

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU (W JĘZYKU POLSKIM)

Detekcja temperatury jest istotna w wielu dziedzinach wiedzy, w tym w nano oraz mikroelektronice, biologii i diagnostyce medycznej. Gdy prąd elektryczny przepływa przez materiał wytwarzane jest ciepło. Zrozumienie, gdzie temperatura wzrasta w układzie elektronicznym pomaga inżynierom projektować niezawodne urządzenia o wysokiej wydajności tj. procesory komputerowe czy też telefony komórkowe. Podczas gdy efekty temperaturowe w układach makroskopowych są dobrze znane, gdy charakterystyczny rozmiar urządzenia sięga pojedynczych nanometrów, a samo urządzenie składa się zaledwie z kilku cząsteczek, nie można już stosować metod fizyki klasycznej do opisu zależności między przepływającym ładunkiem elektrycznym a ciepłem. Temperatura jest również kluczowym parametrem w diagnostyce medycznej. Pierwszym objawem licznych chorób jest pojawienie się osobliwości termicznych. Ponadto w układach biologicznych temperatura determinuje np. szybkość podziału komórek. Wyżej wspomniane aspekty naukowe stymulują zainteresowanie nanotermometrami potrafiącymi z wysoką rozdzielczością przestrzenną precyzyjnie odwzorować temperaturę.

W ostatnich latach zostały opracowane różnorakie nanotermometry bazujące na efektach zależnych od temperatury. Wśród nich można wymienić nanotermometry luminescencyjne, które zbudowane są na bazie materiału, którego własności emisyjne zmieniają się pod wpływem temperatury. Gdy temperatura otoczenia, w której znajduje się taki nanotermometr ulega zmianie, urządzenie reaguje modyfikacją odpowiedzi optycznej np. poprzez zmianę intensywności emitowanego promieniowania lub jego "barwy". W rezultacie, odczyt z nanotermometru może być przeprowadzony dwójako, albo elektrycznie, poprzez analizę przesunięcia prądu urządzenia, jak i zdalnie, poprzez analizę widma emisji.

W ramach tego projektu zbadane zostaną nanotermometry wytworzone z materiałów półprzewodnikowych. Badane struktury składają się z obszaru aktywnego, w skład którego wchodzi tzw. rezonansowa dioda tunelowa. Konstrukcja obszaru aktywnego determinuje optyczne oraz elektryczne własności przyrządu. Mimo, iż nanotermometry na bazie półprzewodników (arsenek galu) zostały już zademonstrowane, brakuje informacji nt. analogicznych struktur z innych materiałów, np. bazujących na antymonku galu, dla których wykazano możliwość kilku istotnych zalet, np. znaczącą elastyczność jeśli chodzi o inżynierię przerwy wzbronionej, co pozwala na projektowanie struktur wykazujących wysokie prądy szczytowe przy niskich napięciach polaryzacji. Pozwala to na ich aplikację w urządzeniach optoelektronicznych o małym poborze mocy oraz krótkim czasie odpowiedzi.

Głównym celem projektu jest zbadanie własności fizycznych struktur nanotermometrów. Szczególna uwaga zostanie skupiona na określeniu struktury energetycznej tzw. rezonansowej (międzypasmowej) diody tunelowej wchodzącej w skład badanych próbek. Zaawansowane badania eksperymentalne i teoretyczne zostaną zrealizowane odpowiednio z wykorzystaniem optycznych technik spektroskopowych oraz komputerowej symulacji struktury energetycznej. Do badań spektroskopowych zostanie wykorzystany spektrometr Fourierowski, ponieważ oczekuje się, że obszar aktywny nanotermometru będzie emitował promieniowanie w zakresie średniej podczerwieni, powyżej 3 mikrometrów. Własności emisyjne badane będą pod kątem zależności od temperatury sieci krystalicznej w celu sprawdzenia czy wytworzone struktury nadają się do wykorzystania w nanotermometrii. Oczekuje się również, że dwuwymiarowy gaz elektronowy będzie obecny za obszarem aktywnym tj. na międzypowierzchni obszar aktywny/warstwa absorpcyjna. Uważa się, że ładunek elektronowy zgromadzony na tej szczególnej międzypowierzchni jest odpowiedzialny za charakterystyczną własność nanotermometrów półprzewodnikowych tj liniową zależność napięcia polaryzacji oraz temperatury. Dlatego też detekcja stanów kwantowych związanych z dwuwymiarowym gazem elektronowym jest niezbędna z punktu widzenia optymalizacji nanotermometrów półprzewodnikowych, co również jest celem w niniejszym projekcie.