

## Elektrycznie modulowane zjawiska optyczne w metaliczno-dielektryczno-półprzewodnikowym metamateriale wielowarstwowym

Ostatnie lata przyniosły niesamowity postęp w badaniach podstawowych związanych z fotoniką. Było to możliwe zarówno dzięki nowym narzędziom badawczym pozwalającym na wytwarzanie i charakteryzację struktur fotonicznych, jak i ze względu na rozwój zaawansowanych metod elektrodynamiki obliczeniowej, które okazały się kluczowe dla zrozumienia zjawisk fizycznych w mikro- i nanoskali. Na tych fundamentach narodziła się koncepcja metamateriałów – struktur, których unikalne własności optyczne są związane w większym stopniu z geometrycznym ułożeniem podfalowej wielkości elementów, niż z własnościami użytych materiałów składowych. Tematyka metamateriałów stała się jednym z najbardziej ekscytujących zagadnień we współczesnej optyce. Wśród wielu zadziwiających wyników można wymienić odkrycie ujemnego załamania światła, optycznego magnetyzmu, gigantycznej chiralności, czapki niewidki, nowego typu źródeł światła, nieelektrolitycznego generowania wodoru bezpośrednio z energii słonecznej, sztucznie zaprojektowanej nieliniowości oraz niedawno odkrytego efektu pasywnego chłodzenia poniżej temperatury otoczenia.

W niniejszym projekcie planujemy wykonać kolejny krok, który przewiduje rozwój aktywnych metamateriałów o przestrajalnych własnościach optycznych. Bazą dla naszych prac badawczych jest zjawisko związane z powstającą na granicy między dielektrycznym tlenkiem a półprzewodnikiem warstwą akumulacyjną nośników. Taka warstwa jest generowana o ile strukturę umieścimy w zewnętrznym polu elektrycznym. Najnowsze badania pokazują, że wzrost koncentracji nośników powoduje również zmianę parametrów optycznych. Taka lokalna modulacja współczynnika może być aż na poziomie jedności! Ponieważ jednak grubość warstwy akumulacyjnej wynosi zaledwie kilka nanometrów, jej obecność praktycznie nie wpływa na zmianę oddziaływania struktury ze światłem. Uważamy, że jedynie poprzez wykorzystanie zjawisk stowarzyszonych z istnieniem warstw akumulacyjnych w metamateriałach będziemy mogli w pełni wykorzystać ich potencjał.

Głównym celem projektu jest zbadanie w jaki sposób elektrycznie kontrolowany proces tworzenia warstw akumulacyjnych na granicach ITO-dielektryk wpływa na liniowe i nieliniowe właściwości optyczne metaliczno-dielektryczno-półprzewodnikowego metamateriału wielowarstwowego. Zamierzamy wykazać, że unikalne cechy metamateriałów takie jak np. filtracja częstotliwości przestrzennej i czasowej, dyspersja hiperboliczna, nadrozdzielcze obrazowanie, całkowita absorpcja czy też własności nieliniowe, mogą być modyfikowane w całym zakresie widmowym VIS i NIR jedynie za pomocą przyłożonego napięcia.

Projekt obejmuje tematycznie różne zagadnienia naukowe, poczynwszy od liniowej i nieliniowej optyki, poprzez koncepcję metamateriałów, a kończąc na fizyce półprzewodników. Zagadnienie elektrycznie strojonych metamateriałów zostanie zbadane teoretycznie, numerycznie i eksperymentalnie. Zaplanowane badania dadzą nam wgląd w interakcje światła z warstwami akumulacyjnymi w geometrii wielowarstwowej, pogłębione zrozumienie procesu powstawania warstw akumulacyjnych nośników, lepszą wiedzę o procesach międzyfazowych, a także przyczynią się do rozwoju nauki o materiałach i technikach wytwarzania struktur nanofotonicznych. Wiadomo, że zdolność odbierania, modulowania lub emitowania fal elektromagnetycznych jest podstawą niezliczonej liczby bardzo ważnych urządzeń technologicznych, które stanowią podstawę współczesnego świata. Wierzymy, że podstawowa koncepcja badawcza w tym projekcie przyczyni się do rozwoju technologii przyszłości. W szczególności, może być zastosowana w ultraszybkich modulatorach światła, przestrajalnych filtrach częstotliwościowych czy też urządzeniach wykorzystujących elektrycznie kontrolowane efekty nieliniowe.