

Współczesne technologie informacyjne i komunikacyjne dążą do zagospodarowania ostatniego niewykorzystanego do tej pory pasma częstotliwości - pasma terahercowego (THz). Jest to zakres widma elektromagnetycznego, w którym pole fal zmienia się około 10^{12} razy na sekundę, a ich długość jest równa około 0.1 mm. Obszar terahercowy rozgranicza dwa inne zakresy częstotliwości: zakres mikrofalowy (od strony niskich częstotliwości) i zakres optyczny (od strony wysokich częstotliwości). Elektronika i optoelektronika tych dwóch obszarów jest bardzo dobrze rozwinięta, o czym świadczą tysiące zastosowań towarzyszących nam na co dzień. Jest tak m.in. dlatego, że doskonale działają wydajne emitery i czułe detektory promieniowania widzialnego i mikrofalowego. Sytuacja jest zupełnie inna w przypadku promieniowania THz - małych, tanich i wydajnych źródeł oraz czułych detektorów praktycznie brak. Wiadomo więc z pewnością z faktem, że obszar THz jest eksperymentalnie trudnym obszarem, gdy wszelkie sygnały, które mają być czyste, mogą być łatwo zakryte szumem pochodzącym z otaczającego nas środowiska - po prostu, energia związana z tym szumem, nazywana energią wzbudzeń termicznych, przewyższa wielokrotnie energię niesioną przez kwanty promieniowania THz.

Technologie THz byłyby możliwe jeszcze przez długi czas zupełnie niedostrzeżone, gdyby nie to, że okazało się, iż promieniowanie THz może oddać niezwykle usługi w bardzo ważnych dla społeczeństwa obszarach. Otóż, promieniowanie THz przenika przez takie materiały, jak plastik, papier, drewno, co daje możliwość zastosowania w układach związanych z bezpieczeństwem oraz do nieinwazyjnego testowania rozmaitych wyrobów. Wiele substancji wybuchowych i narkotyków można wykryć i rozpoznać za pomocą promieniowania THz, gdyż ich widma absorpcji zawierają charakterystyczne piki i minima. Ponadto, promieniowanie THz może być zastosowane do diagnostyki medycznej, np. w określeniu zmian nowotworowych, zwłaszcza skóry. Fakty te wskazują na istotne społeczne korzyści, które można odnieść rozwijając technologię fal THz, tzn. konstruując źródła, detektory, filtry, przesuwniki fazy, modulatory, powielacze i inne elementy, które - odpowiednio połączone - mogą utworzyć urządzenie o nowych możliwościach. Takim urządzeniem jest np. skaner pocztowy - urządzenie, które za pomocą promieniowania THz sprawdza, czy przesyłki pocztowe zawierają niebezpieczne substancje. Jeszcze innym aspektem technologii THz jest dążenie do szybszego niż obecnie przetwarzania informacji, co wiąże się z budową odpowiednio szybkich tranzystorów. Zupełnie inny kierunek zagadnień związanych jest z tzw. metamateriałami. Są to sztucznie wytworzone materiały o niezwykłych właściwościach optycznych, np. ujemnym współczynniku załamania światła. Metamateriały są strukturami zbudowanymi w sposób periodyczny z ułożonych jednostek podstawowych, które - w zależności od interesującego nas obszaru spektralnego - mogą mieć bardzo dziwne kształty i być wykonane z rozmaitych substancji. Metamateriały są całkowicie sztuczną konstrukcją, tak więc możemy modelować ich właściwości zgodnie z naszymi potrzebami. My interesujemy się metamateriałami przeznaczonymi dla częstotliwości THz. Mają one formę periodycznej sieci metalowych pierścieni, czasem o bardzo skomplikowanych kształtach, zawierających szczeliny o rozmiarach mikronowych. Pierścienie te, zwane również tymi rezonatorami pierścieniowymi, mają rozmiar kilkudziesięciu mikrometrów i są wytworzone na powierzchni struktury półprzewodnikowej zawierającej dwuwymiarowe plazmy elektronów. Rezonatory są w istocie obwodami RLC dla częstotliwości THz, co oznacza, że je należy poddać działaniu (oświetleniu) promieniowania THz o odpowiedniej częstotliwości, mogącej znaleźć się w warunkach rezonansu. Oznacza to, jak w przypadku rezonansu, istotny wzrost natężenia oscylujących prądów płynących w rezonatorze, a zatem także wzrost THz pola elektrycznego w szczelinach rezonatorów w stosunku do pola elektrycznego padającej fali THz. Silnie wzmocnione pole elektryczne fali będzie z kolei wywoływać pojawienie się specyficznych efektów, zwanych efektami nieliniowymi, w których reakcja ośrodka na promieniowanie THz nie będzie zmieniać się proporcjonalnie do natężenia padającej fali (byłoby to tzw. odpowiedź liniowa) lecz szybciej - w sposób nieliniowy.

Istnienie efektów nieliniowych jest fundamentalne dla elektroniki. Można powiedzieć, że elektronika nie mogłaby istnieć, gdyby nie było elementów nieliniowych. Tak więc, zasadniczym celem projektu jest zbadanie reakcji metamateriałów wykonanych na strukturach półprzewodnikowych z dwuwymiarowymi plazmami elektronów na promieniowanie THz.

Reakcję metamateriałów na promieniowanie THz będziemy obserwować wykorzystując kilka technik eksperymentalnych: będziemy badać, w jaki sposób promieniowanie THz wpływa na prąd płynący przez metamateriał, jak przenika przez metamateriał. Zbadamy, w jaki sposób pole magnetyczne i zewnętrzne oświetlenie światłem widzialnym będzie modyfikować właściwości metamateriału. Zastosujemy te bardzo nowoczesne techniki badań optycznych - analiz światła (tzn., widma i stanu polaryzacji) emitowanego ze szczeliny rezonatora w warunkach rezonansowego pobudzenia promieniowaniem THz. Spodziewamy się, że dzięki specyficznym właściwościom metamateriałów uda się udowodnić, że mogą one być detektorami, filtrami i elementami nieliniowymi w zakresie THz.