

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



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

مهسا اطمينان' ، نوشين السادات حسيني تهراني' ، عطااله كوهيان محمد آبادي'

mahsaetminan@ut.ac.ir, hosseini96@ut.ac.ir, زایانامه: mahsaetminan@ut.ac.ir, hosseini96@ut.ac.ir, 'دانشکده فیزیک، دانشگاه تهران، رایانامه: 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 nm ۲۵ و ۱۳۰۳ و با روش لایهنشانی تبخیر گرمایی مقاومتی تهیه شده اند، همچنین از تکنیک جاروب–Z با لیزر دیودی پیو سته در طول موج ۵۳۲nm ، برای بد ست آوردن خواص اپتیک غیرخطی ا ستفاده شده است. نتایج این برر سی نشان میدهد ضریب شکست غیرخطی با افزایش ضخامت لایهها تغییر علامت میدهد و ضریب جذب غیر خطی مورد

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

^aDepartment 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

z-scan setup



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

نتايج 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 طول موج ۲۳۵ نانومتر و برای لایه با ضخامت ۱۳۰ نانومتر در طول موج 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. همانطور که مشاهده می شود تراکم نانوذرات روی لایه با ضخامت ۱۳۰ نانومتر بیشتر از لایه با ضخامت ۲۵-نانومتر است (شکل.۳).

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 می-باشد.

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 می-گیرد افزایش مییابد و بنابراین ضریب شکست غیرخطی ماده تغییر می کند. همچنین تغییرات ضریب شکست غیرخطی ماده 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 ^۵-۱۰× ۶ 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 -روبشی گسیل 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 ۲۵ میلی گرم بوده است.همچنین برای اندازه گیری ضریب شکست غیرخطی با استفاده از تکنیک جاروب–2 [۵]، از یک لیزر دیودی با طول موج استفاده از تکنیک جاروب–2 [۵]، از یک لیزر دیودی با طول موج



(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.





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





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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-06-08

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 lowtemperature ECR-PEMOCVD", J Mater Sci: Mater Electron, 25:969–973, 2014.

باتوجه به شکل.۴ و همچنین بیشینه و کمینه توان تراگسیل برای دو نمونه، نتیجه می شود که ضریب شکست غیر خطی 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 غیر خطی تغییر علامت می دهد. نتایج حاصل از این نمودار ها در جدول.۱ گزارش شده است.

	لایه نازک مس ب <mark>ا</mark>	لایه نازک مس با
	ضخامت ۲۵nm	ضخامت ۱۳۰nm
$\frac{\Delta z_{p-v}}{(cm)}$	۴/۹	۲/۷
ضخامت نمونه (L) (nm)	۲۵	13.
تغییر فاز غیرخطی(Δφ.)	•/٣۴	१/९९
ضریب جذب خطی (α) (cm ^{-۱}))/)Y×1. ⁴	۱/ <i>۸۶×</i> ۱۰ ^۵
ضریب شکست غیرخطی(n _۲) (cm ^۲ /W)	٣/1۶×1*	-X/84×1.

جدول.۱: پارامترهای مربوط به شکست غیرخطی لایههای نازک مس. با استفاده از نتایج شکل.۵، می توان ضریب جذب غیرخطی را برای نمونهها محاسبه کرد. محاسبات نشان می دهند با افزایش ضخامت لایهها ضریب جذب غیرخطی آنها کاهش می-یابد (جدول.۲).

	لایه نازک مس با ضخامت ۲۵nm	لایه نازک مس با ضخامت ۱۳۰nm
ضریب جذب غیرخطی β (cm/W)	-\7\7	-٣λ/λ

جدول.٢: ضریب جذب غیرخطی لایههای نازک مس.

نتيجهگيرى

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.