

UOT: 520.626

DOI: 10.34826/NAA.2022.24.2.003

TERAHERS ŞÜALARI VASİTƏSİ İLƏ PARTLAYICI MADDƏLƏRİN AŞKARLANMASINA BARYER MATERIALLARININ TƏSİRİ

Vəzirova T.N.

Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə kağız, poliestər və pambıq kimi baryer materiallarının plastik partlayıcı maddələrin terahers diapazonunda spektral pikinə təsiri araşdırılıb. Müəyyən edilib ki, RDX üçün 0.82 THs, PETN üçün 1.95 THs və HMX üçün 1.78 THs tezliklərində spektral piklərin təyin edilməsinə göstərilən materiallar maneə törətmir.

Terahers şüalarının generasiya və detektorlanma prosesində GaSe və InSe kristallarının istifadəsi və bu kristallar əsasında aviasiya təhlükəsizliyi məsələləri üçün tətbiq oluna bilən terahers spektrometrinin yaradılması mümkünlüyü göstərilir.

Açar sözlər: terahers şüalanma, partlayıcı maddələr, aviasiya təhlükəsizliyi, spektroskopiya, RDX, TNT, PETN, məsafədən aşkarlama.

Giriş.

Hal-hazırda aviasiya təhlükəsizliyi məsələlərinin təmin edilməsi üçün terahers spektroskopiyası və vizualizasiyası ilə bağlı texnologiyalara maraq artmaqdadır.

Bu marağı şərtləndirən üç əsas səbəb aşağıdakılardır:

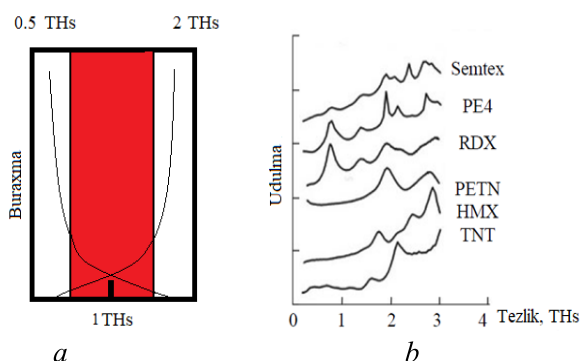
- Terahers şüalar gizlədilmiş silahları aşkar edə bilər, belə ki, bir çox qeyri-metal, qeyri-polyar materiallar terahers şüalar üçün şəffafdır;
- Partlayıcı maddə və narkotik kimi təhlükəli yüklər spektrin terahers oblastında xarakterik spektrə malikdir ki, bu da onların identifikasiyasında istifadə oluna bilər;
- Terahers şüalar insan sağlamlığına təhlükə törətmir və aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsində istifadə oluna bilər.

Məqalədə partlayıcı maddələrin və narkotiklərin məsafədən aşkarlanmasının əsas prinsipləri nəzərdən keçirilmişdir. Plastik partlayıcılar, “gübrə bombaları”, kimyəvi və bioloji zəhərləyici maddələr müəhazirə və terrorizm silahına çevrilir, narkotik maddələrin qanunsuz dövriyyəsi isə sistem təhlükə kimi inkişaf etməkdədir. Bununla əlaqədar olaraq, göstərilən təhlükələrin tez aşkarlanması və aradan qaldırılması üçün effektiv vasitələr tələb olunur.

Gizli təhlükələrin aşkarlanması üçün istifadə oluna biləcək müasir metodlardan biri terahers diapazonunun elektromaqnit dalğalarından istifadədir. Terahers spektroskopiyası metodları gizlədilmiş maddələrin 0.5-10 THs diapazonunda əks olunma və buraxma spektrlərinin identifikasiyası vasitəsi ilə onların aşkarlanmasına imkan verir. Bir çox partlayıcı maddələr (məs. C-4 (plastik partlayıcı), HMX (High Melting eXplosive-octogen), RDX (Research Department eXplosive-cyclonite - $C_3H_6N_6O_6$) və TNT (trinitroluene - trinitrotoluol - $CH_3C_6H_2(NO_2)_3$) və narkotik vasitələr (məs. methamphetamine - metamfetamin - $C_6H_5CH_2CH(CH_3)NH(CH_3)$) terahers spektrində geyim, sikkə və insan dərisi kimi digər materiallardan fərqlənən xüsusiyyətlərə malikdirlər. Terahers spektroskopiyasının istifadəsi ilə hətta plastik və kağız bağlamada, geyimin altında, baqajda və digər keçirici olmayan (qeyri-metal) materiallar vasitəsi ilə gizlədilmiş partlayıcı maddələri və narkotikləri aşkarlamaq mümkündür.

Məlum əks etmə terahers spektrlərini kalibrləyici spektrlərlə müqayisə etməklə partlayıcı maddələrin və ya narkotiklərin mövcudluğunu identifikasiya etmək və onları digər obyektlərdən ayırmaq olar.

[1] işində əsas partlayıcı maddələrin udma spektrləri verilmişdir. Şəkil 1b - dən göründüyü kimi hər bir partlayıcı maddə terahers spektral diapazonda özünəməxsus spektral udulma xətlərinə malikdir.

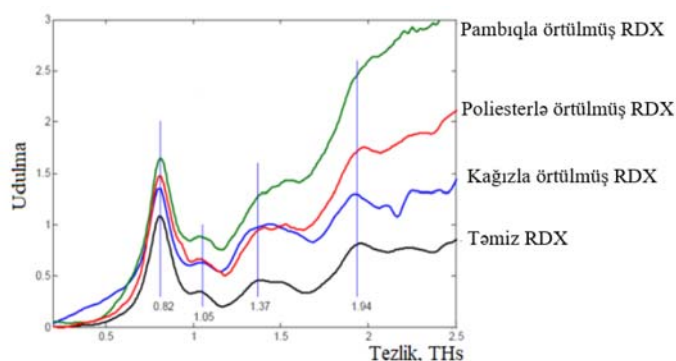


Şəkil 1. a) – partlayıcı maddələrin aşkarlanma spektral oblastı;
b) – əsas partlayıcı maddələrin terahers udulma spektri

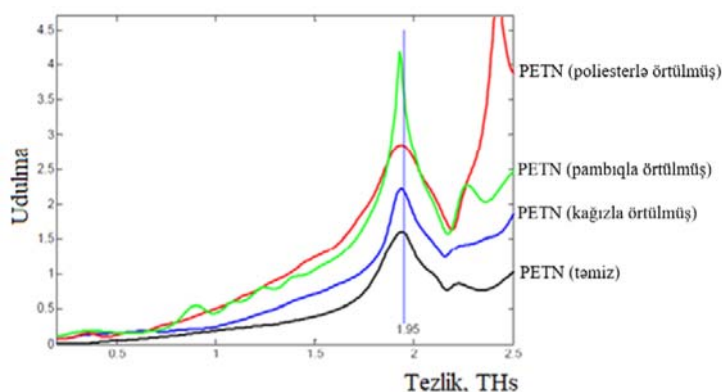
Real şərtlər daxilində partlayıcı maddələr bağlamada, geyimin altında və s. gizlədilə bilər. Təhlükəli maddələrin gizlədilməsi üçün istifadə edilən baryer materialları da özünəməxsus terahers buraxma spektrinə malik olurlar.

Məsələn, baryer materialı terahers şüalarını udaraq, onun “görə” bildiyi materialın maksimal qalınlığını məhdudlaşdırır. Həmçinin baryer material analoji udulma pikləri nümayiş etdirərək partlayıcı maddələrin və ya narkotiklərin spektral xarakteristikalarını “maskalaya” bilər.

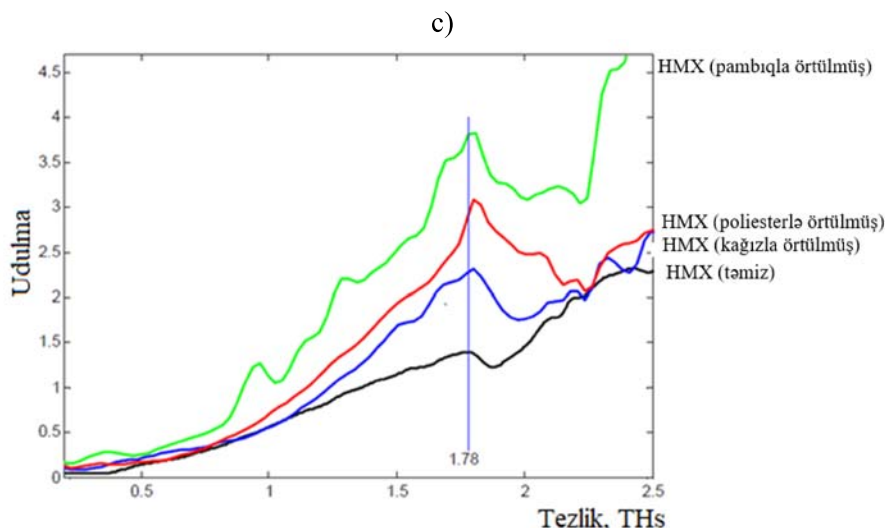
Terahers şüalanma oblastında spektral informasiyanın emalı zamanı baryer materiallarının əmələ gətirdiyi meyilmələri nəzərə almaq lazımdır. Bağlama üçün istifadə olunan materialların mövcudluğunun RDX, PETN və HMX nümunələrinin spektral pikinə təsirini müəyyən etmək üçün nümunələr müxtəlif udulma əmsalına malik üç baryer materialı: kağız, poliester və pambıqla örtülmüşdür (şəkil 2).



a) RDX nümunələrinin udulma spektri (təmiz və baryerlə örtülmüş)



b) PETN nümunələrinin udulma spektri (təmiz və baryerlə örtülmüş)

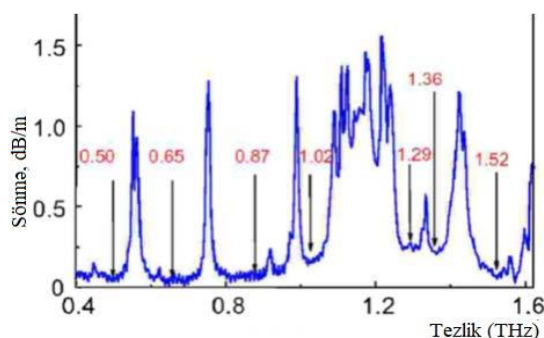


d) HMX nümunələrinin udulma spektri (təmiz və baryerlə örtülmüş)

Şəkil 2. Nümunələrin udulma spektrləri: a) RDX, b) PETN, c) HMX [2]

Ölçmə nəticələrinin müqayisəli analizi göstərir ki, baryer materiallarının mövcudluğu 1 – 2 THs diapazonunda gizlədilmiş partlayıcı maddələrin aşkarlanmasına maneə törətmir. RDX üçün 0.82 THs, PETN üçün 1.95 THs və HMX üçün 1.78 THs tezliklərində spektral piklər baryer materialları ilə udulmur.

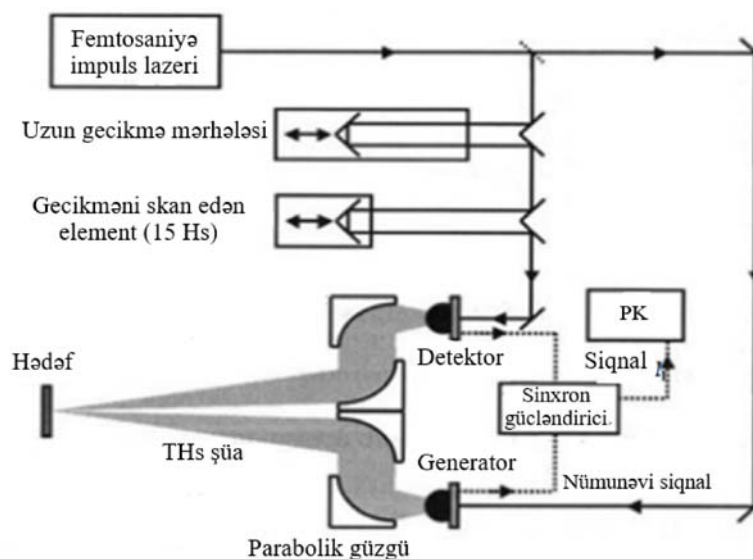
Məsafədən THs aşkarlama sistemi kiçik məsafədə (3 - 100m) atmosferdən şüaların yayılmasını təmin etməlidir. Şəkil 3 - də görüldüyü kimi müəyyən tezliklərdə terahers şüaları atmosfer tərəfindən udulur. Sinyalın ötürmə zolaqlarında terahers udulması tezlikdən asılıdır və tipik qiyməti 0,8 THs tezlikdə 50 dB/km təşkil edir. Məsafədən zondlayıcı sistem bu ötürmə zolaqlarına sazlanmalıdır ki, terahers şüalarının atmosferlə uducu itkilərini minimallaşdırmaq mümkün olsun.



Şəkil 3. Terahers tezlik diapazonunda atmosferin buraxma zolaqları (şəffaflıq pəncərələri)

Şəkil 4 - də partlayıcı maddələrin məsafədən aşkarlanması üçün terahers sistemi verilmişdir. Bu sistemin iş prinsipi aşağıdakı kimidir: işıqbölücü lövhə vasitəsi ilə lazer şüası bölünür və bu şüalardan biri (zondlayıcı) fotokeçirici antenaya düşərək terahers şüalarını generasiya edir, digəri (nümunəvi) isə obyektə düşən terahers şüalarını detektə etmək üçün istifadə olunur.

Tədqiqatlarımız zamanı GaSe və InSe kristallarında terahers impuls alınmışdır. Aparılmış təcrübə nəticələri göstərir ki, InSe kristalları terahers dalğalarının generasiyası və detektə olunması üçün yaxşı material hesab olunan GaSe kimi geniş spektral diapazonda terahers şüaları üçün yaxşı generasiya mənbəyidir. InSe kristallarının həssaslığı ölçmələrin bütün spektral diapazonunda GaSe kristallarının həssaslığından geri qalmır [3]. Həmçinin, qeyd etmək lazımdır ki, kristalın optik oxuna müxtəlif bucaq altında düşən terahers dalğalarının ölçmələri göstərdi ki, hər iki kristal (GaSe və InSe) bu oblasda maksimum həssaslıq nümayiş etdirir. Bu isə göstərilən kristalların terahers şüaları detektoru kimi istifadəsinin mümkünlüyünü təyin etməyə imkan verir.



Şəkil 4. Partlayıcı maddələr üçün məsafədən aşkarlama terahers sistemi (stand-of)

Nəticə. Yuxarıda qeyd olunanlardan belə nəticəyə gəlmək olar ki, terahers şüalanma gizlədilmiş təhlükəli maddələrin aşkarlanması üçün kifayət qədər üstün xüsusiyyətlərə malikdir və aviasiya təhlükəsizliyinin təmini üçün, yəni gizlədilmiş partlayıcı maddələrin və ya narkotiklərin aşkarlanması üçün GaSe və InSe kristallarının əsasında spektrometr yaratmaq mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Michael C. Kemp, "Millimetre wave and terahertz technology for the detection of concealed threats: a review," Proc. SPIE 6402, Optics and Photonics for Counterterrorism and Crime Fighting II, 64020D (28 September 2006); doi:10.1117/12.692612.
2. Palka N., Trzcinski T., Szustakowski M., Zagrajek P., "Influence of packaging on spectra of materials in THz range," Proc. SPIE 7837, Millimetre Wave and Terahertz Sensors and Technology III, 78370M (12 October 2010); doi: 10.1117/12.864551.
3. Bədəlov A.Z., İsmayılov N.M., Vəzirova T.N., GaSe və InSe kristalları ilə terahers dalğalarının şüalanması və qəbulu, Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi Əsərlər, Bakı, 2018, №2, s. 84-91.
4. Vəzirova T.N., Aviasiya təhlükəsizliyi məsələlərində terahers spektroskopiyadan istifadə, Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi Məcmuələr, Bakı, 2019, № 4, səh. 40-45.
5. Leahy-Hoppa M.R., Fitch M.J., Zheng X., Hayden L.M., Osiander R., Wideband terahertz spectroscopy of explosives, Chemical Physics Letters 434 (2007) 227-230.

REFERENCES

1. Michael C. Kemp, "Millimetre wave and terahertz technology for the detection of concealed threats: a review," Proc. SPIE 6402, Optics and Photonics for Counterterrorism and Crime Fighting II, 64020D (28 September 2006); doi:10.1117/12.692612.
2. Palka N., Trzcinski T., Szustakowski M., Zagrajek P., "Influence of packaging on spectra of materials in THz range," Proc. SPIE 7837, Millimetre Wave and Terahertz Sensors and Technology III, 78370M (12 October 2010); doi: 10.1117/12.864551.
3. Badalov A.Z., Ismayilov N.M., VEzirova T.N., GaSe və InSe kristallari ile terahers dalğalarının şüalanmasi ve qebulu, Milli Aviasiya Akademiyasi, Elmi Eserler, Baki, 2018, №2, s. 84-91.
4. Vezirova T.N., Aviasiya tehlikesizliyi meselelerinde terahers spektroskopiyadan istifade, Milli Aviasiya Akademiyasi, Elmi Məcmuələr, Baku, 2019, № 4, sah. 40-45.

5. Leahy-Hoppa M.R., Fitch M.J., Zheng X., Hayden L.M., Osiander R., Wideband terahertz spectroscopy of explosives, Chemical Physics Letters 434 (2007) 227=230.

**ВЛИЯНИЕ БАРЬЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОБНАРУЖЕНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ
ВЕЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ЛУЧЕЙ**

Везирова Т.Н.

Национальная Академия Авиации

В статье исследуется влияние барьерных материалов, таких как бумага, полиэстер и хлопок, на спектральные пики в терагерцовом диапазоне пластических взрывчатых веществ, и обнаружено, что указанные материалы не мешают определению спектральных пиков при 0,82 THs для RDX, 1,95 THs для PENT, и 1,78 THs для HMX. В статье также показано использование кристаллов GaSe и InSe для генерации и регистрации терагерцового излучения, а также возможность создания на основе этих кристаллов терагерцового спектрометра, который может быть использован для решения вопросов авиационной безопасности.

Ключевые слова: терагерцовое излучение, взрывчатые вещества, авиационная безопасность, спектроскопия, RDX, PENT, HMX, дистанционное обнаружение.

**IMPACT OF BARRIER MATERIALS ON DETECTION OF EXPLOSIVE SUBSTANCES
WITH THE TERAHERTZ RADIATION**

Vazirova T.N.

National Aviation Academy

The article investigates the effect of barrier materials such as paper, polyester and cotton on the spectral peak of plastic explosives in the terahertz range and determines that these materials do not interfere with the determination of spectral peaks at the level of 0.82 THs for RDX explosives, 1.95 THs for heating elements and 1.78 tln for HMX. The article also shows the use of GaSe and InSe crystals for the generation and detection of terahertz radiation and the possibility of creating a terahertz spectrometer based on them, which can be used to solve aviation safety issues.

Keywords: terahertz radiation, explosives, aviation security, spectroscopy, RDX, PENT, HMX, stand off.

Rəyçi: t.e.d., prof. X.İ. Abdullayev

Müəllif haqqında məlumat:

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Vəzirova Turanə Natiq qızı	Milli Aviasiya Akademiyası	"Aerokosmik cihazlar" kafedrasının müəllimi	turana.musa-zade@yandex.com mob: (+994) 55 366 98 11