

Streszczenie rozprawy doktorskiej

**Badania przewodnictwa cieplnego cienkich warstw
półprzewodników azotkowych**

mgr inż. Alexandra Filatova-Zalewska

W ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat, od momentu, kiedy pierwsza dioda elektroluminescencyjna na bazie GaN została zaprezentowana, systematycznie wzrastało zainteresowanie wytwarzaniem i zastosowaniem przyrządów azotkowych. Obecnie, GaN i materiały na bazie GaN, takie jak AlGaN albo InGaN, używane są jako czujniki promieniowania ultrafioletowego, diody laserowe, tranzystory o wysokiej ruchliwości elektronów jak również mogą być potencjalnie wykorzystane jako materiały termoelektryczne. Zjawisko samonagrzewania stanowi poważny problem w przypadku tranzystorów o wysokiej ruchliwości elektronów, albowiem prowadzi ono do zmniejszenia efektywności tych urządzeń. W celu zwiększenia wydajności przyrządów niezbędne jest użycie materiału o dużym współczynniku przewodnictwa cieplnego. Z drugiej strony, dobry materiał termoelektryczny powinien mieć wysoką przewodność elektryczną, duży współczynnik Seebecka oraz małe przewodnictwo cieplne. Widać stąd, jak ważne jest określenie współczynnika przewodnictwa cieplnego materiału, zastosowanego do budowy urządzenia.

Do dnia dzisiejszego objętościowe przewodnictwo cieplne GaN oraz przewodnictwo cieplne cienkich warstw GaN zostało szczegółowo zbadane, podczas gdy stosunkowo niewielka ilość prac została poświęcona badaniom współczynnika przewodnictwa cieplnego warstw i supersieci stopów na bazie azotku galu. Celem danej pracy doktorskiej było przeprowadzenie badań przewodnictwa cieplnego warstw AlGaN i supersieci AlGaN/GaN oraz wyjaśnienie mechanizmów transportu ciepła w tych materiałach.

Do realizacji tego zadania skonstruowane zostało stanowisko do pomiarów przewodnictwa cieplnego za pomocą metody 3ω . Na tym stanowisku wykonano pomiary izotropowego przewodnictwa cieplnego warstw AlGaN oraz anizotropowego przewodnictwa cieplnego supersieci AlGaN/GaN. Do analizy otrzymanych eksperymentalnych wyników zastosowano model Callaway'a oraz model kryształu wirtualnego.

Izotropowe przewodnictwo cieplne warstw $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($x = 0.045, 0.075, 0.102$) o grubości 500 nm zostało zmierzone w interwale temperatur od 150 K do 300 K. Współczynnik przewodnictwa cieplnego zwiększał się wraz ze wzrastającą temperaturą i taką zależność temperaturową wyjaśnić można dominującą rolą procesów rozpraszania fononów na granicach oraz domieszkach. Zaobserwowano również zmniejszanie się przewodnictwa cieplnego wraz ze zwiększającą się ilością Al. Za takie zachowanie odpowiedzialny jest zwiększający się udział rozpraszania fononów na atomach domieszki.

Współczynniki przewodnictwa cieplnego supersieci $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ ($x = 0.225, 0.240, 0.250, 0.280$) w płaszczyźnie i w poprzek płaszczyzny o grubości okresu (równa jest sumie grubości warstw AlGaN i GaN, wchodzących w skład supersieci) zmieniającej się od 44.6 nm do 4.8 nm zmierzono w zakresie temperatury od 147 K do 325 K. Odwrotne zależności temperaturowe zostały zaobserwowane – przewodnictwo cieplne w płaszczyźnie zmniejszało się, a w poprzek – zwiększało się wraz ze wzrastającą temperaturą. Przewodnictwo cieplne supersieci obliczone zostało za pomocą modelu Callaway'a; między innymi pod uwagę wzięto zależność prędkości relaksacji w procesach rozpraszania fononów na granicach warstw od częstotliwości. Wyniki obliczeń pokazały, że długofalowe fonony są głównymi nośnikami ciepła. Zaobserwowano zmniejszenie się współczynników przewodnictwa cieplnego wraz ze zmniejszającą się grubością periodu. Do takiej zależności przewodnictwa cieplnego od grubości warstwy prowadzi rozpraszanie się fononów na granicach warstw, ponad to wpływ tego rozpraszania wzrasta ze zmniejszeniem grubości warstwy.