بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

شناسایی گلوکز با استفاده از طیف‌نگاری حوزه زمان تراهرتز

امید پناهی[۱]، بهاره یحیی‌ئی[۱]، مهرداد خیرالهی[۱]، مهدی موسوی[۱]، صدیقه ملک محمدی[۱]، محمدرضا دربانی[۲]، عبدالله اسلامی مجد[۲]

[۱] پژوهشکده لیزر اصفهان
[۲] پژوهشکده لیزر دانشگاه مالک اشتر شاهین شهر

چکیده –در این مقاله یک نمونه آزمایشگاهی طیف‌نگار حوزه زمان در مد عبوری برپا شده و جهت شناسایی گلوکز مورد استفاده قرار گرفته است. در چیدمان مذکور با استفاده از آنتن‌های نوررسانای گالیم آرسنایاد سیگنال حوزه زمان تراهرتز تولید و آشکارسازی شده است. چیدمان برپا شده محدوده طیفی ۰/۱ تا ۳ تراهرتز را به‌دست می‌دهد. پرتو تراهرتز تولید شده توسط یک جفت آینه سهموی طلا بر روی نمونه متمرکز شده و پس از عبور از نمونه به سمت آشکارساز هدایت می‌شود. طیف به‌دست آمده الگوی طیفی منحصربه‌فرد گلوکز را به‌خوبی نشان می‌دهد.

کلید واژه- آنتن نور رسانا، طیف‌نگاری حوزه زمان تراهرتز، گلوکز.

Detection of Glucose by Terahertz Time Domain Spectroscopy

Omid Panahi[1], Bahareh Yahyaei[1], Mehrdad Kheyrollahi[1], Mahdi Mousavi[1], Sedighe Malekmohamadi[1], Mohamad Reza Darbani[2], Abdollah Eslami Majd[2]

[1] Laser Research Institution, Isfahan, Iran
[2]Optics and Laser Science and Technology Research Center, Malek-Ashtar University of Technology, Shahin Shahr, Iran

Abstract- In the present study terahertz time domain spectroscopy system in transmission mode has been established and used to detect glucose. In the presented setup two gallium arsenide photoconductive antennas have been used to generate and detect the terahertz pulses with frequency range between 0.1THz and 3THz. Pair of gold parabolic mirrors has been used to focus the generated pulses on to a sample and guided the transmitted pulses from sample to the detector. The obtained spectrum shows characteristic spectrum features of the mentioned material perfectly.

Keywords: Photoconductive antenna, Terahertz Time Domain Spectroscopy, Glucose.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

۱- مقدمه

ناحیه تراهرتز (THz) که در محدوده ۰/۱ تا ۱۰ تراهرتز در طیف الکترومغناطیس واقع است، به دلیل خصوصیات منحر-به‌فرد و کاربردهای گوناگون، در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه محققین قرارگرفته است. کاربرد در زمینه‌های شیمی [۱] و بیوشیمی [۲]، صنایع داروسازی [۳]، شناسایی مواد مخدر [۴] و صنایع دفاعی و امنیتی [۵] را می‌توان از جمله کاربردهای مهم فناوری تراهرتز برشمرد.

در گذشته به دلیل فقدان چشمه‌ها و آشکارسازهای مناسب برای تولید و شناسایی پرتوهای THz، این ناحیه از طیف الکترومغناطیس شکاف تراهرتز نامیده می‌شد. تاکنون تلاش-های گوناگونی برای پوشش این شکاف طیفی صورت گرفته است که می‌توان به روش‌های آنتن‌های نور رسانا، نوسانگر موج برگشتی، لیزرهای گازی آبشار کوانتومی و دیودگان اشاره کرد. ارتعاشات فرکانس پایین بین مولکولی و درون مولکولی سیستم‌های مولکولی در محدوده THz قرار می‌گیرند. این ارتعاشات الگوهای طیفی منحصربه‌فردی برای مولکول‌ها در ناحیه THz ایجاد می‌کنند که به عنوان مشخصه‌های اثر انگشتی برای شناسایی دقیق مولکول‌ها مورد استفاده قرار می-گیرند [۱].

قابلیت شناسایی بسیاری از ترکیبات شیمیایی و سیستم‌های زیستی ناشی از تفاوت در سطوح چرخشی و ارتعاشی مولکولی یکتای آن‌ها است.

یکی از مهم‌ترین خصوصیات طیف‌نگاری تراهرتز شناسایی مواد از درون پوشش است. از آنجایی که امواج تراهرتز در بسیاری از مواد نارسانا مانند پلاستیک، کاغذ، چوب و پارچه نفوذ می‌کند، این امواج را می‌توان برای شناسایی مواد پنهان شده استفاده کرد [۶]. این درحالی است که سایر روش‌های طیف نگاری قابلیت شناسایی مواد و ادوات از درون پوشش را ندارند.

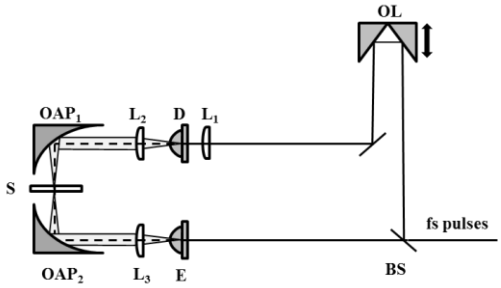
در این مقاله چیدمان طیف‌نگار تراهرتز در حالت عبوری برپا شده و برای شناسایی ماده قندی گلوکز مورد استفاده قرار گرفته است. در چیدمان مذکور با استفاده از آنتن‌های نور رسانای گالیم آرسناید، سیگنال حوزه زمان تراهرتز تولید و آشکارسازی شده است. چیدمان برپا شده محدوده طیفی ۰/۱ تا ۳ تراهرتز را به‌دست می‌دهد. پرتو تراهرتز تولید شده توسط یک جفت آینه سهموی طلا بر روی نمونه متمرکز شده و پس از عبور از نمونه به سوی آشکارساز هدایت می‌شود.

در کار قبلی [۷] از یک چیدمان عبوری تراهرتز برای طیف-نگاری لاکتوز استفاده شده است. در چیدمان مذکور تمرکز پرتو تراهرتز بر روی نمونه با به‌کارگیری یک جفت عدسی تفلونی انجام گرفته است. درحالی‌که در مطالعه حاضر متمرکز کردن و هدایت پرتوها توسط یک جفت آینه سهموی طلا انجام پذیرفته است. از آنجایی که در این چیدمان پرتوها از روی آینه‌ها بازتاب می‌شوند، نسبت به چیدمان قبلی، که در آن پرتو تراهرتز از ادوات اپتیکی عبور می‌کرد، اتلاف کمتر بوده و بنابراین نسبت سیگنال به نوفه بهبود یافته است. همچنین در مقایسه با چیدمان‌های رایج منتشر شده [۸] در چیدمان ارائه شده در مقاله حاضر از تعداد آینه‌های سهموی طلا کاسته شده و درنتیجه از ابعاد چیدمان به میزان قابل توجهی کاسته شده است.

طیف تجربی به‌دست آمده از نمونه گلوکز الگوهای طیفی منحصربه‌فرد ماده مورد بررسی را به‌خوبی منعکس می‌کند.

۲- چیدمان تجربی

شکل ۱ شماتیکی از چیدمان آزمایشگاهی طیف‌نگار حوزه زمانی تراهرتز (THz-TDS) را نشان می‌دهد. در این چیدمان برای تولید و آشکارسازی پالس‌های تراهرتز از یک لیزر فمتوثانیه با طول موج ۸۰۰ نانومتر و نرخ تکرار ۸۰ مگاهرتز استفاده شده است. پرتو لیزری به‌وسیله یک تقسیم‌کننده ۵۰-۵۰ به دو شاخه تقسیم شده و برای دمش آنتن‌های فرستنده و گیرنده در تولید و آشکارسازی تپ‌های تراهرتز استفاده می-شود.



شکل ۱: چیدمان آزمایشگاهی طیف نگار عبوری تراهرتز. در این چیدمان BS تقسیم کننده نوری، OL تأخیر انداز نوری، L_1 عدسی نوری، E و D به ترتیب آنتن فرستنده و گیرنده، L_2 و L_3 عدسی‌های TPX، OAP_1 و OAP_2 آینه‌های سهموی و S نشانگر نمونه است.

در شاخه دمش، پرتو لیزری بر روی آنتن فرستنده متمرکز شده و تپ‌های تراهرتز تولید می‌شوند. این تپ‌ها به‌وسیله یک

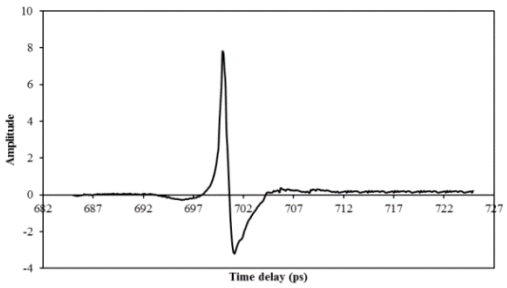
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]

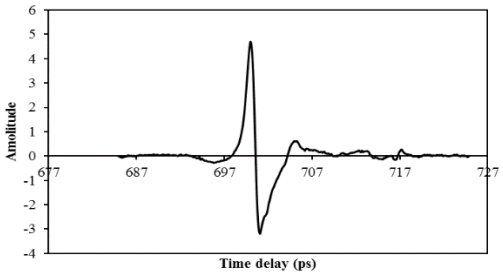
آینه سهموی طلا بر روی نمونه متمرکز شده و پرتو عبور کرده از نمونه به‌وسیله یک آینه سهموی دیگر به سمت آنتن گیرنده هدایت می‌شود. فاصله کانونی آینه‌های سهموی ۵ سانتی‌متر است و نمونه در این فاصله از آینه ها قرار می‌گیرد. پرتو عبور کرده از نمونه همزمان با پرتو کاوشگر وارد آنتن گیرنده شده و جریان الکتریکی ایجاد شده ناشی از شتابگیری حامل‌ها در حضور میدان الکتریکی تراهرتز همزمان با روبش تاخیر انداز اپتیکی، جهت تعیین دامنه و فاز موج تراهرتز اندازه‌گیری می‌شود. به منظور جلوگیری از اتلاف موج تراهرتز توسط جو، نمونه در محفظه‌ای با شار نیتروژن که بین دو آنتن تعبیه شده است، طیف‌نگاری می‌شود.

۳- نتایج تجربی

شکل‌های ۲ و ۳ به‌ترتیب سیگنال زمانی تراهرتز را در غیاب و حضور نمونه گلوکز نشان می‌دهند. سیگنال مرجع ثبت شده دارای طول زمانی در حدود ۱ps و پهنای فرکانسی ۰/۱ تا ۳ تراهرتز است.

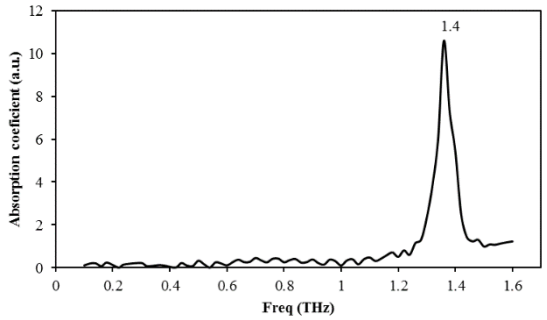


شکل ۲: سیگنال تراهرتز در حوزه زمان در غیاب گلوکز



شکل ۳: سیگنال تراهرتز پس از برهم‌کنش با نمونه گلوکز

تحلیل سیگنال نمونه نسبت به سیگنال مرجع طیف جذبی گلوکز را در محدوده فرکانسی تراهرتز به‌دست می‌دهد. شکل ۴ طیف جذبی نمونه گلوکز را که در نقطه کانونی بین دو آینه قرار داده شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۴: طیف جذبی نمونه گلوکز

مقایسه طیف جذبی تجربی به‌دست آمده با طیف‌های منتشر شده [۸] از نمونه گلوکز، تطابق کامل طیف جذبی با مراجع را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که با استفاده از چیدمان برپا شده، نمونه گلوکز و قله‌های جذبی منحصربه‌فرد آن به‌خوبی شناسایی شده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله چیدمان تراهرتز در مد عبوری با استفاده از آنتن‌های نور رسانا به عنوان فرستنده و گیرنده برپا شده است. از این چیدمان پهنای طیفی ۳ تراهرتز حاصل گردید. به‌کارگیری آینه‌های سهموی طلا به جای لنزهای تفلونی برای متمرکز کردن و هدایت پرتو تراهرتز در چیدمان حاضر منجربه افزایش نسبت سیگنال به نویز در مقایسه با چیدمان‌های قبلی شده است. از چیدمان برپا شده برای طیف‌نگاری نمونه گلوکز استفاده شد. قله جذبی مشاهده شده کاملاً منطبق با مراجع بوده و قابلیت سیستم در طیف‌نگاری را به‌خوبی اثبات می‌کند.

مراجع

[1] M. Walther, B.M. Fischer, A. Ortner, A. Bitzer, A. Thoman and H. Helm, *Chemical sensing and imaging with pulsed terahertz radiation*, Anal. Bioanal. Chem., vol. 397, pp. 1009-1017, 2010.

[2] D.F. Plusquellic, K. Siegrist, E.J. Heilweil and O. Esenturk, *Applications of terahertz spectroscopy in Biosystems*, Chem. Phys. Chem., vol. 8, pp. 2412-2431, 2007.

[3] E. García-García, E. Diez, Y. Meziani, J. Velázquez-Pérez and J. Calvo-Gallcao, *Terahertz time domain spectroscopy for chemical identification*, Spanish Conference on Electron Devices, IEEE, 2013, pp. 199-202, 2013.

[4] L. Ning, J. Shen, S. Jinhai, L. Laishun, X. Xu, M. Lu and J. Yan, *Study on the THz spectrum of methamphetamine*, Opt. Express, vol. 13, pp. 6750-6755, 2005.

[5] C. Konek, J. Wilkinson, O. Esenturk, E. Heilweil and M. Kemp, *Terahertz spectroscopy of explosives and simulants: RDX, PETN, sugar, and L-tartaric acid*, SPIE Defense, Security, and Sensing, International Society for Optics and Photonics, pp. 73110K-73110K-73117, 2009.

[6] K. Yamamoto, M. Yamaguchi, F. Miyamaru, M. Tani, M. Hangyo, T. Ikeda, A. Matsushita, K. Koide, M. Tatsuno, Y.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]

Minami, *Noninvasive Inspection of C-4 Explosive in Mails by Terahertz Time-Domain Spectroscopy*, Jpn. J. Appl. Phys. vol. 43, pp. L 414–L 417, 2004.

[۷] ا. پناهی، م. خیراللهی، ب. یحییئی، م. موسوی، ع. مجتبی، ص. ملک محمدی، ا. احمدی، ج. صادق پناه، م. نشاط، "طیف‌نگاری حوزه زمانی تراهرتز جهت شناسایی لاکتوز"، انجمن اپتیک و فوتونیک ایران، جلد ۲۲، شماره ۸، صفحات ۲۹۶-۲۹۹.

[8] P. C. Upadhya, Y. C. Shen, A. G. Davies, and E. H. Linfield, “Terahertz time-domain spectroscopy of glucose and uric acid,” J. Biol. Phys. 29, 117–121 (2003).

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]