

Badania nad poprawą efektywności elektroniki wysokich mocy są bardzo ważne z perspektywy zrównoważonego rozwoju i minimalizacji negatywnych skutków dla środowiska naturalnego. Ponadto niski koszt energii elektrycznej jest jednym z kluczowych czynników postępu i aktywności społeczno-gospodarczej. Oczekuje się, że rozwój elektroniki opartej na azotku galu (GaN) wyraźnie zmniejszy zużycie energii zarówno w zastosowaniach konsumenckich, jak i systemach przesyłu energii.

Właściwości materiałowe GaN znacznie przewyższają odpowiadające im wartości dla typowych półprzewodników stosowanych w urządzeniach dużej mocy, takich jak krzem (Si), fosforek indu (InP) czy arsenek galu (GaAs). Spodziewane jest, że azotek galu będzie nieuniknionym następcą krzemu w rozwoju energoelektroniki ze względu na jego nieporównywalną wydajność i szybkość (częstotliwość przełączania).

Warstwy epitaksjalne GaN są zwykle wytwarzane na drogich podłożach SiC, które obok relatywnie niskiego niedopasowania parametrów sieci krystalicznych, oferują bardzo dobrą przewodność cieplną. Koszt podłoży może zostać obniżony, gdy stosowane są np. kryształy szafirowe, ale wadą jest wtedy większe niedopasowanie sieci krystalicznych i słaba przewodność cieplna.

Na przestrzeni ostatnich lat uwagę zyskały podłoża krzemowe i elektronika GaN-na-Si. Chociaż niedopasowanie sieci krystalicznych w tym przypadku jest wysokie, to przewodność cieplna krzemu jest lepsza niż w przypadku podłoży szafirowych. Nowoczesne rozwiązania wzrostu warstw epitaksjalnych GaN na Si otwierają drogę dla ogromnych korzyści, które można by osiągnąć, jeśli przyrządy oparte na GaN mogłyby być wytwarzane przy użyciu wysoko rozwiniętej już technologii krzemowej. Podłoża Si o dużej powierzchni, które można by wtedy zastosować oraz dostępność zaawansowanych linii technologicznych, mogłyby znacznie zwiększyć konkurencyjność elektroniki GaN.

Aby uzyskać kompatybilność z technologią Si, przyrządy oparte na GaN muszą spełniać specjalne wymagania. Bardzo ważne jest wyeliminowanie obecności złota z procesu produkcyjnego, która jest nie do zaakceptowania w technologii przyrządów krzemowych, gdyż Au łatwo dyfunduje w Si oraz ogranicza czas życia nośników ładunku. Natomiast w typowych urządzeniach opartych na GaN, takich jak tranzystory HEMT (ang. High Electron Mobility Transistors), złoto jest powszechnie stosowane dla połączeń metalicznych.

Rozwiązaniem może być zastosowanie miedzi zamiast złota. Cu ma mniejszą rezystywność, wyższą przewodność cieplną i dużo niższy koszt. Jednak Cu może z kolei łatwo dyfundować do GaN, powodując pogorszenie charakterystyk przyrządów. Pod tym względem kontakty Schottky'ego wykorzystywane jako elektrody bramki w tranzystorach HEMT wymagają szczególnej uwagi. Mianowicie, istnieje potrzeba opracowania kontaktu Schottky'ego o wysokiej barierze i małych prądach upływności, które jednocześnie będą blokować dyfuzję Cu w kierunku podłoża i zachowywać swoje właściwości w wysokich temperaturach.

Jako potencjalne rozwiązanie proponujemy badania nad krzemkami metali jako kontaktami Schottky'ego do struktur epitaksjalnych GaN, pełniących jednocześnie rolę warstw blokujących dyfuzję. Stan wiedzy w tej dziedzinie jest ograniczony i potrzebne jest przeprowadzenie badań eksperymentalnych.

W szczególności istnieje potrzeba zrozumienia, w jaki sposób bariera Schottky'ego formuje się w takich kontaktach i jak wpływa na nią wysoka temperatura. Ponieważ urządzenia wysokich mocy nieuchronnie generują wysokie temperatury, konieczne jest również określenie zjawisk, które mogą wpływać na działanie urządzeń w wysokich temperaturach, np. poprzez wprowadzanie na skutek dyfuzji głębokich poziomów energetycznych w półprzewodniku.

Badania eksperymentalne zaplanowane w Projekcie poszerzą wiedzę na temat zjawisk wywołanych wysokimi temperaturami w strukturach epitaksjalnych GaN z kontaktami Schottky'ego opartymi na krzemkach metali. Dogłębne zrozumienie mechanizmów wpływających na właściwości kontaktów oraz materiału półprzewodnikowego będzie konieczne m. in. do projektowania w przyszłości tranzystorów HEMT kompatybilnych z technologią Si. Może mieć to duży wpływ na obniżenie kosztów nowej generacji przyrządów wysokich mocy, a tym samym stanowić znaczący krok w kierunku społeczeństwa bardziej przyjaznego dla środowiska naturalnego.