء پیشرفته ترین شاخه های فیزیک حالت جامد است. نیمه رساناهای نانوساختار به دلیل پدیده هایی چون محدودیت کوانتومی حاملهای بار و در نتیجه متعادل سازی خواص الکتریکی و اپتیکی مورد توجه قرار دارند. در این راستا نیمه رساناهای زیادی به شکل نقاط کوانتومی و فیلم های نازک ساخته و خواص مختلف آنها در مقایسه با حالت بالکی شان مطالعه شده است. فیلم های نانو ساختار یک مجموعه عمده از نانو مواد با کاربرد های تکنولوژیکی بسیار زیاد می باشند. مواد بر پایه اکسید مس به دلیل کاربرد های فراوانشان در تکنولوژی بسیار جالب توجه هستند. CuO به عنوان نیمه رساناهای نوع p شناخته شده است و به همین دلیل پتانسیل مناسبی برای ساخت قطعات پیوندگاه مانند دیود های پیوندی p-n و ترانزیستور ها را دارا می باشد. همچنین این ماده به عنوان کاتالیست ناهمگن برای فرایندهای زیست محیطی، سنسورهای گازی حالت جامد، سیستم های مغناطیسی و مواد عایق میکرو ویو مورد استفاده قرار می گیرد. از کاربرد های دیگر اکسید مس به قطعات فوتوولتایی و الکتروود باتری های لیتیومی اشاره کرد. در میان روش های متنوعی که برای ساخت فیلم های نانوساختار وجود دارد، روش های شیمیایی از اهمیت خاصی برخوردارند. اولین مزیت روش های شیمیایی همگن بودن آنهاست به طوری که این روش ها موجب تولید مولکولی مواد می گردد. با استفاده از شیمی مولکولی می توان در یافت که چه ماده ای در مقیاس اتمی یا مولکولی تولید شده و اثرات آن را بر خواص ماده پیش بینی کرد، لذا می توان از شیمی مولکولی برای طراحی مواد جدید بهره گرفت. روش سل-ژل نمونه چنین روشی می باشد. از این روش برای ایجاد نقاط کوانتومی نیز استفاده می شود. این روش به دلیل رعایت شرایط زیست محیطی و سادگی انباشت یک روش مناسب برای تهیه فیلم های نازک نانو ساختار و نانو پودرها می باشد. علاوه بر این روش به دلیل کنترل خوب بر ترکیب فیلم ها و ساختار میکروسکوپی آنها از اهمیت زیادی برخوردار

است. در این پروژه نانو فیلم های نازک اکسید مس به روش سل-ژل با تکنیک غوطه وری در شرایط مختلف سل تهیه و با استفاده از روش های پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM)، بیناب نمایی فرابنفش-مرئی (UV-Visible) و... خواص ساختاری، مورفولوژیکی و اپتیکی این فیلم ها مشخصه یابی و اثر شرایط سل روی این خواص بررسی شده است. در فصل اول این پروژه، ابتدا به معرفی نانو مواد و علل تغییر خواص این مواد در مقیاس نانومتری پرداخته شده است. سپس به معرفی لایه های نازک و تعدادی از روش های ساخت آنها اشاره شده است. در فصل دوم مفاهیم اولیه روش سل-ژل، تکنیک ها و کاربرد های مختلف آن به عنوان یک روش کارآمد در تهیه لایه های نازک بیان شده است. در فصول سوم و چهارم به ترتیب، تکنیک های مشخصه یابی فیلم های نازک و خواص فیزیکی فیلم های نانو ساختار اکسید مس مورد بررسی قرار گرفته است. سر انجام در فصل پنجم به بحث پیرامون خواص اپتیکی، ساختاری و مورفولوژیکی فیلم های نازک اکسید مس تهیه شده در شرایط مختلف سل پرداختیم.

فصل اول

نانو مواد و کاربردهای آنها

نانو تکنولوژی تولید مواد، تجهیزات، سیستم ها و دستگاه ها در جهت بهره برداری از خواص و پدیده های جدید و برتر در مقیاس نانومتری می باشد. نانو مواد به خاطر رفتار و ویژگی های برجسته و کاربردهای مهم مبتنی بر این خواص به طور گسترده ای مورد تحقیق و بررسی می باشند. عبارت نانو تکنولوژی اولین بار در سال ۱۹۷۴ توسط تانی گوچی^۱ معرفی شد و از آن به عنوان تکنولوژی آینده صحبت به میان آمد [۱]. در حالی که عبارت نانو تکنولوژی، نسبتاً جدید است، وجود ساختارها و افزارآلات نانومتری، جدید و نو نبوده و در واقع چنین ساختارهایی قدمتی به اندازه عمر زمین داشته اند. البته مشخص نیست که انسان چه زمانی برای اولین بار از مزایای مواد نانویی استفاده کرده است. در قرن چهاردهم میلادی شیشه گرهای رومی شیشه هایی تولید می کردند که حاوی ذرات فلزی نانومتری بود. این شیشه ها زمانی که نور به آنها می تابید از سبز به قرمز پررنگ تغییر رنگ می دادند. در قرن های بعد استفاده از نانو ذرات در فیلم های عکاسی کیفیت این فیلم ها را به مراتب ارتقا داد. موارد این چنین زیاد بوده و از این رو می توان گفت تکنولوژی بر پایه مواد نانو جدید نمی باشد. در ادامه این مسیر در سال ۱۸۵۷ مایکل فاراده^۲ مقاله ای منتشر کرد که سعی داشت در آن تأثیر ذرات فلزی بر رنگ شیشه را تشریح کند. در سال ۱۹۰۸ گاستاو مای^۳ در یک مقاله برای اولین بار اثر اندازه ذرات و نوع فلز را بر رنگ شیشه تشریح کرد [۲].

ریچارد فاینمن^۴ یکی از مشهورترین فیزیکدانان دهه ۶۰ میلادی و برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۶۵ ملقب به پدر نانو تکنولوژی است. ایشان در سال ۱۹۵۹ در یک سخنرانی که در انجمن فیزیک آمریکا (تحت عنوان "فضاهای زیادی در عمق وجود دارد"^۵ [۳]) ارائه کرد، پتانسیل عظیم مواد نانویی و یک انقلاب عظیم و همه گیر را پیش بینی کرد [۴-۵]. البته این پیش بینی در آن زمان در بین دانشمندان مورد توجه قرار نگرفت ولی امروزه به وضوح وقوع این پیش بینی ملاحظه می شود. این دانشمندان در آن زمان لیتوگرافی با اشعه الکترونی را تصور می کرد که اکنون برای ساخت تراشه های سیلیکونی^۶ به کار می رود. همچنین پیشنهاد دستکاری^۷ اتم های معمول برای ساختن ساختارهای کوچک و جدید که خواص بسیار متفاوتی دارند را داد که در حال حاضر توسط میکروسکوپ های تونلی روبشی^۸ انجام می شود. این محقق در آن زمان مدار های نانومتری که می توانند از اجزای کامپیوتر های بسیار پر قدرت باشند و همچنین بسیاری از تکنولوژی هایی که در حال حاضر وجود دارند نظیر کاربرد مواد نانو ساختار در بیولوژی را تصور می کرد [۲]. در دو دهه اخیر تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام شده است و در

¹ Taniguchi

² Michael Faraday

³ Gustav Mie

⁴ Richard Feynman

⁵ There is plenty of room at the bottom

⁶ Silicon chips

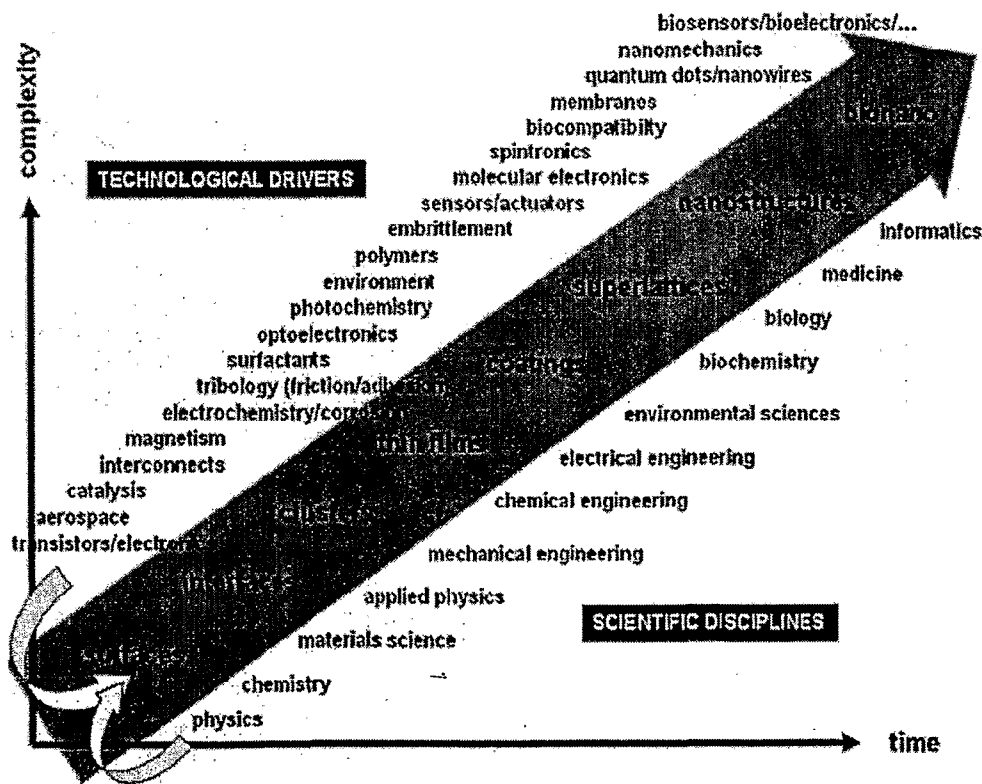
⁷ Manipulating

⁸ Scanning Tunneling Microscopes

حال حاضر نیز تحقیقات بسیاری در زمینه نانو در حال انجام است و محصولات نانوتکنولوژی نیز به تدریج در حال ورود به بازارها می باشند.

۱-۲-۱- دسته بندی نانو مواد و زمینه های مرتبط با آن

یکی از مهمترین جنبه های نانو و نانوتکنولوژی ماهیت بین رشته ای آن می باشد این موضوع سبب می شود که تحقیقات نانو رشته های مختلفی را درگیر خود کند و به زمینه تخصصی خاصی بر نگردد. این امر رشد سریع این علم و تکنولوژی را نوید می دهد. از این روست که این موضوع مورد توجه متخصصین علم مواد، فیزیکدانان، شیمی دانان، مهندسان مکانیک، الکترونیک و شیمی قرار گرفته است. شکل (۱-۱) این موضوع را به خوبی نشان می دهد و در کنار این موضوع تعدادی از زمینه های کاربردی نانو تکنولوژی را به نمایش گذاشته است [۶]. این شکل نشان می دهد که حوزه نانوتکنولوژی بسیار گسترده و بین رشته ای می باشد. حوزه نانوتکنولوژی شامل زمینه های نانوتکنولوژی مولکولی، پودرها و مواد نانو، نانو الکترونیک، نانو اپتیک و نانو فوتونیک بوده و شامل کاربرد هایی در زمینه رباتیک، بیولوژی و پزشکی، شبکه های ارتباطی از طریق فیبر نوری^۱، تکنولوژی مواد پیشرفته، هوافضا، مهندسی شیمی و... می باشد [۷-۸].



شکل (۱-۱): نمودار زمینه های علمی و کاربردی نانو

¹ Fiber optic communication networks