

GO-OXI-UV: Grafen i niskowymiarowe tlenki - droga do inteligentnych absorberów UV z możliwościami detekcyjnymi

Nadrzędnym celem projektu jest poszukiwanie ścieżek do wytworzenia przezroczystych i elastycznych układów elektronicznych pracujących w oparciu o dwuwymiarowe (ultracienkie) tlenki wytworzone na grafenie. Tak postawiony cel sprowadza się do poszukiwania sposobów wytworzenia przezroczystego złącza p-n. Wytworzenie takich złącz wpłynie na rozwój sektora elektroniki konsumenckiej ponieważ możliwe będzie tworzenie przezroczystych w świetle widzialnym urządzeń takich jak telefony, komputery, monitory. Co więcej wykorzystanie ultracienkich materiałów w połączeniu z grafenem spowoduje, że końcowe urządzenia będą elastyczne!

Tlenki zostały tu wybrane ponieważ ze względu na ich własności elektronowe większość z nich jest przezroczysta w zakresie światła widzialnego i zaczynają absorbować promieniowanie dopiero w zakresie ultrafioletu. Jednak wytworzenie w oparciu o tlenki złącza p-n jest ogromnym wyzwaniem ponieważ większość tlenków w naturalny sposób charakteryzuje się przewodnictwem elektronowym (są n-typu). Tym samym dołożymy starań aby znaleźć sposoby na wywołanie przewodnictwa dziurowego w tlenkach. W ramach tego projektu chcemy skupić się na czterech tlenkach MoO_3 , Re_2O_7 , Sb_2O_3 i Bi_2O_3 w nadziei, że znajdziemy sposób na przewodnictwo p-typu w którymś z tych tlenków. Nasze wcześniejsze badania pokazały, że istnieje szansa na wytworzenie ultracienkich warstw krystalicznych w oparciu o te tlenki. Pokazaliśmy również, że krystaliczne tlenki mimo grubości pojedynczej warstwy mają lepsze własności niż ich grubsze i amorficzne odpowiedniki. Wydaje się również, że ultracienkie krystaliczne tlenki na podłożu z grafenu mogą być elastyczne. Wzrost chcemy prowadzić wykorzystując epitaksję, oksydację powierzchni metalu (SOM) oraz CVD. Aby wymusić transport dziurowy planujemy podjąć próbę wymiany części tlenu w tych tlenkach na azot poprzez oddziaływanie z plazmą azotową, chcemy również za pomocą bombardowania jonowego usunąć rdzenie metaliczne co powinno wprowadzić domieszki p-typu. Podejmiemy również próby dodawania w trakcie wzrostu domieszek In , Gd i CuO , które w niektórych przypadkach prowadziły do przewodnictwa dziurowego w tlenkach.

Innym wyzwaniem, przed którym staniemy będzie konstrukcja złącz p-n. Zadanie to sprowadza się do potraktowania ultracienkich tlenków jak klocków, z których składany będzie finalny układ. Proces składania chcemy przeprowadzić na jeden z dwóch sposobów: poprzez samozorganizowany wzrost jednych tlenków na innych, lub przez mechaniczny transfer tlenku na powierzchnię innego. Takie układy nazywane hybrydowymi heterostrukturami są obecnie bardzo intensywnie badane ponieważ w 2019 roku pokazano, że w dwóch sztucznie nałożonych na siebie i nieznacznie skrzyżowanych warstwach grafenu, a w listopadzie 2024, że również w dwóch skrzyżowanych warstwach półprzewodnika WSe_2 – indukowane jest nadzwyczajne przewodnictwo. Te odkrycia dają nadzieję, na identyfikację nowych zjawisk fizycznych również w innych składanych i skrzyżowanych materiałach w tym również w tlenkach. Tym samym w ramach badań wytworzonych heterostruktur spodziewamy się zaobserwować nowe zjawiska indukowane efektem bliskości różnych tlenków i grafenu.

Jako dowód słuszności naszej tezy badawczej o możliwości wytworzenia złącz p-n z tlenków w ostatniej fazie projektu skupimy się na wykorzystaniu wytworzonych złącz w detektorach ultrafioletu. Ilość zastosowań takich detektorów jest bardzo duża, a część z nich została pokazana na Rys.1. W szczególności detektory takie mogą być stosowane np. na elementach odzieży i dokonywać oceny ekspozycji na promieniowanie UV, które przy długich czasach intensywnego nasłonecznienia może powodować poparzenia, a również choroby skóry. Stosuje się je również w farmakologii czy przy dezynfekcji żywności z wykorzystaniem UV. Znajdują również zastosowania militarne, w monitorowaniu środowiska, oczyszczaniu wody czy aparaturze pomiarowej.

Prace jakie planujemy prowadzić w ramach projektu będą związane z badaniem struktury morfologicznej, elektrycznej ale również elektronicznej. Wsparciem dla eksperymentu będą intensywne badania teoretyczne, które wskażą kierunki prac eksperymentalnych.

