

**Struktury fotoniczne** na bazie materiałów porowatych to 1-wymiarowe (1D) kryształy fotoniczne zbudowane z wielu naprzemiennych warstw o znacząco różnym współczynniku załamania światła (RI). Grubość warstw dobiera się tak, aby uzyskać wzmocnienie wybranej długości fali świetlnej ( $\lambda$ ) w efekcie **konstruktywnej interferencji fal** odbitych od granicy poszczególnych warstw (tzw. fotoniczna przerwa wzbroniona). Jednym z materiałów na bazie których można wytwarzać takie struktury jest **anodowy tlenek aluminium** (ATA), który tworzy nanoporowate uporządkowane matryce. Parametry geometryczne ATA można w pełni kontrolować dobierając elektrochemiczne warunki procesu utleniania aluminium.

Głównym celem projektu będzie **opracowanie prostej i powtarzalnej metody wytwarzania struktur fotonicznych na bazie ATA** działających w szerokim zakresie spektralnym rozciągającym się **od światła widzialnego (VIS) aż do średniej podczerwieni (MIR)**. Za pomocą ustalonych parametrów elektrochemicznej syntezy ATA tj. składu i stężenia elektrolitu, cyklicznie zmieniającej się wartości potencjału (lub gęstości prądu) w czasie anodowania, ilości cykli, itp. projektowane będą różne struktury fotoniczne, takie jak np. zwierciadła Bragga czy mikrownęki optyczne z fotoniczną przerwą wzbronioną przesuniętą aż do MIR. W projekcie **analizowane będą różne konfiguracje geometryczne struktur fotonicznych** na bazie ATA (takie jak grubość naprzemiennych warstw, ilość warstw, itp.) w celu uzyskania **optymalnego sygnału optycznego  $\lambda$  w pożądanym położeniu spektralnym**.

Ważnym aspektem w projektowaniu tego rodzaju struktur będzie **precyzyjna kontrola porowatości naprzemiennych warstw**, która przekłada się bezpośrednio na wartość efektywnego współczynnika załamania światła ( $n_{eff}$ ) porowatej warstwy. Im większy udział porów w danej warstwie, tym  $n_{eff}$  bliższe będzie wartości charakterystycznej dla powietrza ( $n \approx 1$ ). Im większy kontrast pomiędzy wartościami  $n_{eff}^1$  (warstwa o małej porowatości) i  $n_{eff}^2$  (warstwa o dużej porowatości), tym więcej światła odbije się od granicy warstw, a tym samym **większa będzie intensywność uzyskanego sygnału optycznego ( $\lambda$ )**.

Istotnym innowacyjnym wkładem naukowym do dziedziny tematycznie zbieżnej z inżynierią materiałową i optyką będzie wytworzenie **ATA o periodycznie zmiennej średnicy kanałów ( $D_p$ ) i o dużej odległości między centrami kanałów ( $D_{int}$  w granicach 250 – 650 nm)**. Będzie to wymagało opracowania nowych warunków elektrochemicznych w roztworach dotąd nie stosowanych do syntezy materiałów fotonicznych na bazie ATA (zastosowanie napięć z przedziału 120 – 260 V, wprowadzanie modyfikatorów parametrów fizykochemicznych do elektrolitu, itp.). Wartości  $D_{int}$  z tego zakresu dają większe możliwości sterowania porowatością naprzemiennych warstw, a tym samym mogą przyczynić się do zwiększenia kontrastu efektywnego współczynnika załamania światła ( $n'_{eff}$ ). Wartość  $n'_{eff}$  będzie również regulowana poprzez pokrycie wnętrza kanałów ATA materiałami **o większym RI niż tlenek aluminium (np. ZnS, ZnSe, TiO<sub>2</sub>)** za pomocą techniki osadzania warstw atomowych (z ang. *Atomic Layer Deposition* ALD), która cechuje się wysoką konformalnością powierzchni osadzonej warstwy. Ponadto optyczne charakterystyki otrzymanych struktur fotonicznych będą optymalizowane za pomocą **warstw metali szlachetnych (takich jak Au, Pd)**, które generują **powierzchniowy rezonans plazmonowy (SPR) w wybranych zakresie spektralnym**. Dostrojenie tego rezonansu do fali świetlnej  $\lambda$  „uwięzionej” w kryształach fotonicznych pozwoli na znaczące wzmocnienie sygnału  $\lambda$  mierzonego w trybie reflektancji lub transmitancji. Silne i wąskie linie spektralne  $\lambda$  są bowiem niezbędne w zastosowaniach sensorycznych.

Inspiracją do podjęcia badań jest duże zapotrzebowanie rynkowe na **efektywne, przenośne i tanie czujniki optyczne** działające w szerokim zakresie spektralnym, wynikające m.in. ze wzrastającej liczby potencjalnie groźnych związków chemicznych, czy naturalnych cząsteczek produkowanych przez mikroorganizmy, obecnych w wodzie pitnej oraz produktach spożywczych. Aktywnym komponentem w tego rodzaju czujnikach są bardzo często kryształy fotoniczne. Obecnie **rynek zdominowany** jest przez urządzenia i podzespoły optyczne **oparte na krzemie**, działające w obszarze UV/VIS/NIR (UV – ultrafiolet, NIR – bliska podczerwień). Jednak z uwagi na to, że wiele niebezpiecznych gazów czy molekuł organicznych posiada swoje charakterystyczne pasma w obszarze MIR i ze względu na skalę problemu **potrzebne są nowe, tanie i efektywne materiały fotoniczne o właściwościach wykraczających poza UV/VIS/NIR**. Realizacja badań przewidzianych w projekcie może przynieść przyszłościowe rozwiązania technologiczne ukierunkowane na wytworzenie takich właśnie materiałów.