

„SZTUCZNY... NOS”?

Wykrywanie improwizowanych ładunków i urządzeń wybuchowych jest kluczowym zagadnieniem w walce z terroryzmem. Powszechnie dostępne technologie oparte są głównie na obrazowaniu broni i ładunków ukrytych na środkach transportu, w bagażu, czy pod ubraniem. Jak wiadomo, psy są w stanie wykryć nawet śladowe ilości materiałów wybuchowych. Prace związane z wykrywaniem materiałów i opracowaniem „sztucznego nosa”, prowadzone w kierowanym przez prof. Zbigniewa Bieleckiego zespole badawczym Instytutu Optoelektroniki WAT, przyniosły efekty w postaci opracowania innowacyjnych sensorów. O pomyśle i sztuce wykrywania tlenków azotu metodą spektroskopii strat we wnęce optycznej, z głównym wykonawcą sensorów mjr. Jackiem Wojtasem rozmawia Renata Radzikowska.

Opracowany w IOE WAT sensor optoelektroniczny pracuje w oparciu o metodę spektroskopii strat we wnęce optycznej. Brzmi to dość skomplikowanie. Proszę wyjaśnić, na czym polega ta metoda?

Jest to jedna z najczulszych i najnowocześniejszych metod służących do wykrywania śladowych ilości materii. Stosuje się w niej lasery, wnęki optyczne oraz niskoszumowe fotoodbiorniki o dużej czułości. Warto w tym miejscu wyjaśnić, czym jest tego rodzaju wnęka. Otóż, jest ona zbudowana z dwóch wklęsłych i oddalonych od siebie zwierciadeł charakteryzujących się bardzo dużym współczynnikiem odbicia. Promieniowanie laserowe jest wprowadzane do takiej wnęki, gdzie ulega ono wielokrotnym odbiciom i pokonuje drogę (tzw. drogę optyczną) rzędu kilku lub nawet kilkunastu kilometrów w czasie kilkudziesięciu mikrosekund. Jeśli długość fali promieniowania zastosowanego lasera jest dopasowana do

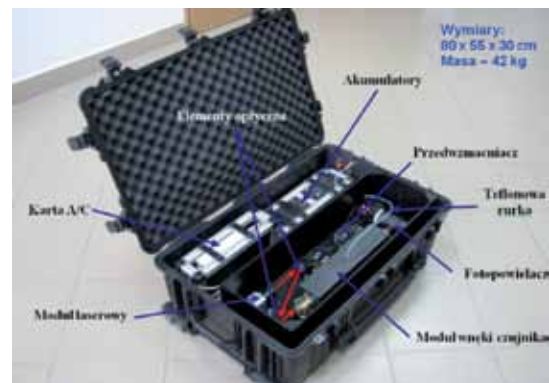
charakterystycznego dla badanego gazu pasma absorpcji, wówczas, po wprowadzeniu tego gazu do wnęki optycznej, droga optyczna oraz związany z nią czas zaniku promieniowania ulegają skróceniu.

Jak skuteczna jest metoda, o której mowa, w porównaniu z innymi współcześnie stosowanymi?

Metoda ta posiada ogromny potencjał w zakresie wykrywania i monitorowania składników w fazie gazowej. Sensory charakteryzują się bardzo dużą czułością ($> 10^{-9} \text{cm}^{-1}$, co odpowiada ułomkom ppb dla NO_2) oraz selektywnością, trudną do uzyskania innymi metodami. Skrót ppb oznacza, że wykrywana jest jedna cząsteczka badanego gazu w miliardzie innych. Co więcej, w omawianej metodzie został zminimalizowany niekorzystny wpływ innych związków chemicznych oraz zmniejszona niepewność pomiaru otrzymywanych wyników. Warto również podkreślić, że w odróżnieniu od metod zdalnych, pomiary odbywają się w miejscu pobrania próbki, jednak charakteryzują się znacznie większymi czułościami.

W jaki sposób państwa sensory wykrywają materiały wybuchowe?

Z chemicznego punktu widzenia większość stosowanych materiałów wybuchowych (MW) to organiczne związki nitrowe zawierające cząsteczki NO_2 (ditlenku azotu). Termiczny rozkład w fazie gazowej większości MW skutkuje uwolnieniem tlenków azotu. W przypadku nitrogliceryny oraz PETN otrzymuje się głównie NO_2 , w przypadku TNT jest to NO_2 i NO (tlenek azotu), natomiast RDX oraz HMX wytwarzają NO_2 i N_2O (podtlenek azotu). Opracowany w naszym zespole sensor ditlenku azotu znakomicie wykrywa materiały wybuchowe na bazie nitrogliceryny oraz saletry amonowej. W ubiegłym roku sukcesem zakończyły się testy sensora prze-



Sensor ditlenku azotu

prowadzone w kopalni soli na głębokości ponad 1100 m. Były one zrealizowane na zaproszenie KGHM. Inne materiały wybuchowe (MW) charakteryzują się znacznie mniejszą prężnością par i do ich wykrywania opracowaliśmy dwa dodatkowe sensory: tlenku azotu oraz podtlenku azotu, a także specjalny układ do zateżniania par MW oraz ich termicznej dekompozycji.

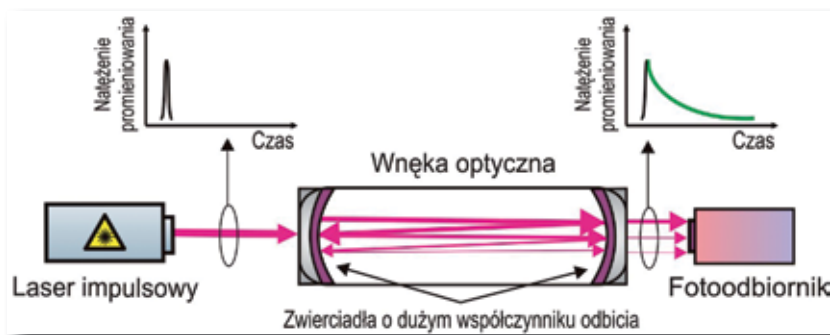
Czy wszystkie materiały wybuchowe emitują pary? Czy możliwe jest opracowanie takiego materiału, który nie mógłby być wykryty nawet bardzo czułym sensorem?

Obecnie do wykrywania ładunków wybuchowych najczęściej stosuje się techniki obrazowania (np. wykorzystujące promieniowanie rentgenowskie lub terahercowe, radary, kamery termowizyjne) oraz sensory par MW. Pierwsze z nich opierają się na analizie obrazu, np. identyfikacji określonych kształtów lub obiektów itp. W drugiej grupie sensorów do ich wykrycia niezbędna jest określona ilość uwolnionych cząsteczek MW. W obliczu coraz bardziej wyrafinowanych konstrukcji, tzw. improwizowanych ładunków wybuchowych (ang. *Improvised Explosive Device* – IED), przypominających kształtem np. paczkę papierosów, z hermetycznie zamkniętym MW, żadna z wymienionych technik nie jest doskonała. Dlatego w wielu rozwiązaniach dąży się do ich integracji oraz opracowuje się inne metody, np. służące do wykrywania złącz w półprzewodnikach lub do neutralizacji za pomocą silnego pola elektromagnetycznego.

Co to jest czułość sensora, jak ją należy rozumieć?

Najprościej mówiąc, czułość (lub limit detekcji) w naszych sensorach określa się jako najmniejszą liczbę cząsteczek danego gazu (koncentracja graniczna), przy której widoczna jest absorpcja.

Czy działanie sensora jest równie efektywne w różnym środowisku i klimacie?



Uproszczona zasada działania sensora

Dotychczas opracowaliśmy wiele urządzeń, które minimalizują wpływ środowiska zewnętrznego na parametry naszych sensorów. Na przykład sensor ditlenku azotu przystosowany jest do działania w naszym klimacie, ale bez żadnych modyfikacji znakomicie sprawdził się również w kopalni, gdzie warunki są całkowicie odmienne. Nie ma większych przeszkód, aby tego typu sensory mogły być przystosowane do działania np. w Afganistanie.

Jakie są pomysły na praktyczne zastosowanie i wykorzystanie sensora w warunkach bojowych?

Opracowywane przez nas sensory tlenu azotu mogą być montowane na różnych pojazdach, także zdalnie sterowanych. Są wyposażone w zasilanie akumulatorowe, umożliwiają zautomatyzowany, szybki i ciągły pomiar koncentracji gazów (np. co 30 s). Jeden z naszych sensorów jest dodatkowo wyposażony w moduł transmisji danych (GSM) i dzięki temu możliwe jest przesyłanie wyników pomiarów na dużą odległość (ograniczoną w tym przypadku zasięgiem sieci GSM). W niektórych rozwiązaniach możliwe jest dostarczanie badanej próbki do sensora za pomocą specjalnie skonstruowanego urządzenia służącego do gromadzenia i jednocześnie zateżania (prace w etapie końcowym).

Sensor, o którym mówimy, to interesujące rozwiązanie. Ale czy tylko dla wojska? Jak jeszcze można wykorzystać urządzenie tego typu?

Ze względu na dużą czułość, sensory tego typu mogą znaleźć zastosowanie w ochronie środowiska, do monitoringu skażeń i zanieczyszczeń atmosfery, w zakresie obronności i bezpieczeństwa państwa oraz w medycynie. W przypadku działań związanych z bezpieczeństwem, optoelek-

troniczne sensory mogą stanowić skuteczne narzędzie w ochronie ważnych obiektów, np. budynków, pojazdów, kontenerów, lotnisk, portów itp. Na przykład dzięki badaniu powietrza w szybach wentylacyjnych budynków, w systemach nawiewu samolotów i pojazdów, istnieje możliwość zapobiegania celowemu wprowadzeniu szkodliwych substancji (także trujących). Sensory dają możliwość przeprowadzenia szybkiej analizy podejrzanych przedmiotów zarówno na etapie działań prewencyjnych (przed zdarzeniem), jak i śledczych (po zdarzeniu).

a)



b)



Panele oprogramowania sensora: pomiarowy (a) oraz do obsługi transmisji GSM (b)

A zastosowania medyczne, o których Pan wspominał to...?

W medycynie tego typu sensory można stosować do analizy oddechu, co jest

szczególnie przydatne w badaniach przesiewowych, do wczesnego wykrywania zmian chorobotwórczych, np. tlenek azotu jest tzw. biomarkerem astmy. Stosowana przez nas technika umożliwia opracowanie wysokoczułych sensorów innych związków chemicznych, np. tlenku i dwutlenku węgla, formaldehydu, pentanu, acetonu, amoniaku, siarczku karbonylowego itp. Są one kojarzone z takimi chorobami, jak rak piersi, cukrzyca, choroby żołądka, dwunastnicy i wątroby oraz z odrzuceniem przeszczepu. Co więcej, nasze urządzenia mogą być stosowane w badaniach w bardzo specyficznych warunkach, w monitorowaniu terapii (także podczas snu), monitorowaniu gazów egzogennych (emisji bakteryjnych lub trucizn), czy analizie gazów metabolicznych. Ich zasadnicze zalety to: nieinwazyjność (brak konieczności przeprowadzania punkcji, wprowadzania instrumentów kontrolno-pomiarowych do organizmu, używania kontrastów itp.), prostota użytkowania (brak konieczności przechowywania i transportu próbki oraz przygotowania ich do analizy), możliwość wielokrotnego użycia, pomiary w czasie rzeczywistym, brak dodatkowych uciążliwości dla pacjentów (szczególnie istotne dla dzieci i starszych osób), możliwość wykrycia zmian chorobotwórczych na poziomie molekularnym oraz prosta obsługa tego rodzaju urządzeń w porównaniu do innych metod stosowanych powszechnie w medycynie.

Zainteresowanych tematem zapraszamy na stronę [www \(http://zdso.wat.edu.pl/\)](http://zdso.wat.edu.pl/) i do zapoznania się z publikacjami na temat opracowywanych sensorów, np. „Optoelektroniczny sensor ditlenku azotu – analiza i wymagania konstrukcyjne” – praca zbiorowa pod redakcją Zbigniewa Bieleckiego i Tadeusza Stacewicza.

Mjr dr inż. Jacek WOJTAS jest specjalistą w dziedzinie detekcji sygnałów optycznych, metrologii optoelektronicznej, optoelektronicznych sensorów niebezpiecznych gazów i materiałów wybuchowych. W 2002 r. ukończył studia z pierwszą lokatą na Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej. W 2007 r. obronił rozprawę doktorską, która była podsumowaniem dorobku naukowego w zakresie detekcji śladowych stężeń gazów. Prowadzi zajęcia dydaktyczne z zakresu podstaw optoelektroniki, detekcji i przetwarzania sygnałów optycznych oraz pełni funkcję opiekuna sekcji optoelektronicznej koła naukowego studentów WAT. Za osiągnięcia naukowe zdobywał liczne wyróżnienia i nagrody, m.in. wyróżnienie i Nagrodę II stopnia Ministra Obrony Narodowej. Jego dorobek naukowy obejmuje ponad 120 publikacji naukowych oraz 2 zgłoszenia patentowe.

