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

بررسی برهمکنش لیزر و نانو ذرات دی سولفید مولیبدن با هدف افزایش کارآیی داربست های مهندسی بافت

طاهره پرویزی کشکولی[۱،*]، محسن حاتمی[۱]، سیده سارا هاشمی[۲]

[۱] گروه فوتونیک، دانشکده‌ی فیزیک، دانشگاه صنعتی شیراز، ایران
[۲] مرکز تحقیقات ترمیم زخم و سوختگی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، ایران

چکیده: با توجه به اثرات بسیار خوب داربست‌های زیست‌تخریب‌پذیر در مهندسی بافت، انتظار می‌رود که با استفاده از نانو ذرات در این داربست ها و سپس تابش لیزر و بررسی میزان جذب لیزری نانو ذرات، خاصیت ضدمیکروبی آن‌ها در اثر جذب میزان بالای نور لیزر و گرمای تولید شده در محل زخم بهبود یابد. از آنجایی که نسبت سطح به حجم مواد در ابعاد نانو افزایش چشم‌گیری می‌یابد، استفاده از نانوذرات در ساخت داربست‌های مهندسی بافت با هدف پانسمان زخم های سوختگی، کارآیی میزان جذب لیزر توسط مواد تشکیل دهنده‌ی داربست را بسیار افزایش می‌دهد و با افزایش میزان جذب لیزری و تبدیل اثر تابش به گرمای موضعی، در ضدعفونی کردن محل زخم و همچنین کمک به روند بهبود زخم اثر قابل توجهی خواهد داشت. نانوذرات دی سولفید مولیبدن را می‌توان به عنوان یک عامل فوتوترمال موثر در مهندسی بافت معرفی کرد.

کلید واژگان: داربست؛ دی‌سولفید مولیبدن؛ لیزر؛ نانوذره

Investigation of the interaction between laser and molybdenum disulfide nanoparticles with the aim of increasing the efficiency of tissue engineering scaffolds

Tahere Parvizi Kashkooli[1*], Mohsen Hatami[1], Seyede Sara Hashemi[2]

1 Photonics group, Dept. of physics, Shiraz University of Technology, Shiraz, Iran.
2 Wound and Burn Healing Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.

Abstract-Due to the very good effects of biodegradable scaffolds in tissue engineering, it is expected that by using nanoparticles in these scaffolds and then laser irradiation and laser absorption of nanoparticles, their antimicrobial properties due to high absorption of laser light and heat generated Heal at the wound site. Since the surface-to-volume ratio of materials in nano-dimensions increases significantly, the use of nanoparticles in the fabrication of tissue engineering scaffolds for dressing burn wounds greatly increases the efficiency of laser adsorption by scaffold ingredients. Converting the effect of radiation to local heat will have a significant effect on disinfecting the wound and also helping the wound healing process. Molybdenum disulfide nanoparticles can be introduced as an effective photothermal agent in tissue engineering.

Keywords: Scaffold; Molybdenum disulfide; laser; nanoparticle

*t.parvizikashkooli@sutech.ac.ir

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

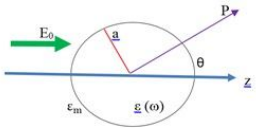
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

۱- مقدمه

یکی از نانو ساختارهای مورد استفاده در بهبود زخم و احیای سوختگی، داربست‌های چند بعدی می‌باشند. داربست‌های زیست تخریب پذیر به عنوان دستگاه نگهدارنده موقتی سلول‌ها که تشکیل واحد ساختاری و عملکردی بافت سلول‌های تازه پیوند زده شده را تسهیل می‌کند، خدمت میکنند[۱]. به طور مشخص دی سولفید مولیبدن، برای درمان فوتوترمال سرطان به دلیل زیست سازگاری خوب و اثر فوتوترمال بالا در ناحیه مادون قرمز نزدیک (NIR)پیشنهاد شده است[۲]. علاوه بر این مولیبدن یک عنصر ضروری برای حیوانات و انسان‌هاست و به علت شدت رزونانس پلاسمون سطحی موضعی نانو ورقه های متشکل از یک یا چند لایه دی سولفید مولیبدن، جذب را در ناحیه‌ی مادون قرمز نزدیک نشان می‌دهد. این ویژگی فیزیکی ذاتی موجب تبدیل فوق العاده اثر فوتوترمال نانو ورقه‌های دی سولفید مولیبدن تحت تابش لیزر ۸۰۸ نانومتر، می‌شود[۳].

۲- روش محاسبات

در این مقاله، طی تابش لیزر ۸۰۸ نانومتر، نانو ذرات دی سولفید مولیبدن را به عنوان ذره در میدان الکترواستاتیک در نظر گرفتیم. در این حالت، فاز میدان الکترومغناطیسی در حال نوسان هارمونی عملاً بر روی حجم ذرات ثابت است، به طوری که می توان با فرض مسئله ساده شده یک ذره در یک میدان الکترواستاتیک، توزیع میدان مکانی را محاسبه کرد. ما با راحت ترین هندسه برای بررسی تحلیلی شروع می کنیم یک کره همگن، با شعاع aکه در مبدا در یک میدان الکتریکی یکنواخت و استاتیک قرار دارد.(شکل ۱) محیط اطراف ایزوتروپیک و غیر قابل جذب با ثابت دی الکتریک $\varepsilon(\omega)$ است و خطوط میدان به موازات جهت z در فاصله کافی از کره قرار دارند. پاسخ دی الکتریک کره بیشتر توسط عملکرد دی الکتریک $\varepsilon(\omega)$ توصیف شده است[۴].



شکل ۱- تصویر شماتیک قرار گرفتن نانو ذره در میدان الکترومغناطیسی [۵]

از آنجایی که تابع دی الکتریک $\varepsilon(\omega)$: یکی از پارامتر های مهم پاسخ ماده به میدان های اعمالی می‌باشد، برای بدست آوردن ضریب دی الکتریک نانو ذره، ثابت دی الکتریک دی سولفید مولیبدن را در قالب پاسخ لورنتز[۶] بررسی می‌کنیم :

$$\varepsilon_\omega = \varepsilon_\infty + \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2 - i\gamma\omega} \qquad (۱)$$

ثابت دی الکتریک پوست به عنوان محیط اطراف داربست و نانو ذره: یکی از انواع مدل هایی که برای توصیف خصوصیت دی الکتریک بافت های انسانی استفاده می‌شود مدل *Double-Debye* است. این مدل بیانگر ارتباط گذردهی مختلط $\tilde{\varepsilon_\omega}$ فرکانس زاویه ای ω است[۷].

$$\tilde{\varepsilon_\omega} = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_2}{1+j\omega\tau_1} + \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_\infty}{1+j\omega\tau_2} \qquad (۲)$$

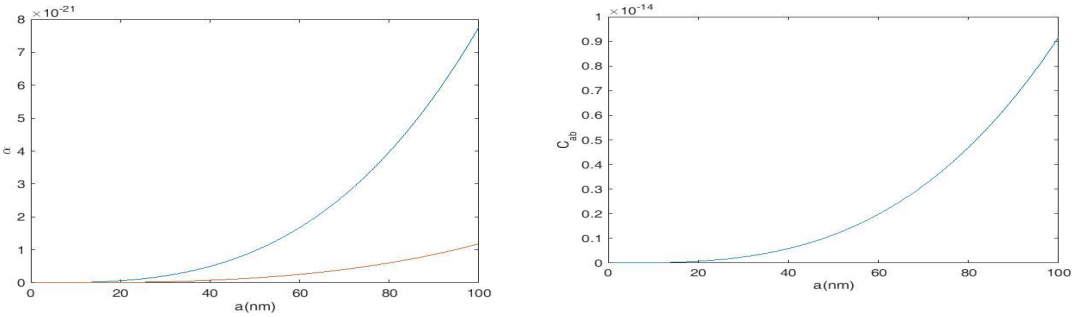
در این رابطه، ε_∞ قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک در فرکانس‌های بالا، ε_s ثابت دی الکتریک ایستا، ε_2 ثابت دی الکتریک فرکانس‌های میانی، τ_1 و τ_2 به ترتیب فرآیندهای استراحت آرام و سریع در مولکول آب هستند.

میزان جذب و پراکندگی نانوذرات از روابط ضریب جذب و ضریب پراکندگی بدست می‌آید[۸]:

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

پس از انجام محاسبات در نرم‌افزار متلب، میزان جذب لیزری نانو ذره‌ی دی‌سولفید مولیبدن را در طول موج ۸۰۸ نانومتر، بررسی کردیم.



شکل ۲- سمت راست: بیانگر افزایش میزان جذب لیزری نانو ذره با افزایش سایز آن در طول موج ۸۰۸ نانومتر می‌باشد. سمت چپ: نمودار نارنجی رنگ بیانگر بخش موهومی قطبیت پذیری نانو ذره (برابر با ضریب جذب) و نمودار آبی رنگ بیانگر بخش حقیقی قطبیت پذیری نانو ذره می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، به صورت تئوری با استفاده از ضریب‌های ثابت دی الکتریک نانوذره دی‌سولفید مولیبدن و بافت پوست، میزان جذب لیزری را در داربست محتوی نانو ذره‌ی دی سولفید مولیبدن، محاسبه کردیم. نمودارها نشان دادند که با افزایش سایز نانو ذرات، جذب لیزری افزایش می‌یابد. به دنبال افزایش جذب نور لیزر، گرمای بیشتری در محل زخم تولید شده و باعث از بین رفتن باکتری های گرم منفی و گرم مثبت می‌گردد. در نتیجه تا حد زیادی از عفونت زخم‌های سوختگی پیش‌گیری خواهد شد. ساخت این نوع داربست را به صورت عملی و آزمایشگاهی، با استفاده از روش الکتروریسی انجام دادیم. تا کنون داربست های ساخته شده در آزمایشگاه‌ها صرفا از جنبه زیستی بررسی شده‌است اما با استفاده از این نتایج و اثربخشی مضاعف نانوذرات در کنار پرتودهی با نور لیزر می‌توان کارآیی این داربست‌ها را چندین برابر افزایش داد. لذا در همین راستا کمک بسیار بزرگی در حوزه ترمیم زخم‌های سوختگی خواهد شد و اصلاح روش‌های درمانی موجود با استفاده از این نوع داربست‌ها به عنوان پانسمان زخم‌های سوختگی، علاوه بر جبران بخشی از پوست و یا بافت از دست رفته در بیماران سوختگی، التیام زخم‌ها را نیز تسریع می‌بخشد. هم‌چنین پیشنهاد ساخت این نوع داربست به مرکز تحقیقات ترمیم زخم و سوختگی دانشگاه علوم پزشکی شیراز داده شد.

مراجع

1. F. Edith Wiria, *et. al.* **Rapid Prototyping Journal,** (6) 400-410,(2010).
2. W. Yin *et. al*. **Acs Nano** (10) 2044, (2016).
3. X. Wang, *et. al*. **NPG Asia Materials** (9) 2044, (2017).
4. A. Mailer, *Plasmonics fundamentals and Applications*, United Kingdom: springer- ch.5, (2007).
5. A. Mailer, *Plasmonics fundamentals and Applications*, United Kingdom: springer- ch.5, (2007).
6. X. Yan, *et. al.* **National Science Foundation of China** 11374240-11374358, (2014).
۷. عسکری اسما، مالکی علی، ارزیابی مقایسه‌ای مدل‌های دی الکتریک بافت‌های زیستی در کاربردهای تصویربرداری پزشکی تراهرتز ، مجله دانشکده پزشکی اصفهان،(۱۳۹۵).
8. A. Mailer, *Plasmonics fundamentals and Applications*, United Kingdom: springer- ch.5, (2007).

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]