

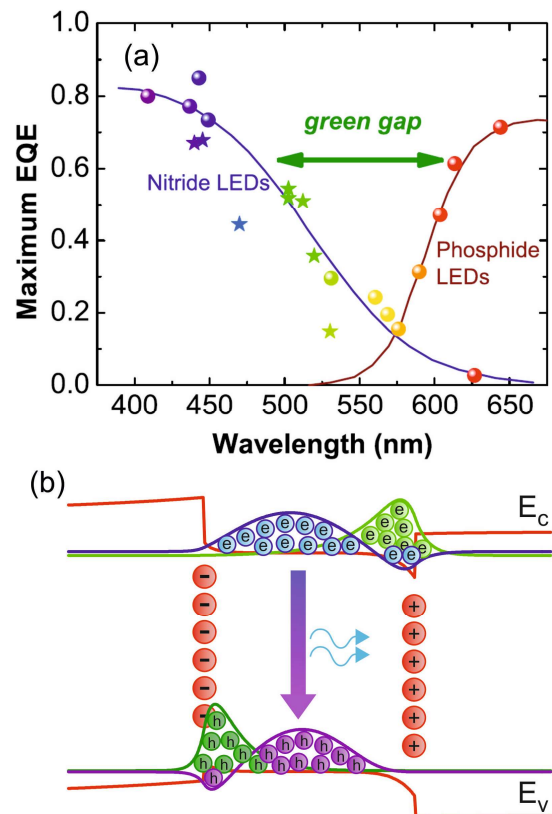
Obejście pól piezoelektrycznych w heterostrukturach azotków grupy III – droga do rozwiązania problemu "green gap"

Diody elektroluminescencyjne (LED) oparte na azotkach metali grupy trzeciej są wykorzystywane w rosnącej liczbie zastosowań. Największym z nich jest oświetlenie, które jest odpowiedzialne za 15% światowej konsumpcji energii elektrycznej. Departament Energii Stanów Zjednoczonych Ameryki przewiduje oszczędności w konsumpcji energii elektrycznej na poziomie 260 TWh do roku 2030, tylko dzięki użyciu diod LED. To spowoduje ograniczenie zużycia paliw kopalnianych, zanieczyszczenia powietrza i emisji gazów cieplarnianych. Te gigantyczne oszczędności biorą się z wyjątkowej sprawności diod LED opartych na InGaN emitujących światło fioletowe i niebieskie, i były powodem przyznania nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w 2014 roku wynalazcom białych LEDów – prof. Shuji Nakamura, prof. Isamu Akasaki and prof. Hiroshi Amano. Na dzień dzisiejszy światło białe w diodach LED jest generowane poprzez mieszanie światła fioletowego (bądź niebieskiego) pochodzącym z InGaN ze światłem żółtym z fosforu, pobudzanego przez światło pochodzące z InGaN. Taka konwersja z fioletowego (bądź niebieskiego) do żółtego koloru wiąże się ze stratą energii. Lepszym podejściem jest mieszanie kolorów niebieskiego, zielonego i czerwonego, które pochodzą bezpośrednio z materiału półprzewodnikowego. Jednakże, sprawność kwantowa emiterów światła zielonego jest wąskim gardłem tego rozwiązania. Poprawa sprawności zielonych diod LED przełożyłaby się na ograniczenie zużycia energii elektrycznej na światową skalę.

Problemem naukowym, który proponowany projekt ma rozwiązać jest spadek wewnętrznej sprawności kwantowej heterostruktur opartych na azotkach grupy III w zielonym obszarze widma, potocznie nazywany jest problemem „green gap”. Rysunek 1(a) przedstawia zależność spektralną maksymalnej zewnętrznej sprawności kwantowej (EQE) diod LED. Przyrządy oparte o azotki mają wysoką sprawność w krótkich długościach fali (kolory fioletowy i niebieski). Głównym powodem mniejszej sprawności w zielonym kolorze jest spadek siły oscylatora studni kwantowych.

Badania proponowane w projekcie mają na celu zbadanie nowego zjawiska zaproponowanego niedawno przez naszą grupę, które może rozwiązać problem „green gap”. Pokazaliśmy, że w szerokich studniach InGaN istnieje zaskakująco efektywny kanał rekombinacji. Jest to sprzeczne z intuicją, ponieważ szerokie studnie InGaN powinny mieć niską siłę oscylatora, ze względu na znaczącą separację funkcji falowych elektronów i dziur. Jednakże, duża siła oscylatora w tych heterostrukturach pochodzi z przejść pomiędzy **stanami wzbudzonymi studni kwantowej**. Rysunek 1(b) przedstawia schemat pasmowy szerokiej studni kwantowej w trakcie pobudzenia.

Przewiduje się, że rezultaty projektu rzucą nowe światło na fizykę przejść promienistych w szerokich studniach InGaN. Demonstracja wysokoskładowych, szerokich studni InGaN z dużą siłą oscylatora pomoże zwiększyć sprawność długofalowych diod LED i w przyszłości zmniejszy problem „green gap”.



Rysunek 1. (a) Spektralna zależność maksymalnej zewnętrznej sprawności kwantowej Rysunek zaczerpnięty z *M. Auf der Maur et al., Physical Review Letters 116, 027401 (2016)*. (b) Schemat pasmowy szerokiej studni kwantowej w trakcie pobudzenia.