بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

اندازه‌گیری ضریب دمایی مقاومت بیوپلیمر کیتوسان

مسعود بابائی[1]، محمدعلی انصاری و عزالدین مهاجرانی

آزمایشگاه تصویربرداری بیولوژیک نوری-پژوهشکده‌ی لیزر و پلاسما-دانشگاه شهیدبهشتی- تهران

تلفن:۰۲۱-۲۹۹۰۴۰۳۳

چکیده - در تصویربرداری از بافت‌های سرطانی، اندازه‌گیری دما می‌تواند نقش مهمی ایفا کند. در این پژوهش، ضریب دمایی مقاومت (*TCR*) بیوپلیمرکیتوسان به‌عنوان پارامتر اساسی ماده‌ی حساس درآشکارسازهای فروسرخ از نوع بالومترهای پایه بیولوژیک اندازه‌گیری می‌شود. ساختار مورد بررسی شامل لایه نازک کیتوسان است که میان دو الکترود از جنس آلومینیوم و زیرلایه‌ی *ITO* لایه نشانی شده است. همچنین ارتباط میان فاصله‌ی حسگر از منبع گرمایی و مقاومت آن، در این مقاله بررسی خواهد شد.

کلید واژه- آشکارساز بالومتر، ضریب دمایی مقاومت، کیتوسان، مشخصه ی جریان- ولتاژ.

Measurement of Temperature Coefficient of Resistance of Chitosan biopolymer

Masoud Babaee, MohamadAli Ansari, and Ezedin Mohajerani

Tehran-Shahid Beheshty university-Laser and Plasma Research Institute-Optical Biologic Imaging Lab

Abstract- Temperature measurement is important in cancer tissues imaging. In this study, temperature coefficient of resistance (TCR) of Chitosan as an essential parameter of sensing material in biological-based bolometers is measured. examined structure consists of thin film of Chitosan that is sandwiched between two electrodes of Al and ITO. In this paper, relationship between distance of sensor from heat source and its resistance will be discussed, too.

Keywords: Bolometer detector, Temperature Coefficient of Resistance, Chitosan, I-V Characteristic

[1] Ma.babaei@sbu.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

امروزه آشکارسازهای فروسرخ در تصویربرداری پزشکی کاربرد دارند. به طور مثال با این آشکارسازها می‌توان براساس تفاوت دمایی ایجاد شده میان بافت‌های سالم و سرطانی، توده‌ی سرطانی را شناسایی و درمان کرد[۱].

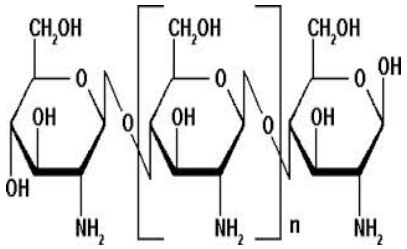
عموماً آشکارسازهای فروسرخ به دو نوع فوتونی و حرارتی تقسیم می‌شوند. نوع فوتونی حساسیت و سرعت بالاتری دارد ولی برای حذف نوفه نیاز به خنک‌سازی دارد که منجر به گران‌شدن و سنگینی قطعه می‌گردد. آشکارسازهای حرارتی، عملکرد نسبتاً ضعیف‌تری دارند ولی در دمای اتاق به راحتی کار می‌کنند وسبک‌تر، کوچک‌تر و ارزان‌تر هستند.

بالومترها دسته‌ی مهمی از آشکارسازهای حرارتی هستندکه در آن ماده‌ی حساس پس از جذب امواج فروسرخ، گرم شده و مقاومت الکتریکی آن تغییر می‌کند. اخیراً توجه محققان به سمت بالومترهای پایه بیولوژیک معطوف شده است[2,3]. این نوع بالومترها به دلیل ارزانی و سادگی ساخت اهمیت دارند.

در این مقاله به نوع خاصی ازآشکارساز حرارتی پایه بیولوژیک از نوع بالومتر پرداخته می‌شود که در آن از بیوپلیمر کیتوسان به عنوان ماده‌ی جاذب امواج فروسرخ استفاده شده است[4] . کیتوسان زیست سازگار بوده و برای بدن عوارض جانبی ندارد؛ لذا اهمیت ساخت و استفاده از این نوع آشکارساز بیولوژیکی دوچندان می‌شود.

ضریب دمایی مقاومت (TCR) پارامتر اساسی ماده‌ی حساس در بالومترها محسوب می‌شود. هرچه TCR بالاتری داشته باشیم؛ یعنی با افزایش دما، مقاومت-الکتریکی تغییرات بیشتری داشته باشد، آشکارساز حساسیت بالاتری از خود نشان می‌دهد.

مکانیسم‌های متفاوتی برای توجیه هدایت الکتریکی در پلیمرها وجود دارد؛ به‌عنوان مثال، اثر پول-فرنکل[۲] بیان می‌کند چطور ماده‌ی عایق درمیدان الکتریکی قوی، هادی جریان الکتریسیته می‌شود. رابطه‌ی آرنیوس[۳] نیز هدایت الکتریکی تحت دما را بررسی می‌کند[۵]. کیتوسان مشتق داستیله[۴] (استیل زدایی شده) کیتین[۵] است(شکل۱). کیتین فراوان‌ترین پلی ساکارید[۶] طبیعی بعد از سلولز است و از ضایعات پوسته‌ی جانداران دریایی مثل میگو و خرچنگ استخراج می‌شود. کیتوسان ماده‌ای غیرسمی، تجدیدپذیر و زیست سازگار است که درهمه‌ی حلال‌های اسیدی رقیق انحلال‌پذیر است ولی درآب و حلال‌های آلی حل نمی‌شود .



شکل۱: ساختار شیمیایی کیتوسان.

در این پژوهش، برای به دست آوردن ضریب دمایی مقاومت کیتوسان در دماهای مختلف، مقاومت الکتریکی آن تحت دما بررسی می‌شود. این پارامتر به ساختاردرونی، ضخامت فیلم، دما و سطح تماس الکترود با پلیمر بستگی دارد؛ همچنین توزیع چگالی حالت‌ها برشکل منحنی جریان-ولتاژ تأثیرگذار است[5].

۲- مواد و روش‌ها

در این آزمایش از کیتوسان با وزن مولکولی بالا و درجه‌ی داستیلاسیون[۷] ۶۴٪(سیگما- آلدریچ) استفاده شد. ابتدا محلول کیتوسان با غلظت ۲٪ وزنی- حجمی توسط حلال استیک اسید[۸] تهیه شد.

برای تهیه‌ی لایه نازک کیتوسان به روش لایه نشانی چرخشی[۹]، محلول کیتوسان روی زیرلایه‌ی ITO چکانده و لایه نشانی با تنظیم سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه و به مدت ۳۰ ثانیه انجام شد.

---

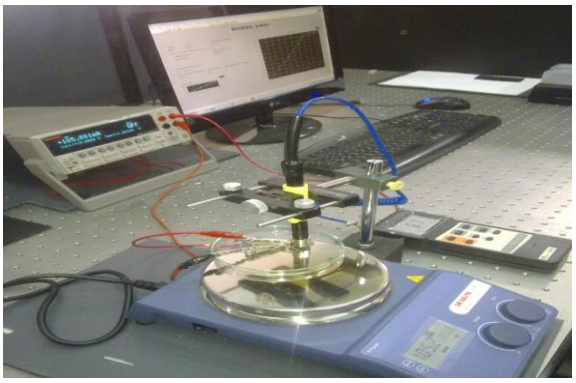
[2] Poole-Frankle
[3] Arrhenius

[4] Deacetylated
[5] Chitin
[6] Polysaccharide
[7] Degree of Deacetylation
[8] Acetic acid
[9] Spin-coating

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

بعد از لایه نشانی، برای تبخیرحلال، قطعه در دمای ۸۰ درجه‌ی سلسیوس به مدت یک ساعت درون کوره[10] قرار داده شد[4]. در ادامه به منظور اضافه‌کردن پوشش آلومینیوم بر لایه نازک کیتوسان، لایه نشانی رسوب تبخیر فیزیکی[11] انجام شد.

برای بدست آوردن مشخصه‌ی جریان – ولتاژ[12] قطعه، چیدمانی متشکل از همزن مغناطیسی(با دقت یک درجه) ، دستگاه اندازه گیری KEITHLEY مدل ۲۴۰۰(دقت اندازه گیری pA ،۱۰ μV۱و Ωμ ۱۰۰ است) با پشتیبانی نرم افزار Lab View ودماسنج لمسی(دقت یک درجه) استفاده شد(شکل ۲).



شکل۲: چیدمان آزمایش اندازه‌گیری جریان- ولتاژ با افزایش دما.

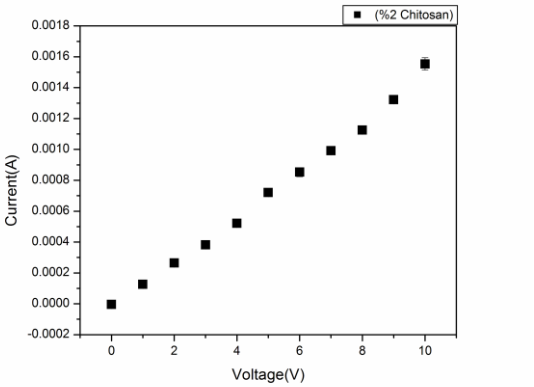
برای بدست آوردن نمودار جریان- ولتاژ قطعه، اندازه گیری ابتدا در دمای اتاق و سپس با افزایش دما تا ۷۰ درجه در بازه های ۵ درجه انجام شد. هر آزمایش ۳ تا ۵ مرتبه تکرار شد. در طی آزمایش، نمونه ها بر روی ظرف شیشه‌ای بالای سطح داغ همزن قرار گرفت. علّت استفاده از ظرف، جلوگیری از اتصال سوسماری به سطح داغ بود. ضریب دمایی مقاومت قطعه از رابطه‌ی

$$TCR = \frac{1}{R}\frac{dR}{dT} \qquad (1)$$

بدست می‌آید[۶].

۳- نتایج تجربی

همانطور که در شکل ۳ دیده می شود تغییرات نمودار I-V تقریبا خطی است به طوری که در ولتاژ ۰ تا ۱۰ ولت، جریان از0/2 تا ۱/۶ میلی آمپر متغیر است.



شکل۳: منحنی جریان- ولتاژ در دمای عادی

به‌منظور بدست آوردن ضرایب دمایی مقاومت و بررسی تاثیر اکسیژن و رطوبت محیط بر نحوه‌ی عملکرد حسگر، آزمایش اندازه‌گیری I-V تحت دما طی شش روز، دوبار دیگر تکرار شد و نمودار مقاومت-دما با انجام آزمایش ها با فاصله ی زمانی ۳ روز بدست آمد. نمونه ها در این شش روز، در شرایط عادی(دما و فشار استاندارد) نگه‌داری شد.

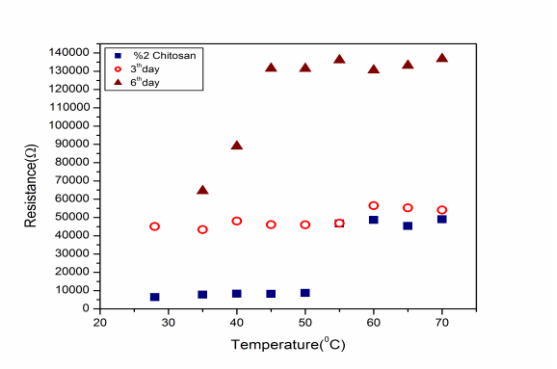
مشاهده می‌شود که به طورکلی مقاومت نمونه با گذشت زمان افزایش می‌یابد ولی تغییرات آن محدود به بازه‌های دمایی ۵ تا ۱۰ درجه است واز شکل تابع سیگموئید[13] با رابطه‌ی

$$R = A_2 + \frac{A_1 - A_2}{1 + \exp\left(\frac{T - T_0}{dT}\right)} \qquad (2)$$

پیروی می‌کند[۷](شکل۴).

[10] Oven
[11] Physical Vapor Deposition
[12] I-V characteristics curve
[13] Sigmoid function

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



شکل۴: تغییرات مقاومت با افزایش دما طی شش روز.

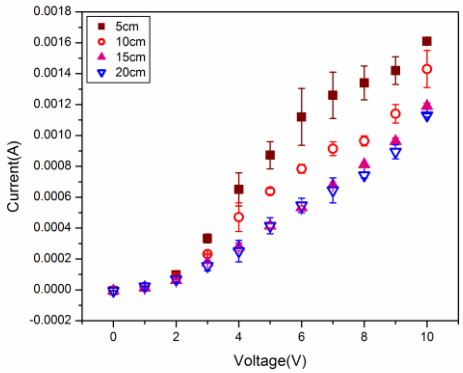
مقادیر اندازه‌گیری شده TCR حسگر در جدول(۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر TCR با گذشت زمان.

T (°C)	TCR (1/K) (٪)	(%)TCR 3th day (1/K)	(%)TCR 6th day
۳۵	۰٫۰۱×10^{-8}	۰٫۰۱×10^{-33}	۸/۶۵×۱۰$^{-۱}$
۴۰	0.01×10^{-4}	۰٫۰۱×10^{-24}	۱۴/۴۶
۴۵	۱/۳۰×10$^{-۲}$	۰٫۰۱×10^{-15}	۱/۳۰
۵۰	۱۷/۰۰	1/12×10^{-8}	3/90×10^{-3}
۵۵	۲/۹۰	۸/۵۰	4/57×10^{-4}
۶۰	۱ / ۹۰×10^{-3}	0/89×10^{-8}	۰٫۰۱×10^{-4}

برای رسیدن به شرایط واقعی عملکرد حسگر فروسرخ، در آزمایش دیگری تاثیر فاصله‌ی آشکارساز تا منبع حرارتی بررسی شد. آزمایش I-V در فواصل ۵، ۱۰، ۱۵و۲۰ سانتی‌متری از منبع گرمایی انجام شد.

همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود تا فاصله‌ی ۱۵سانتیمتری تغییرات منظمی را شاهد هستیم به این ترتیب که با افزایش فاصله، مقاومت الکتریکی قطعه افزایش می‌یابد پس مقدار TCR کاهش می‌یابد.



شکل۵: نمودار I-V در فواصل ۵ تا ۲۰ سانتیمتر از صفحه‌ی داغ.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد که دردمای ۳۵ تا ۵۵ درجه، قطعه ضریب دمایی مقاومت خوبی را نشان می‌دهد و بیشترین مقدار ۱۷٪(1/K) می‌باشد. با این شرایط آن را می‌توان به عنوان یک گزینه‌ی مناسب برای استفاده در آشکارسازهای فروسرخ از نوع بالومتر به حساب آورد. مقادیر TCR رایج برای بالومترهای تجاری حدود ۴٪(1/K) است.

مراجع

[1] Arora N1, Martins D, Ruggerio D, Tousimis E, Swistel AJ, Osborne MP, Simmons RM,*Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer*.**Am J Surg**. 2008 Oct;196(4):523-6

[2] Jian-Lun Lai, Chien-Jen Liao and Guo-Dung John Su, Using an SU-8 Photoresist Structure and Cytochrome C Thin Film Sensing Material for a Microbolometer, **Sensors** 2012, 12, 16390-16403.

[3] Bo-Yu Lai, Chung-Hao Chu and Guo-Dung John Su, Long-Wavelength Infrared Sensing by Cytochrome C Protein Thin Film Deposited by the Spin Coating Method, **Sensors** 2013, 13, 15833-15845.

[4] Michael Thomas Mueller, Biomimetic, Polymer-Based Microcantilever Infrared Sensors, 2007.

[5] S.W.Tkaczyk,J.Swiatek ,M.Mucha., *electrical conductivity in thin layers of chitosan and chitosan acetate*,**IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**.vol.8NO.3,June2001.

[6]

[7] Jian-Lun Lai, Chien-Jen Liao and Guo-Dung John Su. Using an SU-8 Photoresist Structure and Cytochrome C Thin Film Sensing Material for a Microbolometer. **Sensors** 2012, 12, 16390-16403.

[8] http://www.originlab.com/doc/Origin-Help/Fitting-Sigmoidal.

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