همایش نانوفوتونیک ایران ۱۳۹۹- ۱ و ۲ آبان
Iranian Nano-Photonic Conference 2020
October 23 and 24

بررسی تاثیر نانولایه گرافنی در یک ساختار جاذب تناوبی سیلیکا-طلا

محمد کاظم باقری*، سید مهدی حسینی، مهدی بهادران

دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شیراز، شیراز، ایران

چکیده: در این مقاله به بررسی جذب در یک ساختار جاذب طلا/ سیلیکا/ گرافن پرداخته شده است. ساختار جاذب به صورت دایره های سیلیکایی با پوششی از گرافن در نظر گرفته شد، که در بستری از طلا قرار گرفته است. نتایج نشان داد، افزودن لایه ای به ضخامت ۱ نانومتر از گرافن بین سیلیکا و طلا منجر به افزایش جذب به میزان ٪ ۹۹/۸ میشود و با تغییر بعضی از مولفه‌ها هندسی، قابلیت تنظیم‌پذیری طول موج در بیشینه جذب به وجود می‌آید.

کلیدواژگان: گرافن، ساختار تناوبی، جاذب نور، FDTD

Investigation of graphene nano-layer effect on a silica-gold periodic absorber structure

Mohammad Kazem Bagheri, Seyed Mehdi Hosseini, Mahdi Bahadoran

Dept. of Physics, Shiraz University of Technology, Shiraz, Iran

Abstract: In this paper the absorption spectrum of a gold/silica/graphene structure is investigated. The absorber structure is considered as silica circles with a graphene coating placed in a gold host. The results showed that by adding a 1 nm layer of graphene between silica and gold, the absorption increases up to 99.8%. Furthermore, by changing some geometric parameters, it is possible to adjust the wavelength of the absorption peak.

Keywords: Graphene; periodic structure; light absorber;

* Mk.bagheri@sutech.ac.ir

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

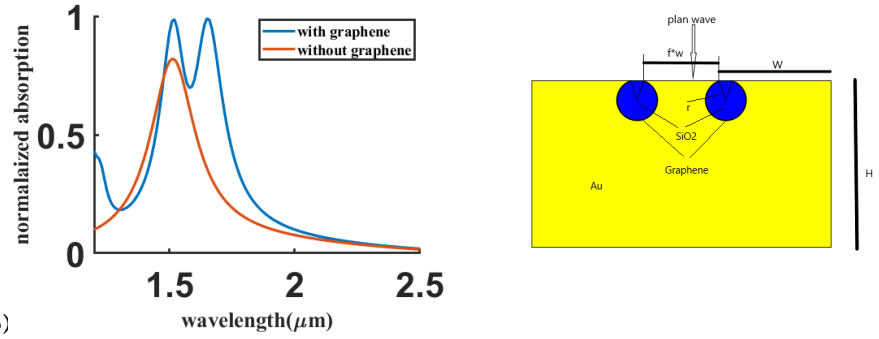
[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]

۱- مقدمه: گرافن ساختاری دو بعدی از کربن است که در آن اتم‌های کربن به شکل لانه‌زنبوری کنار هم قرار گرفته‌اند. اخیرا تعداد زیادی از تحقیقات بر پایه ساختارهای مبتنی بر گرافن ارائه شده است.[۱و۲] ساختارهای مبتنی بر گرافن برای کاربردهای سنسور، فیلتر و آینه‌های اپتیکی استفاده شده است.[۳و۴] یک لایه گرافن در نزدیک ناحیه فروسرخ، فروسرخ-میانی و تراهرتز قادر به جذب مقادیر زیادی از انرژی نور فرودی بر سطح است.[۵]گرافن به دلیل این که از تشدید پلاسمون سطح (SPR) پیروی می‌کند، می‌تواند بسیاری از نقایص فلز را رفع کند و جذب نور را افزایش دهد.[۶] اخیرا، ساختار های مبتنی بر گرافن شامل نمونه هایی از پیکربندیهای صلیب، دایره و بیضی[۷و۸] گزارش شده که اثبات می‌کنند گرافن می‌تواند جذب انرژی پرتوی فرودی را با استفاده از SPR افزایش دهد. در این مقاله یک ساختار دو بعدی شامل گرافن را مورد بررسی قرار میدهیم و در آن تاثیر تغییرات پارامترهای هندسی بر تنظیم پذیری جذب نور در حوزه فرکانسی خاصی را مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

۲. نتایج وبحث:گرافن توسط فرمول کوبو شبیه سازی میشود و دارای دو بخش انتقال درون‌نواری و بین‌نواری می‌باشد. رسانندگی گرافن به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود و رسانندگی کل به صورت جمع دوبخش رسانندگی انتقال درون نواری و بین نواری تعریف می‌شود که داری دو بخش حقیقی و موهومی است.[۹]

$$\sigma_{intra}(\omega,T,\tau,\mu_C)=-j\frac{e^2k_BT}{\pi\hbar^2(\omega-j\tau^{-1})}\left[\frac{\mu_C}{k_BT}+2\ln\left(e^{\mu_C/k_BT}+1\right)\right],\sigma_{inter}(\omega,T,\tau,\mu_C)=-j\frac{e^2}{4\pi\hbar}\left(\frac{2|\mu_C|-(\omega-j\tau^{-1})h}{2|\mu_C|+(\omega-j\tau^{-1})h}\right) \quad (۱)$$

در اینجا μ_c پتانسیل شیمیایی میباشد و در طول محاسبات یک الکترون ولت در نظر گرفته شده است. □ ثابت بولتزمن، e بار الکتریکی، T دما، K_B ثابت پلانک، τ زمان واهلش و j ثابت موهومی است. رسانندگی برای حالتی دما ۳۰۰ کلوین و زمان واهلش ۰/۵پیکو ثانیه است ، محاسبه شده است. شکل ۱ (الف) طرح واره ساختار دو بعدی پیشنهاد شده برای این مقاله مشاهده میشود.این ساختار دارای لایه گرافنی به ضخامت ۱ نانومتر است که در حفره های دایره ای شکل به شعاع ۴۰ نانومتر تعبیه شده است که به اندازه ۳۸ درجه از قسمت مرز با هوا برداشته شده است این حفره ها به وسیله سیلیکا که به رنگ ابی نشان داده شده است به ضریب شکست ۲/۵ پر شده است .این مجموعه درون محفظه ای از طلا قرار داده شده است و فاصله حفره ها از هم توسط دو پارامتر w و f کنترل میشود. f پارامتری بدون بعد است که در شکل یک ۰/۷ در نظر گرفته شده است. در این ساختار طلا با مدل درود شبیه سازی شده که به صورت $\varepsilon_{au}=9-\omega_p^2/(\omega^2+i\omega\gamma)$: تعریف میشود که در آن فرکانس پلاسمایی به صورت $\omega_p=2\pi\times2/175\times10^{15}s^{-1}$ و فرکانس برخورد به صورت، $\gamma=2\pi\times1/5958\times10^{13}s^{-1}$ تعریف میشود. [۱۰و۱۱] همچنین موج تختی با زاویه صفر با قطبش TM به ساختار میتابد.



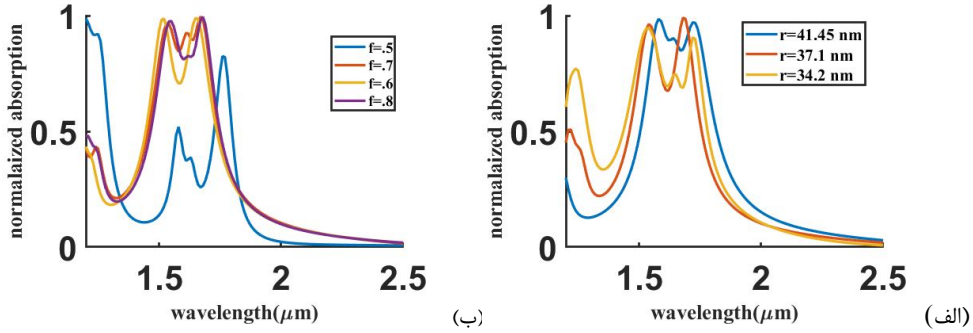
(ب) (الف)

شکل ۱– (الف)طرح واره ساختار عایق-گرافن-فلز (ب) جذب نور در دو حالت با گرافن (قرمز)و بدون گرافن (آبی) w=200nm, f=0/7, r=40nm

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]

شکل ۱ (ب) نمودار جذب سیستم در دو حالت بدون گرافن و شامل گرافن را نشان می دهد. همانطور که در نمودار دیده میشود در حالت بدون گرافن جذب نزدیک به ۸۰ ٪ میباشد اما با قرار گرفتن گرافن در میان طلا و سلیکا جذب در دو ناحیه طول موج ۱/۶۲ و ۱/۵۲ میکرومتر به مقدار تقریبا ۹۹٪ افزایش میابد که نشان دهنده تاثیر مثبت گرافن در جذب است. علاوه بر این، ساختار پیشنهادی قابلیت تنظیم پذیری با پارامتر های ساختاری نظیر شعاع وفاصله بین دایره ها را دارد که هر یک از این پارامترها در افزایش جذب و همینطور تنظیم پذیری جذب موثر هستند. در شکل۲ الف شعاع به صورت متغییر در نظر گرفته شده است. با تنظیم شعاع روی ۴۱/۴۵ نانومتر پهنای باند جذب در ناحیه بین ۱/۵۸ تا ۱/۷۲ میکرومتر افزایش یافت. همچنین نتایج شکل ۲ ب نشان داد میتوان با تنظیم فاصله بین نواحی دایره ای به کمک پارامتر f به فیلتر کردن ناحیه بین ۱/۵۲ تا ۱/۶۶ میکرومتر دست یافت.



شکل ۲– وابستگی جذب به ، الف) شعاع دایره ، (ب) پارامتر کنترل f، که میتوان با تنظیم این دو پارامتر ،جذب یک پهنای باند را نمایش داد.

نتیجه گیری: در این مقاله یک ساختار جاذب دوره ای از طلا-سیلیکا-گرافن پیشنهاد شد. نتایج نشان داد با استفاده از لایه یک نانومتری گرافن در ساختار جاذب میتوان به افزایش چشم گیر جذب دست یافت. همچنین مشاهده شد، شعاع قسمت گرافنی و فاصله بین دایره های سیلیکایی در ساختار جاذب باعث تنظیم پذیری جذب طول موج های دلخواه و افزایش پهنای باند میشود که فیلترهای پهنای باند مورد نیاز است.

مراجع

1. Novoselov, K.S., et al. **science, 2004. 306(5696): p. 666-669**.
2. Novoselov, K.S., et al **nature, 2005. 438(7065): p. 197-200.**
3. Watts, C.M., *Metamaterial electromagnetic wave absorbers.* **Advanced materials, 2012.**
4. Atwater, H.A., *Plasmonics for improved photovoltaic devices*, in *Materials for Sustainable Energy: A Collection of Peer-Reviewed Research and Review Articles from Nature Publishing Group*. 2011,
5. Wang, F., et al., **IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 2016. 23(1): p. 125-129.**
6. Nikitin, A., et al., **Phys. Rev. B, 2012. 84(16): p. 1401-1408.**
7. Chen, J., et al., **Nanomaterials, 2018. 8(3): p. 175.**
8. Chen, J., et al., **Materials Research Express, 2018. 5(1): p. 015605.**
9. Zhu, B., et al., **Optics Communications, 2013. 308: p. 204-210.**
10. Wang, J., et al., **Optics express, 2011. 19(15): p. 14726-14734.**
11. S.Y. Chuang, et al., ***Optics Express 16 (2008) 2415.***

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]