

Optoelektroniczne systemy wykrywania skażeń powietrza i powierzchni w szpitalach

M. Kaliszewski¹, M. Włodarski¹, J. Młyńczak¹, M. Mularczyk-Oliwa¹,
A. Bombalska¹, J. Mierczyk¹, E. A. Trafny², K. Kopczyński¹

¹Institu Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa,

²Centrum Inżynierii Biomedycznej, Wojskowa Akademia Techniczna, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa,
e-mail: krzysztof.kopczynski@wat.edu.pl

Wstęp

Rozwój cywilizacji, ciągły wzrost zagrożeń bakteriologicznych wymusza potrzebę rozwoju nowych technik szybkiego wykrywania drobnoustrojów chorobotwórczych skażających powierzchnie, wodę i powietrze, w środowisku życia człowieka.

Obecnie najczęściej stosowanymi metodami wykrywania i identyfikacji drobnoustrojów są metody polegające na ich namnażaniu na odpowiednich pożywkach mikrobiologicznych oraz ich identyfikacja za pomocą technik molekularnych. Pomimo bardzo wysokiej wiarygodności wyniku, metody te są pracochłonne, a w pobieranych próbkach nie zawsze znajduje się poszukiwany materiał biologiczny.

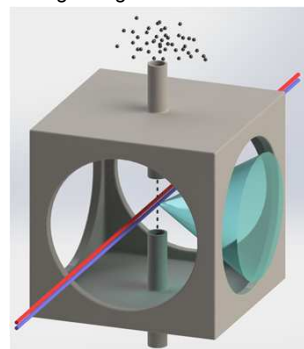
Jedną z metod umożliwiających wykrywanie potencjalnych skażeń biologicznych jest laserowo wzbudzona fluorescencja (LIF – Laser Induced Fluorescence). Wykorzystuje ona zdolność niektórych substancji do emisji światła po uprzednim zaabsorbowaniu promieniowania – najczęściej z zakresu ultrafioletu (UV). Właściwość tę wykazują niektóre związki chemiczne między innymi naturalne składniki żywych organizmów takie jak białka, witaminy i porfiryny.

W Instytucie Optoelektroniki WAT od dekady prowadzone są liczne prace badawcze i wdrożeniowe nad systemami do szybkiej detekcji skażeń biologicznych zarówno na potrzeby użytku wojskowego jak i cywilnego. W ramach niniejszego projektu opracowane zostały optoelektroniczne systemy do wykrywania potencjalnych źródeł skażeń szpitalnych.

Materiały i metody

Wstępne badania fluorescencji materiałów biologicznych przeprowadzono na spektrofлуориметrze FL 900 firmy Edinburgh Instruments. W pierwszym etapie wyznaczone zostały charakterystyki wzbudzeniowo-emisyjne. W oparciu o uzyskane wyniki możliwa była optymalizacja doboru długości fali wzbudzenia i zakresów pomiaru emisji promieniowania, tak aby możliwe było odróżnianie drobnoustrojów od innych cząstek pochodzenia biologicznego.

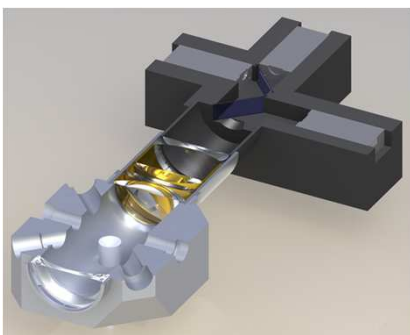
W ramach realizowanego projektu w IOE WAT opracowane zostały urządzenia optoelektroniczne umożliwiające szybką detekcję materiału biologicznego.



Wykrywanie pojedynczych cząstek biologicznych w powietrzu

Aerozol zasysany jest z otoczenia. Wewnątrz komory pomiarowej następuje interakcja pomiędzy promieniowaniem laserowym, a cząstkami przepływającymi w postaci zogniskowanego strumienia aerozolu.

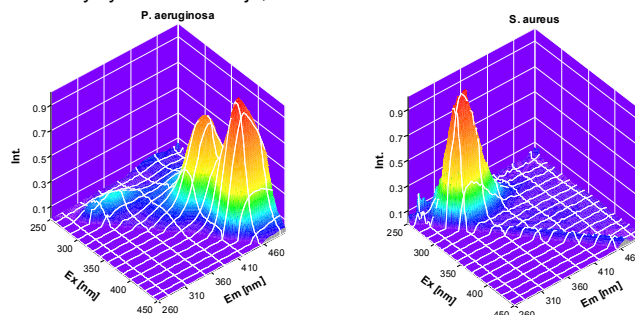
Przekrój komory i optycznego układu detekcji fluorescencji



Promieniowanie rozproszone oraz fluorescencja wzbudzona na pojedynczych cząstkach rejestrowane są przy pomocy fotodetektorów. W ten sposób każda cząstka znajdująca się w obrębie wiązki lasera zostaje zarejestrowana i scharakteryzowana pod względem wielkości i fluorescencji.

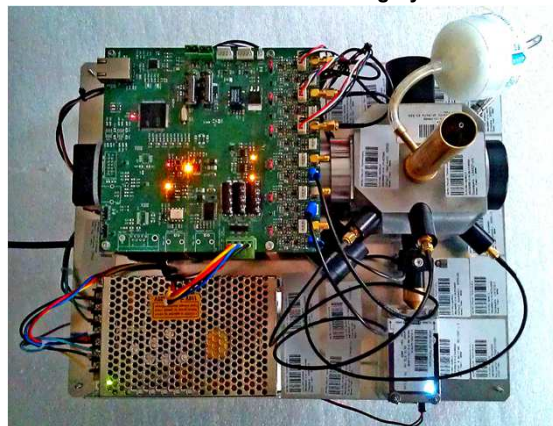
Wyniki

Poniżej przedstawione zostały przykładowe mapy wzbudzeniowo-emisyjne dla *P. aeruginosa* i *S. aureus*. Obie bakterie wykazują zróżnicowane charakterystyki fluorescencji, co umożliwia ich odróżnianie.



Każda cząstka znajdująca się w zogniskowanym strumieniu powietrza jest oświetlona najpierw wiązką lasera o długości fali 1550 nm. Rozproszone promieniowanie detekowane jest przy pomocy trzech fotodiód umieszczonych pod kątami 30, 60 i 90 stopni względem wiązki lasera. Zarejestrowane sygnały służą do wyznaczenia wielkości cząstki. Następnie cząstka zostaje oświetlona laserem 375 nm. Uzyskany sygnał fluorescencji detekowany jest przez trzy fotopowielacze rejestrujące sygnały w trzech zakresach fluorescencji.

Widok biodetektora z góry



Urządzenie wyposażone jest w dedykowany układ elektroniczny umożliwiający jednoczesne rejestrowanie sygnałów ze wszystkich detektorów z częstotliwością 300 kHz. Dane przesyłane są poprzez sieć Ethernet do komputera gdzie są analizowane w czasie rzeczywistym. Wykrycie zwiększonego stężenia cząstek biologicznych o określonej charakterystyce fluorescencyjnej skutkuje wyświetleniem okna alarmowego na ekranie komputera.

Wnioski

Zaletą urządzeń opartych na LIF jest możliwość pracy w sposób ciągły bez użycia dodatkowych odczynników chemicznych. W powiązaniu z algorytmami do analizy danych możliwy jest stały monitoring otoczenia. Wykorzystanie laserowo wzbudzonej fluorescencji w urządzeniach do stałego monitoringu czystości mikrobiologicznej sal operacyjnych, może znacząco obniżyć ryzyko rozprzestrzeniania chorobotwórczych drobnoustrojów i wpłynąć na bezpieczeństwo obywateli.