

“Badanie gigahercowych fononów akustycznych w metamateriałach akusto-plazmonicznych w dziedzinie czasu i pędu. (TM-RAM)” – Thomas Vasileiadis.

Współcześnie stosowane rozwiązania komunikacyjne typu 5G, Internet Rzeczy, pojazdy autonomiczne, czy nowoczesne platformy komunikacyjne stosowane w biznesie (telekonferencje) i medycynie (teleporady), wymagają szybkiego odczytu, przetwarzania i przesyłu danych. Metoda działania urządzeń umożliwiających przetwarzanie sygnału opiera się w głównej mierze na przekształceniu fal elektromagnetycznych o częstotliwościach z zakresu gigaherców (częstotliwości radiowe RF) na fale akustyczne (fonony) przy pomocy impulsów napięciowych. Przekształcenie to, możliwe jest dzięki wykorzystaniu przetworników metalicznych i kryształów piezoelektrycznych. Generowane fale akustyczne charakteryzują się 10^5 razy mniejszą szybkością niż fale elektromagnetyczne, dzięki czemu sygnał z zakresu fal radiowych może być przekonwertowany na fonony o znacznie krótszych długościach fali (około mikrometra), umożliwiając tym samym znaczącą miniaturyzację urządzeń, które mogą być wykorzystywane do filtrowania i modulacji przesyłanych sygnałów.

Obserwowane obecnie zapotrzebowanie na wzrost szybkości bezprzewodowego przesyłu danych jak również intensywny rozwój nauki o częstotliwościach terahercowych i technologii fotonicznych, wymuszają przetwarzanie sygnałów charakteryzujących o częstotliwościach od kilku do kilkuset gigaherców. Generowanie fononów o takich częstotliwościach, bez dodatkowego skracania długości fali, jest możliwy dzięki ograniczeniem przestrzennym ośrodka do skali sub-mikrometrowej.

W związku z wzrastającą częstotliwością operacyjną i miniaturyzacją powszechnie stosowanych układów elektronicznych, przewiduje się, że w najbliższym czasie tradycyjne przetworniki metaliczne oraz elementy piezoelektryczne zastąpione zostaną przez ultracienkie nanostruktury metaliczne bądź półprzewodnikowe. Stosowanie ultracienkich nanostruktur metalicznych wiąże się z występowaniem oscylacji ładunku elektrycznego, zwanych plazmonami, natomiast w przypadku struktur półprzewodnikowych mamy do czynienia z fononami akustycznymi, zwanymi również jako akustyczne fale Lamba. Wprowadzenie **sprzężenia pomiędzy plazmonami a falami Lamba może stwarzać możliwość konstrukcji nowej generacji urządzeń do przetwarzania danych, a można to osiągnąć poprzez zastosowanie tzw. akusto-plazmonicznych metamateriałów.**

Materiały i urządzenia charakteryzujące się właściwościami akusto-plazmonicznymi działają w reżimie nierównowagi termodynamicznej, co oznacza, że w układzie zamiast drgań termicznych, występują dobrze zdefiniowane (spójne) nietermiczne fonony akustyczne. W celu zaobserwowania potencjalnie użytecznych (lecz krótkotrwałych) nietermicznych fal Lamba w foto-wzbudzonym metamateriale akusto-plazmonicznym wymagane są pomiary z rozdzielczością czasową wynoszącą co najmniej jedną nanosekundę. Dodatkowo, aby w pełni zrozumieć interakcje fal Lamba, konieczne jest dokonanie pomiaru ich długości oraz pędu. Związek pomiędzy częstotliwością i wektorem falowym, zwany strukturą pasmową, umożliwia określenie prędkości, symetrii oraz zrozumienie występujących w układzie oddziaływań fal Lamba. Niezwykle interesującą właściwością tych fal jest możliwość modulacji ich częstotliwości i pędu (kierunku) wiązką lasera skierowaną na materiał. W procesie tym powstają niewielkie przesunięcia częstotliwości wiązki padającej, zwane Brillouinowskim rozpraszaniem światła (BLS), które można rejestrować za pomocą spektrometrów interferometrycznych. **Celem projektu jest zbadanie zmiennych struktur pasmowych i nietermicznych populacji fal Lamba w membranach akusto-plazmonicznych przy użyciu pomiarów Brillouinowskiego rozpraszania światła w czasie i w zależności od pędu.**

Cel projektu zostanie osiągnięty poprzez: (1) obliczenia numeryczne by zaprojektować metaliczno-półprzewodnikowe metamateriały akusto-plazmoniczne o strukturze membranowej, (2) wytworzenie zaprojektowanych układów przy wykorzystaniu litografii wiązek elektronowych, (3) pomiary BLS fal Lamba w zależności od wektora falowego, jak również (4) pomiary, wytworzonych układów w oparciu o impulsowe wzbudzenia przy użyciu wiązki laserowej w połączeniu z pomiarami BLS, zależności czasowych. Ponadto, (5) przeprowadzone będą teoretyczne badania plazmonów, fal Lamba i ich sprzężenia.

Badania umożliwią (1) zaprojektowanie i wytworzenie krystalicznych macierzy nanostruktur plazmonicznych na półprzewodnikowych membranach do wykorzystania jako przetworniki sygnałów o wysokiej częstotliwości, (2) demonstrację plazmonicznego wzmocnienia Brillouinowskiego rozpraszania światła, (3) obserwację lokalnego wzbudzenia nietermicznych fal Lamba oraz zbadanie zaniku i termalizacji tego typu fal. **Dzięki przeprowadzonym badaniom możliwe będzie określenie sposobu na zwiększenie wydajności układów akusto-plazmonicznych, maksymalizując transfer energii z plazmonów do fal Lamba oraz minimalizując lub opóźniając powstawanie strat cieplnych.**