بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۹-۱۱ بهمن ۱۳۹۷

بررسی خواص اپتیک غیرخطی لایه‌های نازک نانوساختار مس تهیه شده با روش لایه‌نشانی تبخیر گرمایی مقاومتی

مهسا اطمینان[۱] ، نوشین السادات حسینی تهرانی[۱]، عطاالله کوهیان محمد آبادی[۱]

[۱]دانشکده فیزیک، دانشگاه تهران، رایانامه: mahsaetminan@ut.ac.ir, hosseini96@ut.ac.ir, koohian@ut.ac.ir.

چکیده - دراین مقاله خواص اپتیک غیر خطی لایه‌های نازک نانو ساختار مس شامل ضریب شکست و ضریب جذب غیرخطی مورد بررسی قرار گرفته اند. نمونه ها در دو ضخامت ۲۵ nm و ۱۳۰nm و با روش لایه‌نشانی تبخیر گرمایی مقاومتی تهیه شده اند، همچنین از تکنیک جاروب-Z با لیزر دیودی پیوسته در طول موج ۵۳۲nm ، برای بدست آوردن خواص اپتیک غیرخطی استفاده شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد ضریب شکست غیرخطی با افزایش ضخامت لایه‌ها تغییر علامت می‌دهد و ضریب جذب غیر خطی کاهش می‌یابد.

کلید واژه- ضریب شکست و ضریب جذب غیرخطی، لایه‌های نازک فلزی، لایه‌نشانی تبخیر گرمایی مقاومتی

Investigation of Nonlinear Optical Properties of Thin Cu Nano-Structure Films Prepared by Resistance Thermal Evaporation deposition

Mahsa Etminan[a], Nooshin. S. Hosseini[a] , Ataalah Koohian[a]

[a]Department of Physics, University of Tehran, Emails: mahsaetminan@ut.ac.ir, hosseini96@ut.ac.ir, koohian@ut.ac.ir.

Abstract- In this paper, the nonlinear optical properties of copper nanostructure thin-films, including nonlinear refractive index and absorption coefficient, have been investigated. The samples were prepared in two thicknesses of 25 nm and 130 nm by Resistance Thermal Evaporation(RTE) deposition method, also the Z- Scan technique with continuous diode laser at 532 nm was used to obtain nonlinear optical properties. The results of this study shows that the sing of nonlinear refractive index changes with increasing thickness of the films, and the nonlinear absorption coefficient decreases.

Keywords: Copper nanostructure thin-films, Nonlinear refractive index and absorption coefficient, Resistance Thermal Evaporation(RTE) deposition

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

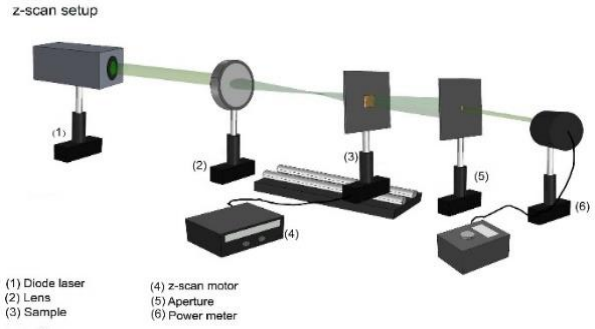
مقدمه

امروزه لایه‌های نازک با ویژگی‌های غیر خطی طیف وسیعی را هم از نظر نوع ماده و هم از نظر کاربرد تشکیل می‌دهند، که ازجمله کاربردهای آن‌ها می‌توان به ساخت حسگرها[۱]، ساخت سوییچ‌های اپتیکی، محدود کننده‌های توان لیزر و قطعات اپتیکی حساس[۲]، جاذب‌های قابل اشباع و همچنین ابزارهای فوتونیک و اپتوالکترونیک[۳]، اشاره کرد. از این جهت بررسی خواص اپتیکی لایه‌های نازک دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای می‌باشد.

ضریب شکست غیرخطی منشأهای متفاوتی دارد که غیرخطیت گرمایی یکی از آن‌ها است. پدیده نوری غیرخطی گرمایی ناشی از جذب باریکه لیزری به‌هنگام عبور از یک ماده اپتیکی می‌باشد. در اثر جذب دمای بخشی از ماده که در معرض تابش قرار می‌گیرد افزایش می‌یابد و بنابراین ضریب شکست غیرخطی ماده تغییر می‌کند. همچنین تغییرات ضریب شکست غیرخطی بسته به نوع ماده و ساختار درونی آن ممکن است مثبت یا منفی باشد[۴]. در این مقاله به بررسی غیرخطیت گرمایی برای دو نمونه تهیه شده از لایه های نازک نانوساختار مس با دو ضخامت متفاوت، با استفاده از تکنیک جاروب-Z می‌پردازیم[۵].

تهیه نمونه‌ها و چیدمان آزمایش

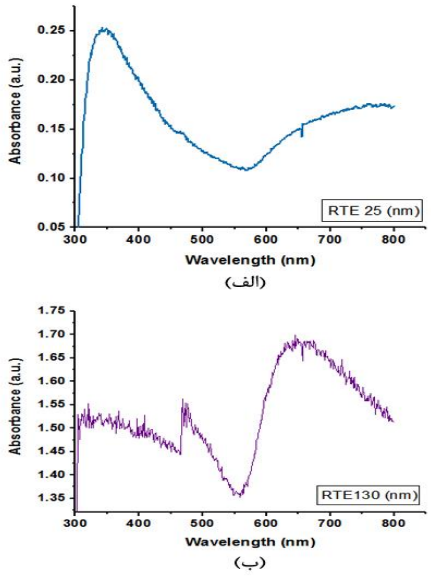
نمونه‌ها با استفاده از دستگاه لایه‌نشانی تبخیر گرمایی مقاومتی(RTE)، Edvard Vacum Coater، با بوته تنگستن و در خلا torr ۶×۱۰^{-۵} آماده شده‌اند(شکل.۱). برای تعیین ویژگی های نوری خطی و ساختار لایه‌هی نازک از طیف سنج نوری مرئی-فرابنفش (UV–VIS) و میکروسکپ الکترون - روبشی‌گسیل میدانی(FESEM) استفاده کرده‌ایم. ضخامت لایه‌های تهیه شده ۲۵ و ۱۳۰ نانومتر است و مقدار جرم مس تبخیر شده در فرآیند لایه‌نشانی به ترتیب ۱۰ و ۵۲ میلی‌گرم بوده است.همچنین برای اندازه‌گیری ضریب شکست غیرخطی با استفاده از تکنیک جاروب-Z [۵]، از یک لیزر دیودی با طول‌موج ۵۳۲ نانومتر و توان ۱۳۰ میلی‌وات، پاورمتر دیجیتال ۲۰۰ میلی-وات و روزنه با قطر ۱،۵ میلی‌متر، استفاده شده است(شکل.۱).



شکل.۱: شبیه‌سازی چیدمان آزمایش جاروب-Z روزنه بسته.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از طیف سنجی نوری مرئی-فرابنفش که در شکل.۳ آمده است، نشان می‌دهد، هردو نمونه دارای قله جذب پلاسمونی هستند که برای لایه با ضخامت ۲۵ نانومتر این قله در طول‌موج ۷۳۵ نانومتر و برای لایه با ضخامت ۱۳۰ نانومتر در طول‌موج ۶۲۳ نانومتر است.

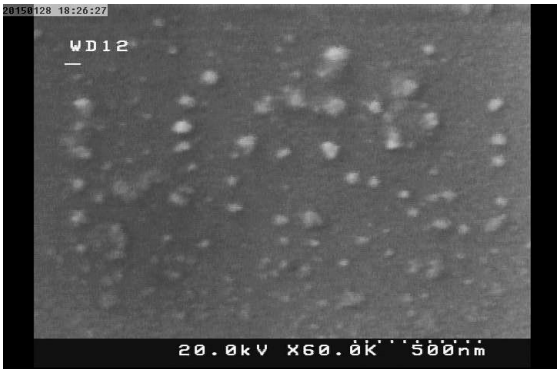


شکل.۲: نمودار طیف جذب نوری لایه‌های نازک مس با ضخامت (الف) ۱۳۰ نانومتر، (ب)۲۵ نانومتر

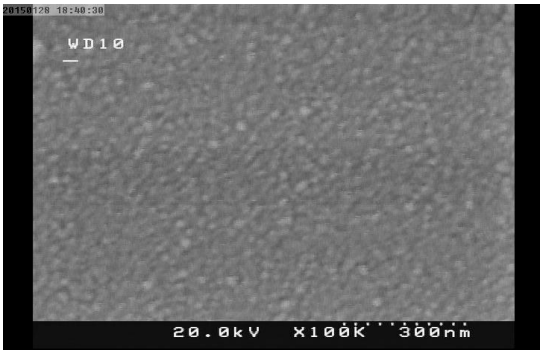
همچنین نتایج بدست آمده از میکروسکپ الکترون روبشی(FESEM) نیز وجود جزایری از نانوذرات را روی سطح لایه‌ها نشان می‌دهد. همانطورکه مشاهده می‌شود تراکم نانوذرات روی لایه با ضخامت ۱۳۰نانومتر بیشتر از لایه با ضخامت ۲۵-نانومتر است(شکل.۳).

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]



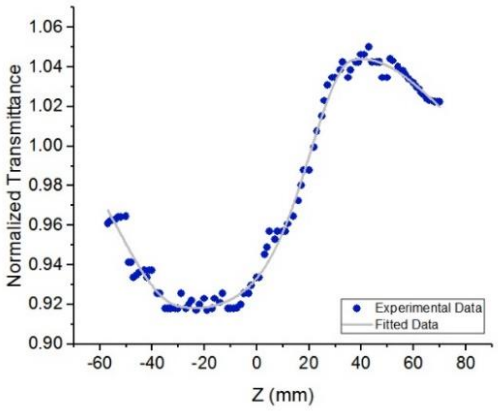
(الف)



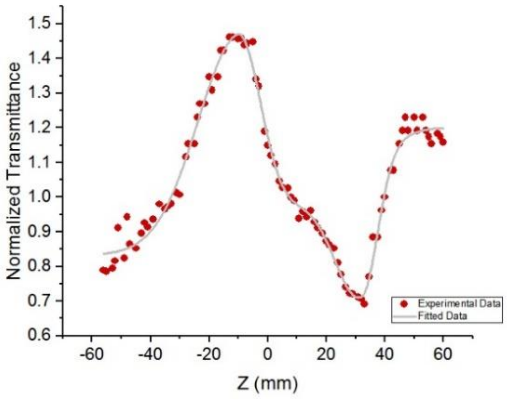
(ب)

شکل.۳: تصویر FESEM (الف): لایه نازک مس با ضخامت ۲۵نانومتر، (ب): لایه نازک مس با ضخامت ۱۳۰نانومتر.

برای بدست آوردن ویژگی‌های اپتیک غیرخطی لایه‌ها آزمایش جاروب-Z را یکبار به‌صورت روزنه بسته و باردیگر به‌صورت روزنه باز انجام داده‌ایم که نتایج آن در شکل.۴و۵ نشان داده شده‌است.

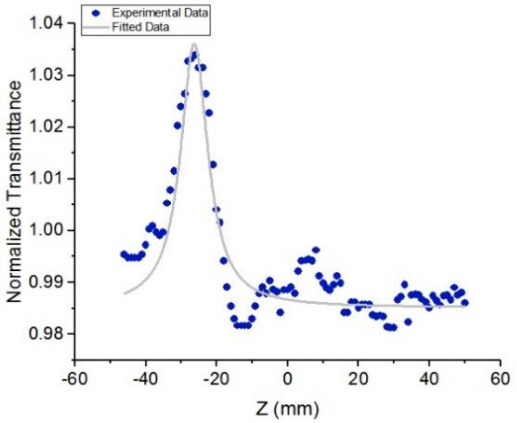


(الف)

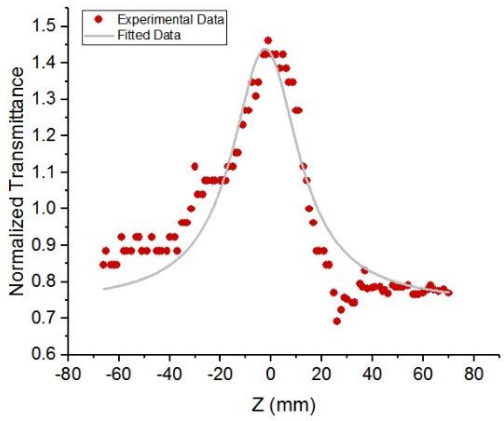


(ب)

شکل.۴: نمودار جاروب-Z روزنه بسته لایه نازک مس با ضخامت، (الف): ۲۵ نانومتر و (ب): ۱۳۰ نانومتر.



(الف)



(ب)

شکل.۵: نمودار جاروب-Z روزنه باز لایه نازک مس با ضخامت، (الف): ۲۵ نانومتر و (ب): ۱۳۰ نانومتر.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

باتوجه به شکل.۴ و همچنین بیشینه و کمینه توان تراگسیل برای دو نمونه، نتیجه می‌شود که ضریب شکست غیرخطی برای نمونه لایه نازک مس با ضخامت ۲۵نانومتر مثبت و برای نمونه لایه نازک مس با ضخامت ۱۳۰نانومتر منفی است. بنابراین با تغییر ضخامت ضریب شکست غیرخطی تغییر علامت می‌دهد. نتایج حاصل از این نمودار ها در جدول.۱ گزارش شده است.

	لایه نازک مس با ضخامت ۲۵nm	لایه نازک مس با ضخامت ۱۳۰nm
Δz_{p-v} (cm)	۴/۹	۲/۷
ضخامت نمونه (L) (nm)	۲۵	۱۳۰
تغییر فاز غیرخطی($\Delta\varphi_0$)	۰/۳۴	۱/۹۹
ضریب جذب خطی (α) (cm^{-1})	$۱/۱۷\times۱۰^{۵}$	$۱/۸۶\times۱۰^{۵}$
ضریب شکست غیرخطی(n_2) (cm^2/W)	$۳/۱۶\times۱۰^{-۴}$	$-۸/۳۴\times۱۰^{-۴}$

جدول.۱: پارامترهای مربوط به شکست غیرخطی لایه‌های نازک مس.

با استفاده از نتایج شکل.۵، می‌توان ضریب جذب غیرخطی را برای نمونه‌ها محاسبه کرد. محاسبات نشان می‌دهند با افزایش ضخامت لایه‌ها ضریب جذب غیرخطی آن‌ها کاهش می‌یابد(جدول.۲).

	لایه نازک مس با ضخامت ۲۵nm	لایه نازک مس با ضخامت ۱۳۰nm
ضریب جذب غیرخطی β (cm/W)	-۷۳/۲	-۳۸/۸

جدول.۲: ضریب جذب غیرخطی لایه‌های نازک مس.

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، لایه‌های نازک نانوساختار مس با تغییر ضخامت لایه، رفتار اپتیک غیرخطی جالبی از خود بروز می‌دهند. همانطور که از داده‌ها و نمودارها مشخص است، علامت ضریب شکست غیرخطی با تغییر ضخامت لایه‌های نازک تغییر می‌کند و همچنین ضریب جذب غیرخطی لایه‌ها با افزایش ضخامت کاهش می‌یابد. این درحالی است که با افزایش ضخامت تراکم نانوذرات روی سطح لایه بیشتر می‌شود.

مرجع‌ها

[1] S.Vyas, R.Tiwary, K.Shubham, P. Chakrabarti, "*Study the target effect on the structural, surface and optical properties of TiO2 thin film fabricated by RF sputtering method*", Elsevier.0749-6036, 2014.

[2] P. Zhang, X. Zhang, S. Xu, P. Lu, D. Tan, J. Xu, F. Wang, L. Jiang, K. Cheng, "*Phosphorus doping effect on linear and nonlinear optical properties of Si/SiO2 multilayers*", Optical Materials Express 304, Vol. 7, No. 2, 2017.

[3] M. T. Greiner and L. Zheng-Hong, "*Thin-film metal oxides in organic semiconductor devices: their electronic structures, work functions and interfaces*," NPG Asia Materials , vol. 5, no. 7, p. e55, 2013.

[4] R. W. Boyd, *Nonlinear optics*. Academic press, 2003.

[5] M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T. H. Wei, D. J. Hagan, and E. W. Van Stryland, "*Sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam*" IEEE journal of quantum electronics 26, No. 4, 760-769, 1990.

[6] E. W. Van Stryland, and M. Sheik-Bahae, "*Z-scan measurements of optical nonlinearities*" Characterization techniques and tabulations for organic nonlinear materials 18, No. 3, 655-692, 1998.

[7] M. CHEN, J. GAO, "*The adhesion of copper films coated on silicon and glass substrates*", Modern Physics Letters B, Vol.14, No.3,103-108, 2000.

[8] L. Wang, T. Chen, T. Feng, Y. Chen, W. Que, L. Lin, Z. Sun, "*Effect of sputtered Cu film's diffusion barrier on the growth and field emission properties of carbon nanotubes by chemical vapor deposition*", Appl. Phys. A90,701–704, 2007.

[9] G. A. Almyras, G. M. Matenoglou, P. Komninou, C. Kosmidis, P. Patsalas, G. A. Evangelakis, "*On the deposition mechanisms and the formation of glassy Cu–Zr thin films*", Journal of applied physics, 107,084313, 2010.

[10] F. W. Qin, M. M. Zhong, Y. M. Liu, H. Wang, J. M. Bian, C. Wang, Y. Zhao, D. Zhang, Q. M. Li, "*Growth of high c-orientated crystalline GaN films on amorphous Cu/glasss substrates with low-temperature ECR-PEMOCVD*", J Mater Sci: Mater Electron, 25:969–973, 2014.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]