

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



## شناسایی ماده منفجره RDX با استفاده از بیناب نمایی حوزه زمان تراهر تز

سيدشايان شريف، محسن شاهين زاده، سيدمحمد رضا درباني، بهاره يحييئي، عبدالله اسلامي مجد

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

Shayan.sh41@gmail.com, M.shahinzade1371@gmail.com, Darbany2002@yahoo.com, Baharehyahyaei2@gmail.com, Sina\_majd@yahoo.com

چکیده – دراین پژوهش چیدمان آزمایشگاهی بیناب نمایی تراهرتز حوزه زمان در مد بازتابی ۳۰ درجه برپا و جهت شناسایی ماده منفجره RDX مورد استفاده قرار گرفته است. در برپایی فوق با استفاده از آنتن گالیم آرسناید بیناب حوزه زمانی تراهرتز تولید و آشکارسازی شده است. چیدمان برپا شده محدوده بینابی ۱/۱ تا ۲ تراهرتز را پوشش میدهد. با استفاده از دادههای استخراجی، ضرایب جذب و شکست RDX به ترتیب ۱/۵ و <sup>1-</sup> ۱۰۸/۷ cm محاسبه شد که با دادههای معتبر تطابق خوبی دارد.

كليد واژه- آنتن نور رسانا، بيناب نمايي حوزه زمان تراهرتز، RDX

## Detection of RDX by Terahertz Time Domain Spectroscopy

## Seyyed Shayan Sharif , Mohsen Shahinzade, 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, Terahertz Time Domain Spectroscopy (THz-TDS) system in reflection 30 degree mode has been established for detection of RDX. In this setup, two gallium arsenide photoconductive antennas have been used to generate and detect the terahertz pulses with frequency range between 0.1 and 2 THz. By using of data detection, absorbtion and refraction coefficient are calculated 1.5 and 108.7. That data good agree with reference.

Keywords: Photoconductive antenna, Terahertz Time Domain Spectroscopy (THz-TDS), RDX

#### مقدمه

ناحیه تراهرتز (THz) در محدوده فرکانسی ۰/۱ تا ۱۰ تراهرتز در بیناب الکترومغناطیسی واقع است. فرکانسهای ارتعاشی و چرخشی اکثر مولکولها در بازهی بینابی امواج تراهرتز قرار دارند، از طرف دیگر رفتار این امواج دربرابر مواد مختلف متغیر است که این دو ویژگی سبب ترغیب دانشمندان به مطالعه این دسته از امواج به خصوص در حوزه تصویربرداری و بیناب نمایی در علوم مختلف از جمله پزشکی[۱]، شیمی[۲] و صنایع دفاعی و امنیتی[۳] شده است.

چون ناحیه فرکانسی این امواج بین نواحی الکترونیکی و اپتیکی قرار دارد و یا بهعبارتی دیگر ترکیبی از اپتیک و الکترونیک میباشند، در نتیجه برای تولید، آشکارسازی و تحلیل این امواج میتوان از روشهای الکترواپتیکی استفاده کرد. تا چند دهه گذشته به دلیل فقدان چشمه و آشکارساز، این قسمت از بیناب فرکانسی کمتر مورد استفاده قرار گرفته و تا چند دهه قبل کمتر ابزاری قادر به تولید این بخش از بیناب الکترومغناطیسی شده است، بر امروزه روشهای متفاوتی برای تولید امواج تراهرتز از جمله روش آنتن نوررسانش، روشهای آمیختگی نوری، لیزر الکترون آزاد، یکسوسازی نوری و تولید پلاسما وجود دارد [۴].

خصوصیات امواج تراهرتز باعث شده این امواج کاربردهای بسیاری در شناساییهای امنیتی بهخصوص در آشکارسازی اجسام پنهان شده داشته باشند. امواج تراهرتز در موادی که دارای پوشش هستند، (اغلب از جنس نارسانا) ، بهراحتی نفوذ کرده و یا به عبارت دیگر این مواد در برابر امواج تراهرتز شفاف هستند. این ویژگی باعث شده تصویر برداری و بیناب نمایی به وسیله این امواج نسبت به دیگر روشها در صنایع دفاعی و امنیتی کاربرد بیشتری

داشته باشد [۵]. در این پژوهش چیدمان بیناب نمایی تراهرتز در حالت بازتابی برپا و برای شناسایی ماده منفجره RDX مورد استفاده قرار گرفته است. سپس با گرفتن تبدیل فوریه از بیناب تجربی بهدست آمده از نمونه، الگوهای بینابی منحصربهفرد ماده مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

## چیدمان تجربی

طرحوارهای از چیدمان آزمایشگاهی بیناب نمایی حوزه زمانی تراهرتز (THz-TDS) در شکل ۱ نشان داده شده است. در این چیدمان برای تولید و آشکارسازی پالسهای تراهرتز از یک لیزر فمتوثانیه با طول موج ۸۰۰ نانومتر، نرخ تکرار ۸۰ مگاهرتز و پهنای زمانی ۶۰ فمتوثانیه استفاده شده است.



شکل ۱: طرحواره چیدمان بیناب نمایی بازتابی ۳۰ درجه تراهرتز fs لیزر فمتوثانیه، BS پرتو شکاف، M آینه، OL تاخیر انداز اپتیکی، E و D بهترتیب آنتن فرستنده و گیرنده، OAP و OAP آینههای پارابولیک، L عدسی نوری، L<sub>2</sub> و L عدسیهای تفلونی و S نشانگر نمونه

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، پرتو لیزری بهوسیله یک تقسیم کننده به دو شاخه تقسیم شده و برای دمش آنتنهای فرستنده و گیرنده در تولید و آشکارسازی تپهای تراهرتز استفاده میشود. در شاخه دمش پرتو لیزری بر روی آنتن فرستنده متمرکز شده و تپهای تراهرتز تولید میشوند. این تپها چون در ابتدا واگرا هستند، بهوسیله یک عدسی تفلونی موازی شده و به طرف آینه سهموی طلا هدایت می شوند. آینه سهموی

طلا به گونهای در چیدمان قرار داده شده که بتوانند پرتو های تراهرتز را تحت زاویه ۳۰ درجه روی نمونه متمرکز نماید. پرتوهای بازتابی از نمونه بهوسیله دیگر آینه سهموی طلا به سمت آنتن هدایت می شود. فاصله کانونی آینه سهموی طلا و عدسی تفلونی بهترتیب ۱۰ و ۳ سانتیمتر است. پرتو بازتاب شده از نمونه همزمان با پرتو کاوشگر وارد آنتن گیرنده شده و جریان الکتریکی ایجاد شده ناشی از شتاب گیری حامل ها در حضور میدان الکتریکی تراهرتز همزمان با جابهجایی تاخیر انداز اپتیکی، جهت تعیین دامنه و فاز موج تراهرتز اندازهگیری می شود. به منظور جلوگیری از اتلاف موج تراهرتز توسط جو، نمونه در محفظههای با شار نیتروژن که بین دو آنتن تعبیه شده است، قرار داده می شود. برای تهیه قرص نمونه پودر RDX را در قالب مخصوص قرار داده و بهوسیله دستگاه پرس تحت فشار قرار میدهیم که در نهایت قرص با قطر ۳/۲ سانتیمتر و ضخامت ۲ میلیمتر حاصل میشود.

## نتايج و تحليل

شکلهای ۲ و ۳ بهترتیب بیناب زمانی تراهرتز در غیاب نمونه و تبدیل فوریه آن را نشان میدهند. بیناب مرجع ثبت شده دارای پهنای زمانی در حدود ۱ ps و پهنای فرکانسی ۰/۱ تا ۲ تراهرتز است. همانطور که مشاهده می-نمایید در بیناب تبدیل فوریه (شکل ۳) افت هایی وجود دارد که ناشی از جذب مولکولهای اندک بخار آب موجود در گاز محیط دادهبرداری است.



شکل ۲: بیناب تراهرتز در حوزه زمان در غیاب RDX

شکلهای ۴ و ۵ بهترتیب بیناب زمانی تراهرتز در حضور نمونه و تبدیل فوریه آن را نشان میدهند. تحلیل بیناب نمونه نسبت به بیناب مرجع، بیناب بازتابی RDX را در محدوده فرکانسی تراهرتز بهدست میدهد.







شکل ۴: بیناب تراهرتز در حوزه زمان پس از برهمکنش با نمونه RDX



شکل۵: نمودار تبدیل فوریه دامنه برحسب فرکانس موج بازتابی از RDX

تغییرات ضرایب شکست و جذب RDX برحسب فرکانس در شکلهای ۶ و ۷ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، در فرکانس ۰/۸۴ تراهرتز که به اصطلاح

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

اثر انگشت اصلی RDX در بیناب نمایی تراهرتز شناخته میشود، ضرایب شکست و جذب بهترتیب برابر ۱/۵۰ و ۱۰۸/۷ است. تطابق این دادهها با اندازه واقعی این ضرایب با توجه به منبع، بیانگر یکی دیگر از ویژگیهای منحصربه-فرد بیناب نمایی تراهرتز است[۶].

تغییرات ضرایب شکست و جذب RDX برحسب فرکانس در شکلهای ۶ و ۷ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، در فرکانس ۸۴/۰ تراهرتز که به اصطلاح اثر انگشت اصلی RDX در بیناب نمایی تراهرتز شناخته می شود، ضرایب شکست و جذب به ترتیب برابر ۱/۵۰ و ۱۰۸/۷ است. تطابق این داده ها با اندازه واقعی این ضرایب با توجه به منبع، بیانگر یکی دیگر از ویژگی های منحصر به-فرد بیناب نمایی تراهرتز است [۶].







شکل ۷: تغییرات ضریب جذب برحسب فرکانس بازتابی

## نتيجهگيرى

در این پژوهش چیدمان تراهرتز در مد بازتابی ۳۰ درجه با استفاده از آنتنهای نور رسانا به عنوان فرستنده و گیرنده برپا شده است. از این چیدمان پهنای بینابی ۲ تراهرتز حاصل گردید. با استفاده از چیدمان بازتابی بهجای عبوری و محاسبه میزان بازتاب بهراحتی میتوان اثر انگشت نمونه را بهدست آورد. افتها در نمودار بازتاب و قلهها جذبی در نمودار ضریب جذب مشاهده شده کاملا منطبق با مراجع بوده و قابلیت چیدمان در بیناب نمایی را بهخوبی اثبات میکند.

مرجعها

- A. G. Markelz, "Terahertz Dielectric Sensitivity to Biomolecular Structure and Function", Selected Topics in Quantum Electronics, Journal of IEEE, vol. 14,180- 190, 2008.
- [2] B. Ferguson & X. C. Zhang, "Materials for terahertz science and technology", Journal of nature materials, vol. 1, 26-33, 2002.
- [3] 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, 266-280, 2005.
- [4] Y. S. Lee, "Principles of Terahertz Science and Technology", 1st ed. NewYork; Springer, 2008.
- [5] Z. H. Michalopoulou, S. Mukherjee, Y. L. Hor, K. Su, Z, Liu, R. B. Barat & D. E. Gary, "RDX Detection with THz Spectroscopy", Journal of Infrared, Milimeter and Terahertz Waves, Springer Nature, vol. 31, 1171-1181, 2010.
- [6] R. A. Isbell & M. Q. Brewster, "Optical properties of RDX and HMX", Journal of materials research society, vol. 418, 85-90, 1996.
- [7] N. Palka, "THz Reflection Spectroscopy of Explosives Measured by Time Domain Spectroscopy", Acta physica polonica A, vol. 120, 713-715, 2011.