بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۹-۱۱ بهمن ۱۳۹۷

تعیین ضرایب جذب و شکست هیستیدین توسط بیناب‌نمایی تراهرتز

محسن شاهین زاده، سیدشایان شریف، سیدمحمد رضا دربانی، بهاره یحیی‌ئی ، عبدالله اسلامی مجد

پژوهشکده علوم وفناوری اپتیک و لیزر دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین شهر

M.shahinzade1371@gmail.com, Shayan.sh41@gmail.com, Darbany2002@yahoo.com, Baharehyahyaei2@gmail.com, Sina_majd@yahoo.com

چکیده – در این پژوهش از سامانه بیناب‌نمایی تراهرتز در مد بازتابی متشکل از دو آنتن نور رسانای گالیم آرسنایدِ دو قطبی به‌منظور تولید و آشکارسازی سیگنال تراهرتز و ادوات اپتیکی از جمله عدسی سیلیکونی و آینه سهموی استفاده شده است. تپ‌های تراهرتز تولید شده دارای طول زمانی کمتر از پیکوثانیه و محدوده‌ی بینابی ۰/۱ تا ۲ تراهرتز می‌باشند. ضرایب جذب و شکست هیستیدین به ترتیب $45/2\ cm^{-1}$ و ۱/۵۷ محاسبه شد. توانایی آشکارسازی اجسام دارای پوشش از مزایای عملکردی این روش می‌باشد.

کلید واژه- سامانه بیناب‌نمایی تراهرتز، مد بازتابی، آنتن نور رسانا، هیستیدین.

Identification of Absorption and Refractive Coefficient of Histidine by THz Spectroscopy

Mohsen Shahinzade, Seyyed Shayan Sharif , Seyyed Mohammad Reza Darbani, Bahareh yahyaei, Abdollah Eslami Majd

Optics and Laser Science and Technology Research Center, Malek-Ashtar University of Technology, Shahin Shahr, Iran

Abstract- In this research, have been used THz Time Domain Spectroscopy(THz-TDS) at reflection mode contain two dipole GaAs photoconductive antenna in order to generation and detection THz waves and optical instruments such as silicon lens and parabolic mirror. generated Terahertz pulses have subpicosecond pulse duration and spectral range of 0.1-2 THz. Absorption and refractive coefficients of histidine were calculated about 45.2 cm^{-1} and 1.57 respectively. Ability of concealed samples detection is one of the advantages of this method.

Keywords: THz spectroscopy system, Reflection mode, Photoconductive antenna, Histidine.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

مقدمه

بیناب الکترومغناطیسی شامل محدوده‌ی گسترده‌ای از فرکانس‌های مختلف از امواج رادیویی تا پرتوهای گاما می‌باشد. امواج تراهرتز در بازه‌ی بین ریزموج تا امواج فروسرخ قرار می‌گیرند. فرکانس این پرتوها از ۱۰۰ گیگاهرتز تا ۱۰ تراهرتز و از نظر طول موجی در حد فاصل ۱ میلی‌متر تا کمتر از ۱۰۰ میکرومتر می‌باشد. از آن‌جا که امواج تراهرتز دارای بازه‌ی فرکانسی هستند که فرکانس‌های ارتعاشی و چرخشی اکثر مولکول‌ها در این بازه ی بینابی قرار می‌گیرد، لذا از این پرتوها برای کاربردهای مربوط به حوزه بیناب‌نمایی استفاده می‌شود. پس از آن‌که در سال‌های اخیر پیشرفت فناوری تپ‌های کوتاه فمتوثانیه که برای تولید تپ‌های تراهرتز مناسب بود آغاز شد، فناوری تولید تپ‌های تراهرتز نیز پیشرفت سریعی داشته است[۱]. تابش تراهرتز می‌تواند پدیده‌های فیزیکی نظیر برانگیزش‌های فرکانس پایین، دینامیک مربوط به حامل‌ها در مواد الکترونیکی، مدهای جمعی ارتعاشی و گذارهای ارتعاشی و چرخشی را مورد بررسی قرار دهد. با این حال تا همین دهه‌ی اخیر دسترسی به این ناحیه از بیناب الکترومغناطیسی بسیار چالش برانگیز بوده که این پدیده منجر شده است که اغلب شکاف یا گاف تراهرتز نامیده شود. با قرارگیری این ناحیه بین نواحی اپتیک و الکترونیک، می‌توان از روش‌های الکترواپتیکی برای تولید، آشکارسازی و تحلیل آن بهره جست.

تحقیقات در زمینه‌ی دانش و فناوری تراهرتز در طول زمان به‌عنوان کاربردهای جدید بیناب‌نمایی و تصویربرداری گسترده شده است که از آن جمله در زمینه‌هایی از جمله فیزیک حالت جامد، زیست شناسی، داروشناسی، پزشکی و بررسی امنیتی ظهور پیدا کرده است. بسیاری از مولکول‌ها در این محدوده‌ی فرکانسی دارای بیناب اثر انگشتی هستند که علت آن مربوط به جذب ناشی از گذارهای ارتعاشی و چرخشی می‌باشد. از آن‌جا که این گذارها برای هر مولکول خاص منحصر به‌فرد است، بنابراین منجر به بیناب اثر انگشتی تراهرتز می‌شود[۲].

آمینو اسیدها پایه‌بلوک‌های ساختاری هستند که برای تشکیل یافتن پروتئین‌ها با هم ترکیب می‌شوند. هیستیدین یکی از ۲۰ آمینو اسید ضروری بوده که وجود آن برای رشد و ترمیم بافت‌های مربوط به انسان مورد نیاز می‌باشد. در حقیقت مواد از جمله آمینو اسیدها و پروتئین‌ها دارای جذب خاصی از امواج تراهرتز بوده و بیناب چرخشی و ارتعاشی آن‌ها بسیاری از قله‌های جذبی خاص را ارائه می‌کند. این مطلب باعث شده است که بیناب‌نمایی تراهرتز ابزاری قدرتمند برای تحلیل و شناسایی این‌گونه مواد تلقی شود[۳].

امواج تراهرتز دارای انرژی پایینی در مرتبه‌ی میلی الکترون ولت هستند، در نتیجه این امواج برخلاف پرتوهای ایکس یونیزه کننده نیستند. از این ویژگی در تصویربرداری پزشکی استفاده می‌شود که برخلاف تصویربرداری پرتوهای ایکس برای بدن انسان مضر نبوده و به بافت‌های سالم آسیب نمی‌زند. امواج تراهرتز قادر به نفوذ در بسیاری از مواد از جمله پلاستیک، مقوا، کاغذ، لباس و سرامیک و بازتاب از فلزات و همچنین جذب قابل توجهی از آب می‌باشند. این ویژگی‌ها منجر به کاربردهای مربوط به امنیت و بازرسی می‌شود[۴].

سامانه‌های بیناب‌نمایی حوزه‌ی زمانی تراهرتز شامل بیناب‌نمایی حوزه زمان عبوری و بیناب‌نمایی حوزه زمان بازتابی به‌طور گسترده برای بدست آوردن پارامترهای نوری مواد از جمله ضریب جذب و ضریب شکست در محدوده‌ی تراهرتز مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش با برپایی چیدمان بازتابی امواج تراهرتز و ثبت

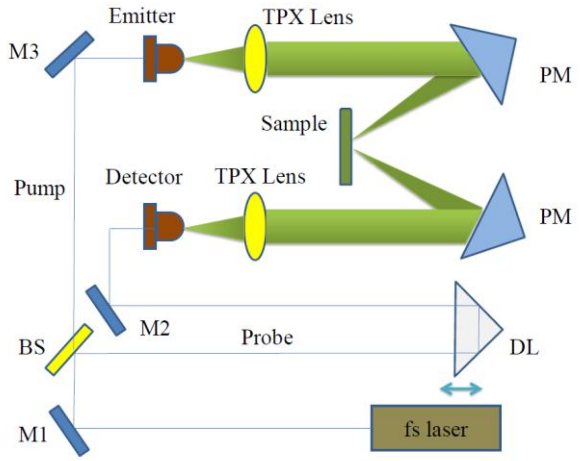
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

بیناب‌های مربوطه و با استفاده از روابط تحلیلی این حوزه، ضرایب شکست و جذب هیستیدین محاسبه شده است.

مواد و چیدمان

در این پژوهش از یک لیزر فمتوثانیه تیتانیوم سفایر با توان خروجی یک وات و طول موج مرکزی ۸۰۰ نانومتر که دارای پهنای تپ زمانی ۶۰ فمتوثانیه و نرخ تکرار ۸۰ مگاهرتز استفاده شده است. تابش لیزر فمتوثانیه پس از برخورد به یک پرتو شکاف نوری ۵۰-۵۰ به دو شاخه پمپ و پروب تقسیم می‌شود. لیزر فمتو در شاخه پمپ پس از برخورد به آینه به سمت آنتن گسیلنده حرکت کرده و به آن برخورد می‌کند. در اثر برخورد لیزر جفت الکترون حفره در زیرلایه گالیم آرسنایدِ موجود در آنتن تولید شده و توسط ولتاژ بایاس AC خارجی ۱۰ ولت با فرکانس ۵ کیلوهرتز شتاب گرفته و در نهایت منجر به گسیل تابش تراهرتز می‌شود. تپ‌های تراهرتز تولیدی از آنتن نور رسانا از طریق یک عدسی سیلیکونی متصل بر روی آنتن، عدسی TPX و آینه سهموی بر روی نمونه هیستیدین کانونی و به‌طور مجدد با استفاده از یک مجموعه از آینه‌ی سهموی و عدسی TPX و سیلیکونی بر روی آنتن آشکارساز به‌صورت موازی فرود می‌آید. فاصله‌ی کانونی عدسی TPX به‌کار رفته در این چیدمان ۳۰ میلی‌متر و آینه سهموی با پوشش طلا دارای فاصله کانونی ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. سیگنال تراهرتز پس از بازتاب از نمونه به سمت آنتن آشکارساز فرستاده می‌شود. پرتو تراهرتز همزمان با پرتو پروب وارد آنتن آشکارساز شده و حامل‌های به وجود آمده توسط پرتو لیزر به‌وسیله میدان الکتریکی تراهرتز شتاب می‌گیرند و در نتیجه جریان الکتریکی توسط آمپرسنج ثبت می‌شود. با حرکت خط تأخیر انداز نوری، نمونه‌گیری از تپ تراهرتز صورت پذیرفته و شکل تپ تراهرتز بدست می‌آید. چون جریان ورودی به آمپرسنج ضعیف است، از این رو از تقویت کننده فاز بست جهت بهبود نسبت سیگنال به نوفه استفاده می‌شود. در شکل ۱ طرحواره‌ی چیدمان بیناب‌نمایی تراهرتز در مد بازتابی را نشان می‌دهد. نمونه هیستیدین به‌صورت قرص‌هایی با قطر ۳/۲ سانتی‌متر و ضخامت ۲ میلی‌متر تهیه شد.



شکل ۱: طرحواره چیدمان تجربی بیناب‌سنج بازتابی تراهرتز

داده‌های تجربی و تحلیل‌ها

موج الکترومغناطیسی در اثر عبور از محیط با اتم‌ها و یا مولکول‌های مواد اندرکنش کرده که این اثر منجر به جذب، عبور و پراکندگی خواهد شد. با بهره‌گیری از روابط فرنل و قانون اسنل برای موج الکترومغناطیسی که بر روی خط مرزی دو محیط فرود می‌آید، می‌توان ضرایب جذب و شکست نمونه را محاسبه کرد که رابطه‌ی اصلی در زیر آورده شده است[۵]:

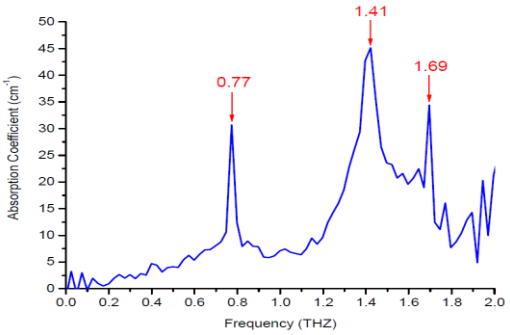
$$n(\nu)+j\frac{\alpha(\nu)}{4\pi\nu}=\frac{1-E_S(\nu)/E_M(\nu)}{1+E_S(\nu)/E_M(\nu)} \qquad (۱)$$

در رابطه‌ی بالا ν عددموج، E_S و E_M به ترتیب تبدیل فوریه‌ی سیگنال تراهرتز بازتاب شده از نمونه‌ی هیستیدین و آینه مرجع، $n(\nu)$ ضریب شکست نمونه و $\alpha(\nu)$ ضریب جذب نمونه می‌باشد.

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

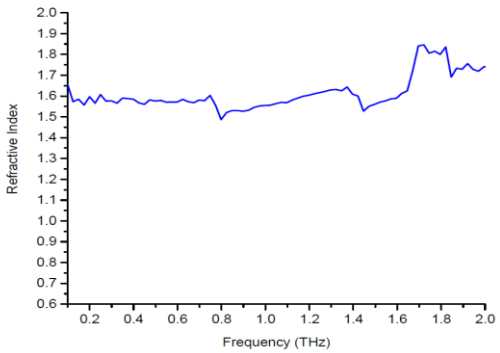
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

بیناب جذبی هیستیدین در شکل ۲ نشان داده شده است. بیناب ارائه شده در این مقاله با بیناب جذبی ارائه شده توسط ترو[1] و همکارانش سازگار بوده و هر دو قله‌های جذبی یکسانی نشان می‌دهند قله‌های جذبی هیستیدین در ۰/۷۷، ۱/۴۱ و ۱/۶۹ تراهرتز آشکار شده است. مقدار ضریب جذب در ۱/۴۱ تراهرتز که قله‌ی اصلی هیستیدین است، برابر با ۴۵/۳ cm^{-1} بدست آمد[۶].



شکل ۲: تغییرات ضریب جذب هیستیدین برحسب فرکانس

تغییرات ضریب شکست ماده‌ی هیستیدین برحسب فرکانس در شکل ۳ نشان داده شده است. با استفاده از سامانه‌ی بیناب نمایی تراهرتز می‌توان ضریب شکست نمونه را نیز بدست آورد که یکی از مزیت‌های این روش محسوب می‌شود. در این پژوهش ضریب شکست هیستیدین در حدود ۱/۵۷ بدست آمد که با ضریب شکست ارائه شده توسط وانگ[2] و همکارانش توافق خوبی دارد[۷].



شکل ۳: تغییرات ضریب شکست هیستیدین برحسب فرکانس

نتیجه‌گیری

در این پژوهش چیدمان بیناب‌نمایی تراهرتز در مد بازتابی برپا گردید. از این چیدمان به‌منظور تعیین ضرایب جذب و شکست نمونه‌ی آمینو اسید هیستیدین استفاده شد. بیناب جذب و بیناب ضریب شکست هیستیدین با پهنای بینابی ۲ تراهرتز بر حسب فرکانس ارائه گردید. داده‌های آزمایش کاربری این روش در تحلیل کیفی و کمی مواد آمینو اسید را به خوبی نشان می‌دهد.ستفاده از این سامانه بیناب هیستیدین بدست آمد که بیناب اثر انگشتی ماده بوده و می‌توان از آن در کاربردهای مربوط به شناسایی و آشکارسازی بهره جست.

مرجع‌ها

[1] K. Sakai & M. Tani, "*Terahertz Optoelectronics*", Springer, 2005.

[2] J. B. Baxter & G. W. Guglietta, "*Terahertz spectroscopy*", Anal. Chem, vol. 83, pp. 4342-4368, 2011

[3] A. L. Jenkins, R. A. Larsen & T. B. Williams, "*Characterization of amino acids using Raman Spectroscopy*", Spectrochimica Acta Part A, vol. 61, pp. 1585-1594, 2005.

[4] J. F. Federici, B. Schulkin, F. Huang, D. Gary, R. Barat, F. Oliveira & D. Zimdars, "*THz Imaging and Sensing for Security Applications- Explosives, Weapons and Drugs*", Semiconductor Science and Technology, vol. 20, pp. 266-280, 2005.

[5] Y. C. Shen, P. F. Taday, B. E. Cole, W. R. Tribe & M. C. Kemp, "*Detection and Identification of Explosives using Terahertz Pulsed Spectroscopic Imaging*", Applied Physics Letters, vol. 86, 2005.

[6] A. B. True, K. Schroeck, T. A. French & C. A. Schmuttenmaer, "*Terahertz Spectroscopy of Histidine Enantiomers and Polymorphs*", Journal of Infrared, Milimeter and Terahertz Waves, vol. 32, 2011.

[7] W. Weining, Y. Weiwei, Y. Haitao, Z. Cunlin & Z. Guozhong, "*THz Time Domain Spectroscopy of amino acids*", Chinese Science Bulletin, vol. 50, pp. 1561-1565, 2005

[1]True
[2]Wang

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]