

Terahercowe metapowierzchnie dla detekcji wirusów i innych substancji biologicznych

Projekt ma na celu zrealizowanie całościowego systemu wykrywania materii biologicznej. Naszym zadaniem jest zbadanie możliwości wykrywania śladowych ilości cząsteczek biologicznych takich jak na przykład wirusy i białka za pomocą metapowierzchni, używając promieniowania terahercowego.

Dlaczego? Choroba wywołana koronawirusem z 2019 roku (**COVID-19**) jest nową zakaźną chorobą wśród ludzi i wywoływana jest przez koronawirusa (SARS-CoV-2). Ponieważ właściwie do tej pory nie jest dostępny żaden lek bądź szczepionka, to dla opanowania epidemii ważne jest wczesne wykrycie infekcji i późniejsze monitorowanie. Dlatego ważne jest podjęcie badań proponowanych w projekcie, ponieważ mają one na celu wykrywanie wirusów. Metapowierzchnie działające w zakresie terahercowym (THz) są nową alternatywą w tym zakresie, ponieważ już pokazały wielki potencjał w szybkim i na miejscu wykrywaniu mikroorganizmów. Być może obecna epidemia nie zostanie opanowana używając takich biodetektorów, ale badania podstawowe przeprowadzone w ramach projektu będą na pewno pomocne w przypadku kolejnej pandemii, wywołanej jakimś innym wirusem bądź bakterią. Natychmiastowy test oddechu miałby wielkie znaczenie dla podróży lotniczych, z ponownie otwartymi granicami i pasażerami obowiązkowo testowanymi przed lotem.

Dlaczego promieniowanie terahercowe?

Wykrywanie materii biologicznej takiej jak wirusy, białka i inne jest kluczowe dla nauk o życiu, szczególnie biologii, biomedycyny i przemysłu farmaceutycznego. Zakres terahercowy znajduje się pomiędzy światłem podczerwonym a mikrofalami. Ma on bardzo zachęcające właściwości dla zastosowań w wykrywaniu materii biologicznej, ponieważ ma interesujące właściwości, takie jak bycie promieniowaniem nie jonizującym i czułym na słabe oddziaływania. **Pochłanianie promieni THz** w układach cząsteczkowych i biocząsteczkowych jest zdominowane przez wzbudzenia tych cząsteczek i dlatego **jest ważne w wykrywaniu cząsteczek i biocząsteczek.**

Co? Metamateriał (*meta* znaczy poza) jest to każdy wytworzony materiał, którego właściwości nie występują w naturalnie znajdujących materiałach. Metamateriały wywodzą swoje właściwości nie z właściwości wyjściowego materiału, ale z nowo powstałych struktur. Ich precyzyjny kształt, geometria, rozmiar, orientacja i ułożenie dają im „mądre” właściwości dzięki którym kierują falą elektromagnetyczną: poprzez blokowanie, absorpcję, wzmocnienie lub zakrzywienie fal, by otrzymać korzyści, które wychodzą poza możliwości standardowych materiałów.

Metapowierzchnia jest to dwuwymiarowy metamateriał (cienka warstwa metamateriału), będący okresową matrycą elementów rozpraszających, których rozmiar i okres są małe w porównaniu do fali elektromagnetycznej przy której pracują. Główne zalety metapowierzchni w porównaniu do obecnych standardowych technologii to ich niska cena wytworzenia, niska absorpcja w porównaniu do grubych metamateriałów oraz łatwość zespolenia z powodu cienkiego wymiaru. W dodatku do ekscytujących realizacji wspomnianych wcześniej, metapowierzchnie wyłaniają się jako rewolucyjne materiały w poszukiwaniu ultraczułych wykrywaczy w całym zakresie widma elektromagnetycznego, ale ze specjalnym znaczeniem w częstotliwościach THz. Kluczową ideą stojącą za tym wykrywaczem jest by wytworzyć (zwykle metaliczne) wzory z małymi detalami (przerwy lub płaszczyzny), które by wygenerowały silne skupienie pola w określonych miejscach pod wpływem zewnętrznego oświetlenia. Te intensywne skupienia pola zwiększają oddziaływanie światła z badaną materią, dając silną zmianę w widmowej odpowiedzi.

Biosensory z metapowierzchniami były niezbędne dla pokonania największego problemu w terahercowym wykrywaniu substancji biologicznych, którym jest przepaść pomiędzy typowymi rozmiarami mikroorganizmów ($\approx 1 \mu\text{m}$) a długością fali w THz (≈ 30 do $1000 \mu\text{m}$), czyniąca to promieniowanie nieczułym dla małych szczegółów. Biosensory takie obiecują pokonanie tych trudności dzięki wręcz niesłychanej wolności co do wytwarzania odpowiednich części metapowierzchni. **Wykrywanie za pomocą terahercowych metapowierzchni daje nie tylko większy sygnał, ale jest też łatwe w użyciu**, które przyciąga uwagę badaczy z różnych dziedzin.

Jak wspomnieliśmy wykrywanie za pomocą THz śladowych ilości substancji w tym biocząsteczek jest obiecujące, ponieważ mają one bogate ślady widmowe w tym zakresie elektromagnetycznym, jednakże zwiększenie czułości pozostaje wyzwaniem, częściowo ze względu na ograniczenia terahercowych źródeł i detektorów. W związku z tym w tym samym czasie w projekcie chcemy się odnieść do problemu ograniczeń źródeł i detektorów teraherców poprzez skonstruowanie samodzielnie pary detektor – źródło THz, wspierając się detektorami i źródłami na tranzystorach polowych pracujących na wzbudzeniach plazmowych.