

Lasery z domieszkowaniem polaryzacyjnym



Półprzewodniki zostały odkryte czy może wynalezione jako grupa materiałów, których przewodnictwem elektrycznym można łatwo manipulować na poziomie ich wytwarzania. Ten sam półprzewodnik może być dobrym izolatorem lub posiadać ruchliwe ładunki dodatnie lub ujemne. Osiąga się to przez precyzyjne dodawanie do krystalicznego półprzewodnika niewielkiej ilości domieszki innych pierwiastków. Jeśli tylko jeden na sto tysięcy atomów galu w związku arsenku galu zastąpimy krzemem, materiał ten będzie świetnie przewodził prąd, a ładunkiem go przenoszącym będą elektrony. Jeśli zamiast krzemu domieszką będzie na przykład cynk, otrzymane przewodnictwo będzie tak zwanym przewodnictwem dziurowym. Dzięki możliwości współistnienia dwóch typów nośników w półprzewodnikach, jesteśmy w stanie zbudować komponenty współczesnej elektroniki, diody, tranzystory, diody świecące LED i diody laserowe. Jeszcze w latach 70 ubiegłego wieku, półprzewodnikami nazywano materiały z tak zwaną wąską przerwą energetyczną, głównie krzem, german, potem

również arsenek galu. Przerwa energetyczna to energia dzieląca w półprzewodniku poziomy obszar od pustych. Od wielkości tej przerwy zależy energia emitowanych przez materiał fotonów. Okazało się jednak, że półprzewodniki o szerokiej przerwie, emitujące światło w zakresie widzialnym i UV, najczęściej są wysokooporowe. Czasami jest je relatywnie łatwo zdomieszkować na dany typ przewodnictwa (często na tak zwane przewodnictwo elektronowe), ale rzadko łatwo jest kontrolować oba typy przewodzenia.

Najbardziej popularne materiały półprzewodnikowe o szerokiej przerwie to tak zwana rodzina azotków InAlGaN. W związkach tych przerwa energetyczna przyjmuje wartości od 1.7 do 6.2 eV. Choć azotek galu jest trudny w domieszkowaniu, to współczesna optoelektronika pokazała, że nawet fundamentalne trudności można przełamać (Nagroda Nobla 2014 dla twórców technologii), i dzięki temu cieszymy się kolorowymi i białymi LEDami, telewizorami LED LCD czy laserami w BluRay. Czy jednak można dalej ulepszać przyrządy oparte o te półprzewodniki, mimo że natura stawia tak wyraźny opór. Okazuje się, że tak, jeśli przypomnimy sobie, że półprzewodnikowe azotki, są mniej symetryczne niż zwykle półprzewodniki i posiadają wbudowaną polaryzacji dielektryczną. Jeśli teraz wyhodujemy warstwę azotku glinowo galowego – AlGaIn o zmiennym składzie chemicznym, to taka warstwa może przewodzić prąd bez domieszkowania, zarówno elektronowy jak i dziurowy. Taka projektowana inżynieria składu chemicznego jest możliwa przy użyciu współczesnych metod epitaksjalnych. Warstwy w których zamiast wprowadzać obce atomy, kontrolujemy profil składu chemicznego nazywamy warstwami z domieszkowaniem polaryzacyjnym. Co może przynieść domieszkowanie polaryzacyjne: przede wszystkim przyrządy o większej sprawności zamiany prądu w światło, o dłuższym czasie życia i również takie które mogą pracować w niskich temperaturach. Lasery azotkowe stanowią serce obecnie projektowanych optycznych zegarów atomowych nowej generacji. Może dzięki domieszkowaniu polaryzacyjnemu łatwiej im będzie polecieć pewnego dnia w kosmos? Proponowany tu projekt ma pomóc rozstrzygnąć, jak bardzo technologia domieszkowania polaryzacyjnego, może już dziś nam pomóc w zrobieniu lepszych, bardziej ekonomicznych energetycznie i bardziej funkcjonalnych emiterów światła.