

Czujniki gazów to elementy elektroniczne wykrywające cząsteczki gazów za pomocą sygnałów elektrycznych. Wysoki standard życia, ochrona środowiska człowieka i zagrożenia występujące w przemyśle oraz potrzeby diagnostyki medycznej (analiza wydychanego powietrza) wymagają opracowania czujników gazów o wysokiej czułości i selektywności, niskich kosztach wytwarzania i zużycia energii. Projekt ma na celu opracowanie systemu wykrywania gazów, wykorzystującego zjawiska losowe (szумы niskiej częstotliwości – szумы typu $1/f$) generowane w czujnikach gazów wykonanych z dwuwymiarowych materiałów (grafen, dwusiarczek molibdenu, dichalkogenki metali przejściowych - np. siarczek tantalu). Materiały te charakteryzują się wysokim stosunkiem powierzchni aktywnej do objętości. Ich grubość odpowiada warstwie kilku atomów i dlatego mogą być stosowane w tranzystorach polowych (FET), w jego kanale. Takie czujniki zapewniają niskie zużycie energii i wyjątkowo wysoką czułość, gdy obserwowany sygnał elektryczny o małej intensywności (szумы napięcia lub prądu) jest generowany przez procesy adsorpcyjno-desorpcyjne, nawet dla pojedynczych cząsteczek obecnych w otaczającej czujnik atmosferze.

System pomiarowy będzie rejestrował szумы niskiej częstotliwości i estymował ich parametry statystyczne (np. gęstość widmową mocy, rozkład prawdopodobieństwa, statystyki przejść przez zero). Pomiary będą określały skład wybranych mieszanin gazowych, takich jak lotne związki organiczne, obecne w wydychanym powietrzu i charakterystyczne dla niektórych chorób (np. aceton, formaldehyd, etanol, NO_2 , itp.). Czujniki gazów będą modulowane przez zmiany ich niektórych parametrów fizycznych (temperatura pracy, ciśnienie, promieniowanie UV, napięcie bramki), aby zwiększyć informacje o zewnętrznej atmosferze zawarte w rejestrowanych szumach. Proponuje się stosować nieliniowy algorytm, aby poprawić skuteczność wykrywania składników badanych mieszanin gazowych i zmniejszyć wpływ występowania wilgotności.

Grafen i dwusiarczek molibdenu zostały już wykorzystane do wykrywania wybranych gazów przez pomiary szumów typu $1/f$, przez niezależne grupy badawcze. Inny dwuwymiarowy materiał, 1T-TaS_2 , wykazuje interesujące zjawisko, nazywane falami gęstości ładunku (ang. Charge Density Wave – CDW), które indukują dodatkowy składnik szumów typu $1/f$. Ten składnik może zwiększyć wykrywalność gazów, ponieważ szумы typu $1/f$ zmieniają się gwałtownie podczas przejść fazowych w podwyższonych temperaturach. Badania powinny odpowiedzieć na pytanie, czy szумы typu $1/f$ przy temperaturach przejść fazowych będą zależeć od atmosfery wokół czujnika.

W ramach projektu przewiduje się wskazanie najbardziej obiecujących dwuwymiarowych materiałów z proponowanej grupy do wykrywania gazów, stosując pomiary szumów małych częstotliwości. Badania powinny potwierdzić tezę, że czujniki gazów wykonane z materiałów dwuwymiarowych i wykorzystujące szумы typu $1/f$ pozwolą określić stężenia składników mieszanin otaczających czujnik.

Planujemy wykonać czujniki gazów FET przy użyciu wybranych materiałów dwuwymiarowych. Czujniki te powinny być wrażliwe na wybrane gazy w bardzo niskich stężeniach. Czujniki wykonane z materiału 1T-TaS_2 będą badane w wybranych temperaturach i podwyższonych ciśnieniach, aby zaobserwować zjawisko CDW, generujące dodatkowe składowe szумы typu $1/f$. Można sądzić, że obserwowana intensywna zmiana poziomu szumów typu $1/f$ podczas przejść fazowych może być wykorzystana do wykrywania gazów.

Projektu będzie realizowany we współpracy grup z Politechniki Gdańskiej i Instytutu Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk. Obie grupy będą współpracować z zespołem prof. Aleksandra Balandina (<https://balandingroup.ucr.edu/>) z University of California - Riverside, USA. Badania zostały podzielone na pięć zadań:

- przygotowanie systemu do pomiarów czujników gazów,
- przygotowanie czujników gazów z wykorzystaniem wybranych materiałów dwuwymiarowych,
- badania eksperymentalne szumów typu $1/f$ w przygotowanych czujnikach gazów, w wybranych warunkach i atmosferze zadanych mieszanin gazów,
- opracowanie algorytmu wykrywania składników mieszanin gazów na podstawie charakterystyk stałoprądowych i szumów typu $1/f$ badanych czujników gazów,
- syntetyczna analiza wyników badań.

Wykrywanie gazów o bardzo niskich stężeniach ma kluczowe znaczenie dla nowych zastosowań diagnostyki medycznej i bezpieczeństwa życia. Projekt badawczy powinien zwiększyć potencjał możliwości wykrywania związków organicznych w takich stężeniach. Ponadto powinniśmy wyjaśnić mechanizmy szumów typu $1/f$ w materiałach dwuwymiarowych, podczas występowania zjawiska CDW.