

# Pokonywanie ograniczeń wynikających z ekranowania Debye'a za pomocą hybrydowych grafenowo-nanorurkowych urządzeń w wielobiomarkerowej diagnostyce sepsy

*Marcin Szymon Filipiak*

Tranzystory polowe (*ang.* field-effect transistors - FET) są podstawą całej dzisiejszej elektroniki i istnieją już od ponad 70 lat. Składają się one z trzech przyłączy – źródła i drenu połączonych kanałem półprzewodnikowym oraz bramki. Działanie tranzystora polowego byłoby znacznie łatwiejsze do zrozumienia dzięki analogii z kranem. Rura dostarczająca wodę to *źródło*, a odpływ – *dren*. Zawór można uznać za *bramkę*, którą możemy kontrolować i tym samym sterować (*efekt pola elektrycznego*) przepływem wody (w tranzystorze polowym - elektronami i dziurami elektronowymi) z kranu.

Ponieważ masowa produkcja mikroczipów elektronicznych jest dobrze rozwinięta, naukowcy próbują wykorzystać FET'y w (bio)chemii do określenia ważnych parametrów ciała – biomarkerów specyficznych dla określonej choroby. Od 2004 roku, po eksperymentalnym dowodzie istnienia pojedynczego arkusza grafenu, rozpoczęła się nowa era tranzystorów polowych z wykorzystaniem grafenu jako kanału półprzewodnikowego. Grafen jest po prostu pojedynczą warstwą grafitu, który znajduje się we wszystkich ołówkach, których używamy na co dzień. Posiada niezwykle właściwości – wytrzymałość, przewodność i niesamowitą grubość zaledwie jednego atomu. Jest również niezwykle wrażliwy na wszystko, co przykleja się do jego powierzchni, zmieniając przepływ elektronów i dziur elektronowych w jego płaszczyźnie. Dlatego też był szeroko badany jako przetwornik (konwerter informacji (bio)chemicznej na sygnał elektroniczny, który możemy z łatwością zarejestrować) w kontekście biosensorów (urządzeń inspirowanych biologią, które mają na celu określenie ilości określonych cząsteczek (białek) w np. próbkach biologicznych płynów ustrojowych). Problem polega na tym, że urządzenia FET mają trudności, gdy pomiary są wykonywane w złożonej próbce płynu ustrojowego, która jest pełna różnych jonów i innych białek, które zakłócają wspomniany proces konwersji. Jony (elektrolity) w próbce ograniczają „widzenie” biosensora FET, a tym samym zmniejszają sygnał elektryczny generowany przez urządzenie (w terminologii naukowej nazywa się to *ekranowaniem Debye'a*). Pokonamy to ograniczenie, budując trójwymiarową strukturę, na której może zachodzić więcej interakcji (zdarzeń wiążących) różnych klas analitów.

Zacznijmy od pojedynczego arkusza grafenu jako elementu bazowego. Wadą grafenu jest również dwuwymiarowość – interakcje między arkuszem grafenu a analitem mogą zachodzić tylko na granicy faz. W tym projekcie będziemy używać jednościennych nanorurek węglowych (arkuszy grafenu zwiniętych w określony sposób) jako elementów składowych trójwymiarowej sieci na powierzchni grafenu. Nanorurki węglowe mogą znacznie różnić się od siebie, wykazując właściwości zarówno metaliczne (przewodzące), jak i półprzewodnikowe. W tym projekcie, użyjemy sortowanych półprzewodnikowych nanorurek węglowych o wysokiej czystości, które zwiększyłyby powierzchnię interakcji analit-(bio)receptor i nie wpłynęłyby na wyjątkowe właściwości elektroniczne grafenu. W literaturze naukowej nie ma przykładów zastosowania takiego hybrydowego nanomateriału w bioczułnikach opartych na tranzystorach polowych.

Dlaczego to robimy? Niektóre choroby niestety nie mają tylko jednego konkretnego biomarkera, który dostarcza lekarzowi informacji diagnostycznych, ale kilka quasi-specyficznych, które mogą występować również w innych stanach. Przykładem takiej choroby jest sepsa - zagrażająca życiu dysfunkcja narządów spowodowana rozregulowaniem układu odpornościowego w wyniku infekcji ogólnoustrojowej. Rocznie dotyka ona ponad 49 mln osób, z czego aż 1/5 umiera – 11 mln osób rocznie. Szybka i precyzyjna diagnostyka sepsy jest bardzo trudna ze względu na niejednorodność i niespecyficzność tego stanu u różnych pacjentów. Ogólnie, sepsę można podzielić na 3 główne etapy: prozapalny, przeciwzapalny i niewydolności narządów. Na każdym z tych etapów wzrastają stężenia niektórych biomarkerów we krwi pacjenta. Biomarkery przeciwzapalne w pierwszym etapie obejmują białko C-reaktywne (CRP), które jest również powszechnym biomarkerem zapalenia o znaczeniu klinicznym w rozróżnianiu infekcji bakteryjnej i wirusowej. Innym biomarkerem sepsy jest białko kamieni trzustkowych (PSP). W końcowej fazie dysfunkcji narządowej dochodzi do podwyższenia poziomu mleczanów we krwi.

Projekt ma na celu wykorzystanie hybrydowych urządzeń opartych o jednościenne nanorurki węglowe i grafen do równoległego określenia stężeń wszystkich wyżej wymienionych biomarkerów i dzięki temu w przyszłości zastosowania właściwego podejścia terapeutycznego. Oczekujemy, że dzięki naszemu nowatorskiemu nanomateriałowi hybrydowemu osiągniemy ten cel i pomożemy zmniejszyć liczbę ofiar śmiertelnych sepsy.