

Celem projektu jest wytworzenie czujnika gazów bazującego na kombinacji kilku materiałów niskowymiarowych (w tym dwuwymiarowych (2D) płatków grafenowych, nanostruktur tlenku metalu oraz nanostruktur metalicznych), którego działanie wspomagane będzie promieniowaniem z zakresu ultrafioletu (UV) lub światła widzialnego. Hybrydowa struktura wykorzystująca metaliczne nanostruktury złota wykazywać będzie zlokalizowany powierzchniowy rezonans plazmonowy w celu poprawienia czułości i selektywności prototypowego czujnika. Jest to zjawisko wzbudzane światłem, którego właściwości bardzo silnie zależą od otoczenia, co można wykorzystać w detekcji. Warstwy gazoczułe wytworzone zostaną prostą metodą roztworową, obejmującą zmieszanie dyspersji płatków grafenowych oraz nanostruktur ditlenku tytanu (TiO_2), następnie umieszczenie powstałej mieszaniny na wybranym podłożu oraz modyfikacja powstałej powierzchni nanocząstkami złota (Au) w celu wytworzenia platformy plazmonicznej. Hybrydowa struktura łączyć będzie wysoką czułość grafenu na zmiany w otoczeniu, fotokatalityczne właściwości TiO_2 oraz plazmoniczne właściwości nanostruktur Au. Połączenie materiałów metalicznych oraz półprzewodnikowych da możliwość modulacji pracy czujnika za pomocą światła. Ta stosunkowo prosta technika wytwarzania warstw ze struktur w nanoskali stanowi metodę o niskiej ingerencji w środowisko, natomiast praca takiego czujnika wymagać będzie niewielkiego kosztu energetycznego. Jednocześnie, za pomocą tak prostej techniki i odpowiednio opracowanej metodologii można wytworzyć czujniki gazów wysokiej czułości, które będą efektywnymi sondami z potencjałem do zastosowań praktycznych w różnych dziedzinach.

Podjęta tematyka badawcza jest bezpośrednio związana z współczesnymi potrzebami wytwarzania nowoczesnych systemów czujników o zwiększonej czułości, selektywności, szybkim działaniu oraz o niskim koszcie i nieskomplikowanej produkcji. Monitorowanie środowiskowe, w tym gazów toksycznych i szkodliwych dla otoczenia jak i człowieka jest jednym z zastosowań, które wymagają skutecznych systemów detekcji. Monitoring stanu zdrowia, kiedy niektóre z gazów w wydychanym przez pacjenta powietrzu informują o stanie chorobowym jest kolejną z możliwych aplikacji czujników, które wymagają ultra-niskich limitów detekcji. Stąd potrzeba nowoczesnych materiałów (i ich kombinacji) oraz metodologii, która umożliwiłaby rozwój efektywnych urządzeń do zastosowań praktycznych. Dodatkowo, proponowane badania poszerzą stan wiedzy na temat systemów detekcji gazów z wykorzystaniem połączonych struktur niskowymiarowych wspomaganych światłem i wykorzystujących efekt plazmonowy.

Projekt obejmuje trzy główne zadania badawcze w tym wytworzenie hybrydowych struktur, badania strukturalne i elektryczne powstałego prototypowego czujnika oraz krytyczną ocenę możliwości wykorzystania platformy czujnikowej bazującej na grafenie w detekcji w rzeczywistych warunkach środowiskowych. W projekcie proponujemy wykorzystanie modulacji światłem oraz wzbudzenie efektu plazmonicznego w celu zwiększenia czułości i selektywności warstw gazoczułych, co jest jednym z najważniejszych właściwości efektywnie pracujących czujników. Dodatkowo, selektywność czujnika może zostać zwiększona poprzez zastosowanie metodologii opartej na połączeniu pomiarów elektrycznych – rezystancji oraz zdarzeń losowych – fluktuacji tejże rezystancji. Planujemy wykorzystać pomiary szumów w zakresie niskich częstotliwości (szum $1/f$), które stanowią dodatkowe narzędzie w celu identyfikacji charakterystycznych procesów powiązanych z przyłączaniem cząsteczek gazów na powierzchni czujnika. Gazoczuła warstwa pracuje w ten sposób jak bardzo czuła sonda na jakiegokolwiek zmiany w otoczeniu i procesy molekularne zachodzące na jej powierzchni. W ten sposób proponujemy poprawę parametrów czujnika poprzez zarówno proces wytwarzania oraz modyfikacji głównej warstwy aktywnej, modulację światłem jak i metodologię pomiarów.

Spodziewane efekty obejmują możliwość zwiększenia czułości hybrydowego czujnika poprzez oświetlenie jego powierzchni oraz zwiększenie selektywności urządzenia poprzez obserwację zmian we fluktuacjach rezystancji na skutek wzbudzenia rezonansu plazmonowego w Au. Wzbudzony rezonans plazmonowy może zwiększyć aktywność powierzchniową warstwy gazoczułej o rzędy wielkości. Projekt ma za zadanie sprawdzić, czy prosta technika otrzymywania czujników ze struktur niskowymiarowych może zostać wykorzystana do wytworzenia platformy z efektem plazmonowym w celu efektywnej detekcji gazów wspomaganą światłem.