

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

طاهره پرویزی کشکولی^{۱*}، محسن حاتمی^۱، سیده سارا هاشمی^۲

^۱ گروه فوتونیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شیراز، ایران
^۲ مرکز تحقیقات ترمیم زخم و سوختگی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، ایران

چکیده: با توجه به اثرات بسیار خوب داربست های زیست تخریب پذیر در مهندسی بافت، انتظار می رود که با استفاده از نانو ذرات در این داربست ها و سپس تابش لیزر و بررسی میزان جذب لیزری نانو ذرات، خاصیت ضد میکروبی 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 چشم گیری می یابد، استفاده از نانوذرات در ساخت داربست های مهندسی بافت با هدف پانسمان زخم های سوختگی، کارایی میزان جذب لیزر توسط مواد تشکیل دهنده داربست را بسیار افزایش می دهد و با افزایش میزان جذب لیزری و تبدیل اثر تابش به گرمای موضعی، در ضد عفونی کردن محل زخم و همچنین کمک به روند بهبود زخم اثر قابل توجهی خواهد داشت. نانوذرات دی سولفید مولیبدن را می توان به عنوان یک عامل فوتوترمال موثر در مهندسی بافت معرفی کرد.

کلید واژگان: داربست؛ دی سولفید 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 Hatami¹, Seyede Sara Hashemi²

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

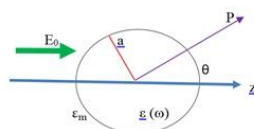
*t.parvizikashkooli@sutech.ac.ir

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 ورقه‌های 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 می‌توان 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 می‌کنیم یک کره همگن، با شعاع a که در مبدأ در یک میدان الکتریکی یکنواخت و استاتیک قرار دارد. (شکل ۱) محیط اطراف ایزوتروپیک و غیر قابل جذب با ثابت دی الکتریک $\epsilon(\omega)$ است و خطوط میدان به موازات جهت z در فاصله کافی از کره قرار دارند. پاسخ دی الکتریک کره بیشتر توسط عملکرد دی الکتریک $\epsilon(\omega)$ توصیف شده است [۴].



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

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

$$\epsilon_{\omega} = \epsilon_{\infty} + \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2 - i\gamma\omega} \quad (1)$$

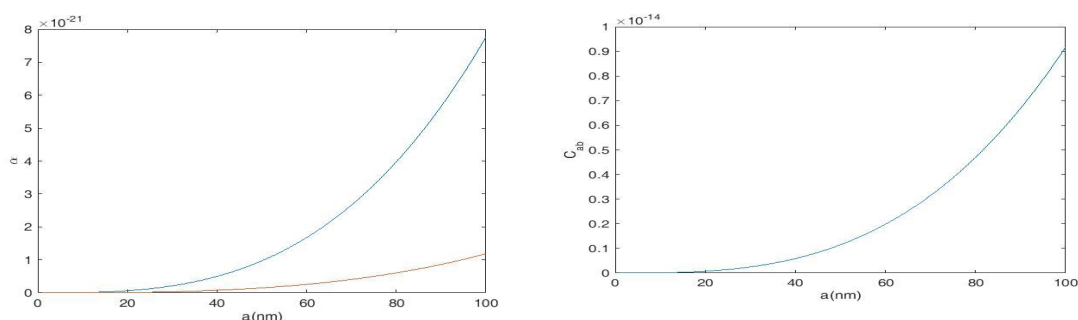
ثابت دی الکتریک پوست به عنوان محیط اطراف داربست و نانو ذره: یکی از انواع مدل‌هایی که برای توصیف خصوصیت دی الکتریک بافت‌های انسانی استفاده می‌شود مدل *Double-Debye* است. این مدل بیانگر ارتباط گذردهی مختلط $\tilde{\epsilon}_{\omega}$ فرکانس زاویه ای ω است [۷].

$$\tilde{\epsilon}_{\omega} = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_s - \epsilon_2}{1 + j\omega\tau_1} + \frac{\epsilon_2 - \epsilon_{\infty}}{1 + j\omega\tau_2} \quad (2)$$

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]:

پس از انجام محاسبات در نرم افزار متلب، میزان جذب لیزری نانو ذره ی دی سولفید 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 می باشد. 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 می باشد.

نتیجه گیری

در این مطالعه، به صورت تئوری با استفاده از ضریب های ثابت دی الکتریک نانوذره دی سولفید مولیبدن و بافت پوست، میزان جذب لیزری را در داربست محتوی نانو ذره ی دی سولفید مولیبدن، محاسبه کردیم. نمودارها نشان دادند که با افزایش سایز نانو ذرات، جذب لیزری افزایش می یابد. 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 می گردد. در نتیجه تا حد زیادی از عفونت زخم های سوختگی پیش گیری خواهد شد. ساخت این نوع داربست را به صورت عملی و آزمایشگاهی، با استفاده از روش الکتروروسی انجام دادیم. تا کنون داربست های ساخته شده در آزمایشگاه ها صرفا از جنبه زیستی بررسی شده است اما با استفاده از این نتایج و اثربخشی مضاعف نانوذرات در کنار پرتودهی با نور لیزر می توان کارایی این داربست ها را چندین برابر افزایش داد. لذا در همین راستا کمک بسیار بزرگی در حوزه ترمیم زخم های سوختگی خواهد شد و اصلاح روش های درمانی موجود با استفاده از این نوع داربست ها به عنوان پانسمان زخم های سوختگی، علاوه بر جبران بخشی از پوست و یا بافت از دست رفته در بیماران سوختگی، التیام زخم ها را نیز تسریع می بخشد. هم چنین 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).
7. عسکری اسماء، مالکی علی، ارزیابی مقایسه ای مدل های دی الکتریک بافت های زیستی در کاربردهای تصویربرداری پزشکی تهراتز، مجله دانشکده پزشکی اصفهان، (۱۳۹۵).
8. A. Mailer, *Plasmonics fundamentals and Applications*, United Kingdom: springer- ch.5, (2007).