بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

مطالعه خواص نوری و مغناطیسی نانو ذرات نیکل اکسید قبل و بعد از بازپخت

یحیی عزیزی ، موسی علی احمد و مهسا قرنی

گروه فیزیک، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

چکیده – در این کار پژوهشی نیکل اکسید با استفاده از روش همرسوبی تهیه شده است. نمونه ها با روشهای مختلفی نظیر *UV-Vis*، *VSM , FT-IR* 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 آنتی‌فرومغناطیس و بعداز 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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]

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[۲و۱].

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 نانو ذرات 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.

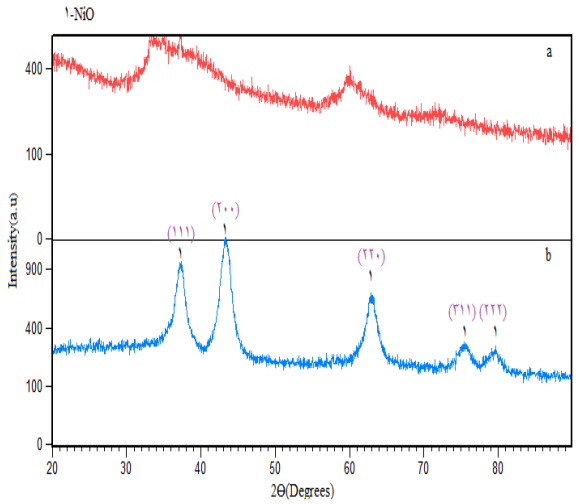
۲- روش انجام آزمایش

برای تولید نانوذرات نیکل اکسید با استفاده از روش هم‌رسوبی به این صورت عمل می کنیم که در ابتدا ۵/۹۴۱۲ gr نیکل کلرید ۶ آبه را در ۲۵۰cc آب دوبار تقطیر که به عنوان حلال استفاده می‌شود حل شده است. محلول در اینجا به مدت ۴۰ دقیقه در دمای $50\ ^0C$ هم زده می‌شود. در مرحله‌ی بعد مقدار ۱۰cc سدیم هیدروکسید ۰/۱مولار 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 می‌شود. سپس، محصول نهایی را در آون در دمای $60\ ^0C$ 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 $500\ ^0C$ به مدت ۲ ساعت بازپخت می شود که پس از عمل بازپخت از رنگ سبز به مشکی تغییر رنگ می‌دهد. برای بدست آوردن اندازه نانو بلورک ها از دستگاه XRD و از 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

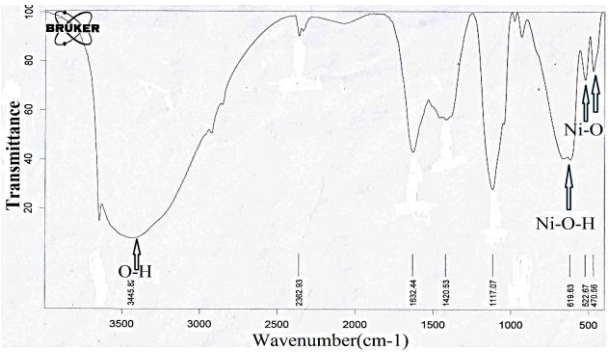
الگوهای پراش (XRD) مربوط به نمونه‌ی نیکل اکسید خالص در حالت بازپخت و بدون بازپخت در شکل۱ مشاهده می شود که در حالت بازپخت شده پیک هایی ظاهر می‌شود که مربوط به صفحات (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰)، (۳۱۱) و (۲۲۲) می‌باشد و مربوط به نیکل اکسید است. اندازه ذره برای نمونه‌ی نیکل اکسید ۳۳ nm بدست آمده است، در حالی که برای نمونه‌ی بدون بازپخت پیک های مشخصی وجود ندارد و نتایج حاصل از این طیف آمورف بودن نیکل اکسید را در این حالت تأیید می‌نماید (شکل ۱).



شکل۱: الگوی پراش اشعه X نیکل اکسید a) قبل از بازپخت b) بعد از بازپخت

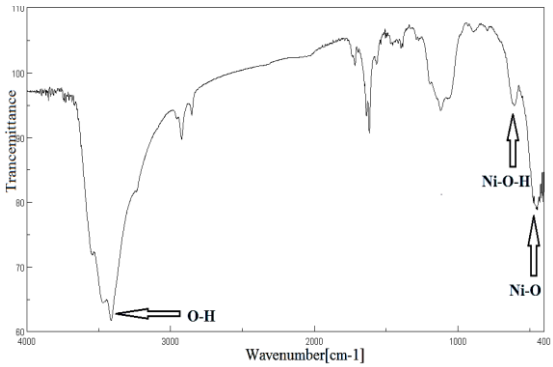
۳-۲- نتایج FT-IR

شکل ۲و۳ نمودار FT-IR مربوط به نانوذرات نیکل اکسید قبل و بعد از بازپخت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود در ۴۴۷ و ۴۷۰ و $522cm^{-1}$ جذب هایی دیده می‌شود که نشان دهنده‌ی تشکیل پیوندهای Ni-O می‌باشد و نشان می دهد ترکیب NiO واقعاً تشکیل شده است.



شکل۲: نمودار FT-IR مربوط به نانوذرات نیکل اکسید قبل از بازپخت

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]

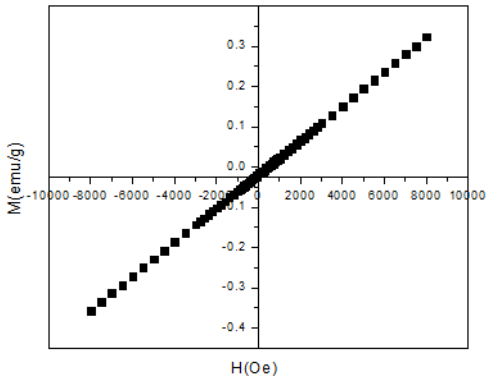


شکل۳: نمودار FT-IR مربوط به نانوذرات نیکل اکسید بعد از بازپخت

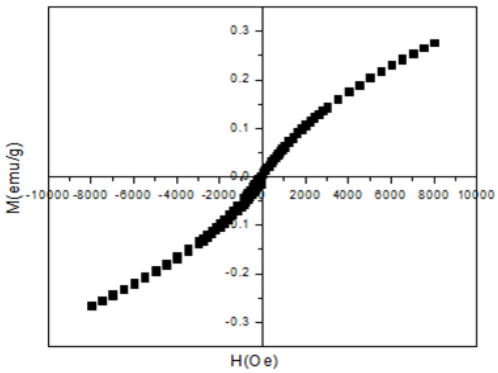
همان‌گونه که در شکل ۲و۳ دیده می‌شود قله‌های موجود در حدود $3414\ cm^{-1}$ نشان دهنده‌ی تشکیل پیوندهای O-H می‌باشد که نشانگر آب موجود در نمونه‌ها است. از نمودار FT-IR دو شکل ۲ و ۳ مربوط به نمونه های بازپخت شده و قبل از بازپخت نتیجه می‌گیریم که شدت جذب‌های مربوط به پیوندهای O-H بازپخت شده کمتر شده است که نشان دهنده‌ی کمتر شدن پیوندهای O-H در داخل نمونه می باشد یا به عبارت دیگر میزان آب درون نمونه کاهش یافته است.

۳-۳- نتایج VSM

شکل ۴و ۵ نمودار مغناطش بر حسب میدان مغناطیسی برای نمونه نیکل اکسید قبل و بعد از بازپخت را نشان می دهد. همان گونه که در شکل ۴ مشاهده می شود نتیجه می‌گیریم که نمونه نیکل اکسید در حالت قبل از بازپخت خاصیت آنتی‌فرومغناطیس دارند زیرا نفوذپذیری مغناطیسی این مواد ضعیف (۰/۱- ۰) و در محدوده مواد پارامغناطیس مشخص می‌شوند همچنین در مواد آنتی فرومغناطیس 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 می شود نمونه نیکل اکسید خالص بازپخت شده در دمای اتاق خاصیت سوپرپارامغناطیس دارد، زیرا منحنی مغناطش آنها هیچ گونه سطحی ندارند و فاقد مغناطش باقیمانده هستند و ذرات در این مواد تک حوزوی هستند.



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



شکل۵: منحنی مغناطش بر حسب شدت میدان برای نمونه نیکل اکسید در دمای اتاق بعد از بازپخت در دمای ^{0}C ۵۰۰

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

۳-۳- نتایج UV-Vis

به منظور بررسی خواص اپتیکی نمونه‌ها از آنها طیف UV-Vis (شکل۶) 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 می یابد. بنابراین با کوچکتر شدن اندازه نانوذرات شکاف انرژی بین نوار هدایت و نوار ظرفیت بزرگتر می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش شکاف انرژی، نمونه برای محدوده گسترده تری از طول موج ها از خود شفافیت اپتیکی نشان می دهد. شکاف انرژی نانوذرات را می توان توسط رابطه زیر بیان کرد:

$$(\alpha h\upsilon)^2 = A(h\upsilon - E_g) \qquad (۲)$$

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]

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

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

$$T = \exp(-\alpha L) \qquad (۳)$$

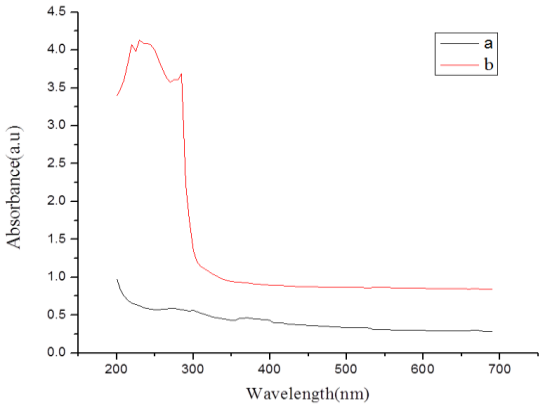
یا

$$\alpha = -\frac{(LnT)}{L} \qquad (۴)$$

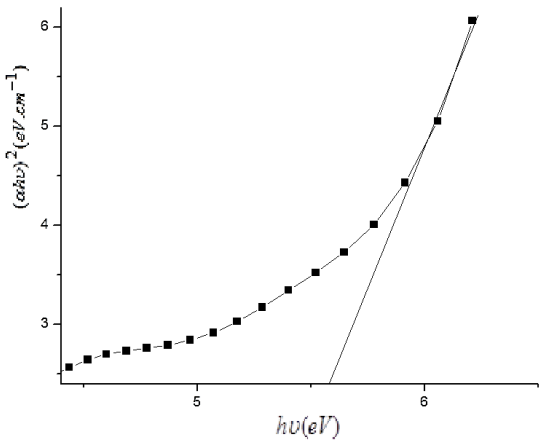
که L ضخامت نمونه می باشد، با جایگذاری رابطه ۴ در رابطه ۲ داریم[۳]،

$$(h\upsilon LnT)^2 = A^2L^2(h\upsilon - Eg\ ) \qquad (۵)$$

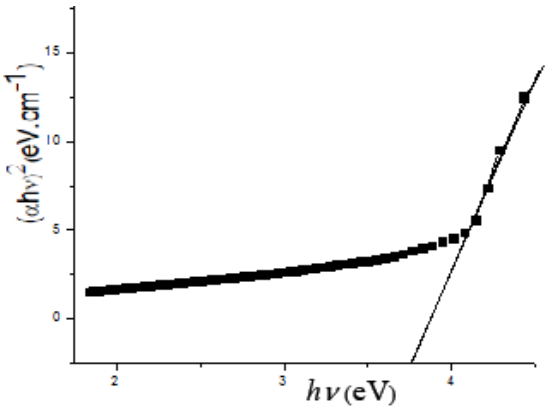
با رسم نمودار $(\alpha h\upsilon)^2$ بر حسب $h\upsilon$ می توان شکاف انرژی نانوذرات را محاسبه کرد.



شکل۶: طیف UV-Visible برای نمونه‌های نیکل اکسید a) قبل از بازپخت b) بعد از بازپخت



شکل۷: تعیین شکاف انرژی نانوذرات بوسیله طیف جذبی آنها برای نمونه نیکل اکسید قبل از بازپخت



شکل۸: تعیین شکاف انرژی نانوذرات بوسیله طیف جذبی آنها برای نمونه نیکل اکسید بعد از بازپخت در دمای ۵۰۰ ^0C

بر این اساس گاف انرژی برای نمونه نیکل اکسید قبل از بازپخت ۵/۶ eV و بعد از بازپخت برابر ۳/۷۵ eV می باشد.

۴- نتیجه‌گیری

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

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)

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]