



سینم  
پوتو نیکنی

بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران  
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران  
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



## مطالعه خواص نوری و مغناطیسی نانوذرات نیکل اکسید قبل و بعد از بازپخت

یحیی عزیزی، موسی علی احمد و مهسا قرنی

گروه فیزیک، دانشگاه سیستان و بلوچستان، Zahedan

چکیده - در این کار پژوهشی نیکل اکسید با استفاده از روش همرسوبی تهیه شده است. نمونه ها با روشهای مختلفی نظری UV-Vis و XRD مشخصه یابی می شوند. نتایج XRD نمونه ها نشان می دهد که برای نمونه بازپخت شده پیک های مشخصی وجود دارد اما نمونه بازپخت نشده آمورف است. نتایج حاصل از VSM نشان می دهد که نمونه نیکل اکسید قبل از بازپخت خاصیت آنتی فرومغناطیس و بعد از بازپخت خاصیت سوپرپارامغناطیس دارد. نتایج حاصل از UV-Vis نشان می دهد که هرچه اندازه ذرات کوچکتر می شود شکاف انرژی افزایش می یابد.

کلید واژه - سوپر پارامغناطیس، عبور اپتیکی، نانوذرات، نیکل اکسید

## Experimental study of optical transmittance spectra in NiO nanoparticles, synthesized by chemical co-precipitation Method

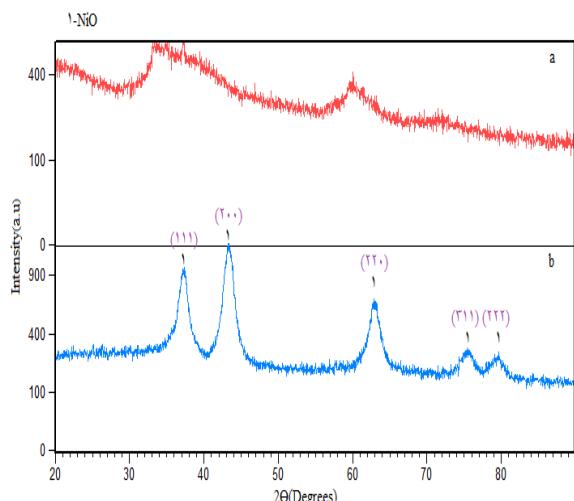
Yahya Azizi, Mousa Aliahmad, and Mahsa Gharani

Department of Physics, University of Sistan & Baluchestan, Zahedan

Abstract- in this work, nickel oxide nanoparticles were prepared by using the co-precipitation method. Samples with different techniques such as UV-Vis, FT-IR VSM, and XRD were characterized. XRD results for the annealed sample shows the crystalline peaks, but as synthesized sample is amorphous. The VSM results show antiferromagnetic and super-paramagnetic properties before and after annealing the sample, respectively. The UV-Vis spectra show that band gap energy is increasing with decreasing the particle size.

Keywords: Super-paramagnetic, Optical transmittance, Nanoparticles, Nickel oxide

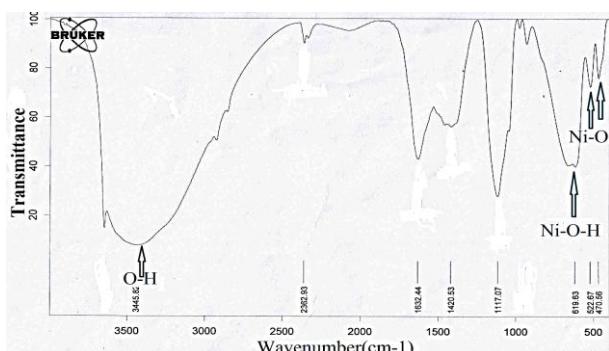
مشاهده می شود که در حالت بازپخت شده پیک های ظاهر می شود که مربوط به صفحات (۱۱۱)، (۱۰۰)، (۲۰۰)، (۲۲۰)، (۳۱۱) و (۲۲۲) می باشد و مربوط به نیکل اکسید است. اندازه ذره برای نمونه نیکل اکسید  $33\text{ nm}$  بست آمده است، در حالی که برای نمونه بدون بازپخت پیک های مشخصی وجود ندارد و نتایج حاصل از این طیف آمورف بودن نیکل اکسید را در این حالت تأیید می نماید (شکل ۱).



شکل ۱: الگوی پراش اشعه X نیکل اکسید (a) قبل از بازپخت (b) بعد از بازپخت

### ۲-۳- نتایج FT-IR

شکل ۲ و ۳ نمودار FT-IR مربوط به نانوذرات نیکل اکسید قبل و بعد از بازپخت را نشان می دهد. همان گونه که در این شکل مشاهده می شود در  $447$  و  $470$  و  $522\text{ cm}^{-1}$  جذب هایی دیده می شود که نشان دهنده تشکیل پیوندهای Ni-O می باشد و نشان می دهد ترکیب  $\text{NiO}$  واقعاً تشکیل شده است.



شکل ۲: نمودار FT-IR مربوط به نانوذرات نیکل اکسید قبل از بازپخت

### ۱- مقدمه

در سال های اخیر بررسی خواص مغناطیسی و اپتیکی نانوذرات نیمرسانا مورد توجه زیادی قرار گرفته است. نیکل اکسید یک نیمرسانا نوع p با گاف انرژی مستقیم می باشد که کاربردهای بسیار متنوعی در زمینه های مختلف دارد [۱ و ۲].

خواص مغناطیسی نانوذرات نیکل اکسید در زمینه های مختلف از جمله، دارو رسانی و حافظه های مغناطیسی کاربرد دارند. این کاربردها به اندازه و شکل نانوذرات مغناطیسی وابسته است زیرا خواص مغناطیسی وابسته به مشخصات فوق است. در اینجا با بازپخت اندازه ذرات افزایش یافته است که این خود منجر به افزایش جذب اپتیکی آنها (به دلیل کاهش گاف انرژی بین نوار هدایت و نوار ظرفیت) می شود.

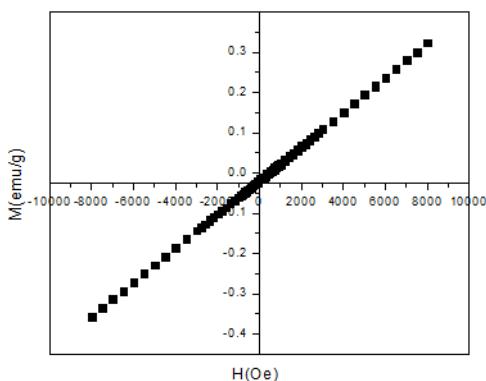
### ۲- روش انجام آزمایش

برای تولید نانوذرات نیکل اکسید با استفاده از روش هم رسوی به این صورت عمل می کنیم که در ابتدا  $5/۹۴۱۲\text{ gr}$  نیکل کلرید  $6\text{ آب}$  را در  $۲۵۰\text{ cc}$  آب دوبار تقطیر که به عنوان حلحل استفاده می شود حل شده است. محلول در اینجا به مدت  $۴۰$  دقیقه در دمای  $۵۰^{\circ}\text{C}$  هم زده می شود. در مرحله بعد مقدار  $۱۰\text{ cc}$  سدیم هیدروکسید  $1/۰\text{ مولار}$  به آن اضافه می شود تا رسوب سبز رنگ تشکیل شود بعد از آن رسوب ها را جمع آوری کرده و  $۳$  بار با آب و  $۳$  بار با اتانول شسته می شود. سپس، محصول نهایی را در آون در دمای  $۶۰^{\circ}\text{C}$  به مدت  $۱۴$  ساعت قرار داده شده است تا خشک شود و برای اینکه کیفیت بلوری نانوذره بهتر شود نیمی از محصول نهایی در دمای  $۵۰^{\circ}\text{C}$  به مدت  $۲$  ساعت بازپخت می شود که پس از عمل بازپخت از رنگ سبز به مشکی تغییر رنگ می دهد. برای بدست آوردن اندازه نانو بلورک ها از دستگاه XRD و VSM برای بررسی خواص مغناطیسی استفاده شده است. طیف سنج FT-IR برای تشخیص پیوندهای موجود در نمونه و UV-Vis برای بررسی عبور اپتیکی نانوذرات استفاده شده است.

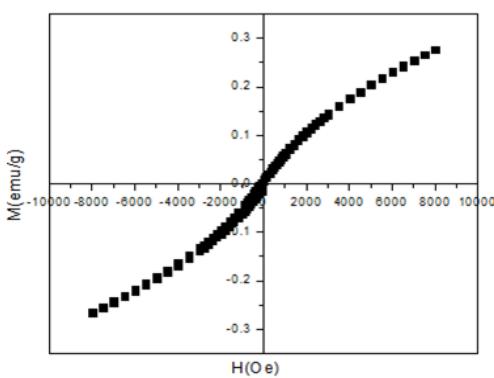
### ۳- بررسی نتایج

#### ۳-۱- نتایج XRD

الگوهای پراش (XRD) مربوط به نمونه نیکل اکسید خالص در حالت بازپخت و بدون بازپخت در شکل ۱



شکل ۴: منحنی مغناطیش بر حسب شدت میدان برای نمونه نیکل اکسید در دمای اتاق قبل از بازپخت



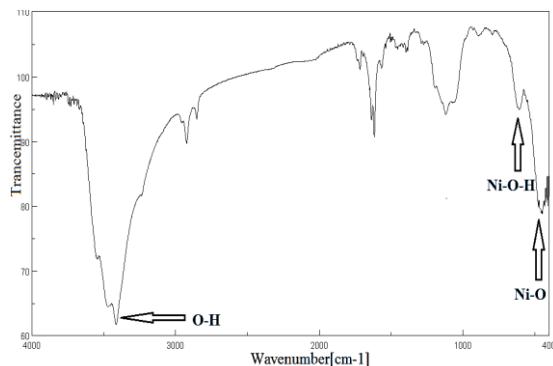
شکل ۵: منحنی مغناطیش بر حسب شدت میدان برای نمونه نیکل اکسید در دمای اتاق بعد از بازپخت در دمای  $500^{\circ}C$

از شکل ۴ و ۵ نتیجه می‌گیریم که نمونه نیکل اکسید قبل از بازپخت خاصیت آنتی‌فرومغناطیس و بعد از بازپخت خاصیت سوپرپارامغناطیس دارد.

### ۳-۳-۳ نتایج UV-Vis

به منظور بررسی خواص اپتیکی نمونه‌ها از آنها طیف UV-Vis (شکل ۶) گرفته شد. انتظار می‌رود که میزان جذب اپتیکی به عوامل متعددی نظیر گاف انرژی و اندازه ذرات بستگی داشته باشد. همانطور که شکل ۶ نشان می‌دهد، میزان جذب اپتیکی نمونه‌ها با کاهش اندازه ذرات افزایش می‌یابد. بنابراین با کوچکتر شدن اندازه ذرات شکاف انرژی بین نوار هدایت و نوار ظرفیت بزرگتر می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش شکاف انرژی، نمونه برای محدوده گسترده‌تری از طول موج‌ها از خود شفافیت اپتیکی نشان می‌دهد. شکاف انرژی نانوذرات را می‌توان توسط رابطه زیر بیان کرد:

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g) \quad (2)$$

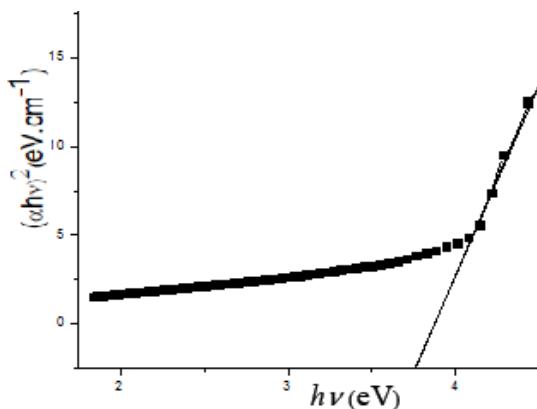


شکل ۳: نمودار FT-IR مربوط به نانوذرات نیکل اکسید بعد از بازپخت

همان‌گونه که در شکل ۲ و ۳ دیده می‌شود قله‌های موجود در حدود  $3414\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده تشکیل پیوندهای O-H می‌باشد که نشانگر آب موجود در نمونه‌ها است. از نمودار FT-IR دو شکل ۲ و ۳ مربوط به نمونه‌های بازپخت شده و قبل از بازپخت نتیجه می‌گیریم که شدت جذب‌های مربوط به پیوندهای O-H بازپخت شده کمتر شده است که نشان دهنده کمتر شدن پیوندهای O-H در داخل نمونه می‌باشد یا به عبارت دیگر میزان آب درون نمونه کاهش یافته است.

### ۳-۳-۴ نتایج VSM

شکل ۴ و ۵ نمودار مغناطیش بر حسب میدان مغناطیسی برای نمونه نیکل اکسید قبل و بعد از بازپخت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود نتیجه می‌گیریم که نمونه نیکل اکسید در حالت قبل از بازپخت خاصیت آنتی‌فرومغناطیس دارند زیرا نفوذپذیری مغناطیسی این مواد ضعیف ( $10\%$ ) و در محدوده مواد پارامغناطیس مشخص می‌شوند همچنین در مواد آنتی‌فرومغناطیس حوزه‌های مغناطیسی کاملاً هم اندازه و مخالف جهت هم هستند که ترتیب پادموازی در این مواد نتیجه‌ی پذیرفتاری خیلی کم آنها است. اما همان‌گونه که از شکل ۵ مشاهده می‌شود نمونه نیکل اکسید خالص بازپخت شده در دمای اتاق خاصیت سوپرپارامغناطیس دارد، زیرا منحنی مغناطیش آنها هیچ گونه سطحی ندارند و قادر مغناطیش باقیمانده هستند و ذرات در این مواد تک حوزوی هستند.



شکل ۵: تعیین شکاف انرژی نانوذرات بوسیله طیف جذبی آنها برای نمونه نیکل اکسید بعد از بازپخت در دمای  $500^{\circ}\text{C}$

بر این اساس گاف انرژی برای نمونه نیکل اکسید قبل از بازپخت  $5/6\text{ eV}$  و بعد از بازپخت برابر  $3/75\text{ eV}$  می‌باشد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

نانوذرات نیکل اکسید بطور موفقیت آمیزی با استفاده از روش هم‌رسوبی تهیه شدند، نتایج طیف‌های FT-IR نشان می‌دهد که ترکیب NiO تشکیل شده است. الگوهای پراش اشعه ایکس نمونه‌ها نشان می‌دهد که برای نمونه بازپخت شده پیک‌های مشخصی وجود دارد اما برای نمونه بازپخت نشده اینگونه نیست و نشان دهنده آمورف بودن آن است. نتایج حاصل از VSM نشان می‌دهد که نمونه نیکل اکسید قبل از بازپخت خاصیت آنتی‌فرو芒ناطیس و بعد از بازپخت خاصیت سوپرپارامغناطیس دارد. نتایج حاصل از UV-Vis نشان می‌دهد که هرچه اندازه ذرات کوچک‌تر باشد شکاف انرژی بین نوار هدایت و نوار ظرفیت بزرگ‌تر می‌شود.

#### مراجع

- [1] K. Anandan and V. Rajendran, *Nanoscience and Nanotechnology: An International Journal*; 2(4): (2012), pp. 24-29.
- [2] M. Aliahmad and M. Noori,, *Indian journal of physics*, 87 (2013) (2013), pp.431- 434.
- [3] Mohsen Dehbashi and Mousa Aliahmad, *Experimental study of structural and optical band gap of nickel doped tin oxide nanoparticles*, International Journal of Physical Sciences 7(37), pp. 5415-5420, 30 (2012)

که A یک ثابت،  $E_g$  شکاف انرژی نانوذرات،  $h\nu$  انرژی فوتون‌های فرودی و  $\alpha$  ضریب جذب می‌باشد [۲].

با توجه به اینکه رابطه بین ضریب جذب و عبور به صورت زیر می‌باشد،

$$T = \exp(-\alpha L) \quad (3)$$

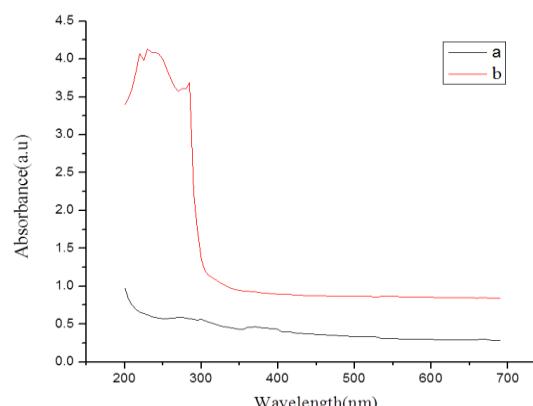
یا

$$\alpha = -\frac{(Ln T)}{L} \quad (4)$$

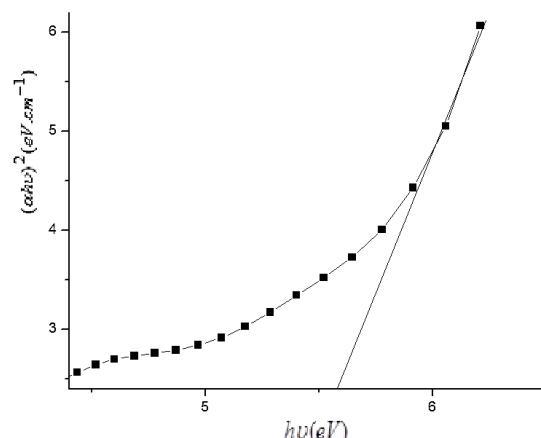
که L ضخامت نمونه می‌باشد، با جایگذاری رابطه ۴ در رابطه ۲ داریم [۳]،

$$(h\nu Ln T)^2 = A^2 L^2 (h\nu - E_g) \quad (5)$$

با رسم نمودار  $(\alpha h\nu)^2$  بر حسب  $h\nu$  می‌توان شکاف انرژی نانوذرات را محاسبه کرد.



شکل ۶: طیف UV-Visible برای نمونه‌های نیکل اکسید (a) قبل از بازپخت (b) بعد از بازپخت



شکل ۷: تعیین شکاف انرژی نانوذرات بوسیله طیف جذبی آنها برای نمونه نیکل اکسید قبل از بازپخت