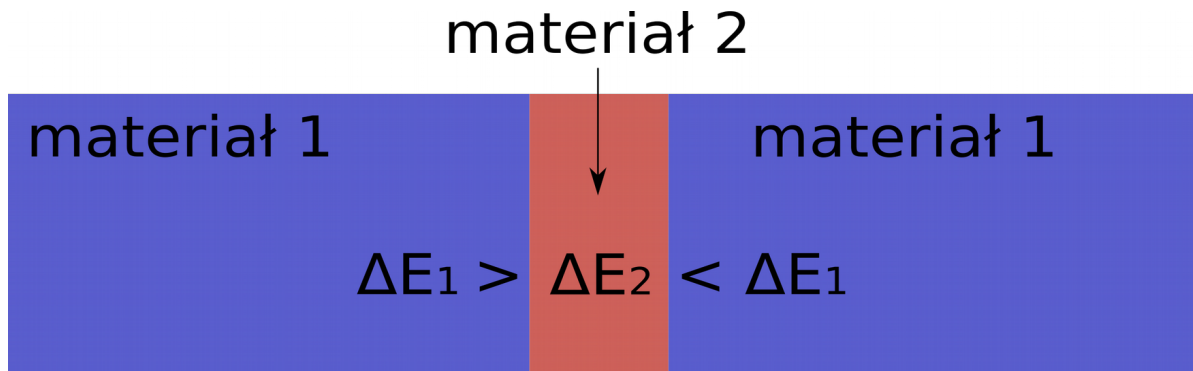


Optyczne badania półprzewodnikowych drutów kwantowych otrzymanych metodą para-ciecz-ciało stałe

Półprzewodniki to grupa materiałów posiadająca przerwę energetyczną. Przerwa energetyczna opisuje zakres energii, w którym nie mogą istnieć żadne stany elektronowe. Możemy przyjąć, że w stanie równowagi interesujące nas elektrony znajdują się na dole tej przerwy, zaś odległe o energię ΔE są najbliższe dozwolone stany. Oznacza to, że jeśli poświecimy na półprzewodnik światłem o niższej energii niż przerwa, to będzie on dla niego przezroczysty, jeśli natomiast o równej lub wyższej – energia fotonów zostanie zaabsorbowana przez elektrony i znajdują się one w stanie wzbudzonym. Warto tu dodać, że to kolor a nie natężenie światła określa jego energię (bardziej niebieski – wyższa energia, bardziej czerwony – niższa).

Po zaabsorbowaniu fotonu, po elektronie na dole przerwy zostaje puste miejsce. Przyjęło się określać je mianem dziury i opisywać jako nośnik ładunku dodatniego. Po akcie absorpcji fotonu następuje rekombinacja elektronu z dziurą, w której wyniku powstaje foton o energii równej przerwie energetycznej. Jednakże w tym krótkim czasie istnienia obu nośników, ze względu na przeciwne znaki ładunku, przyciągają się one do siebie i tworzą swojego rodzaju „atom”, zwany ekscytone.

Taki obraz obowiązuje dla przybliżenia nieskończenie wielkiego kryształu. Sytuacja zmienia się, kiedy zaczynamy ograniczać jego wymiary (np. grubość warstwy). Okazuje się wtedy, że elektrony nie mogą już przyjmować dowolnych energii. W ograniczonym materiale pojawiają się tzw. stany związane o dobrze określonych energiach wyższych niż przerwa ograniczonego materiału.



Ilustracja 1: Schematycznie przedstawiony przekrój poprzeczny przez strukturę z ograniczeniem jednowymiarowym, złożoną z materiału o szerszej (1) i węższej (2) przerwie energetycznej. Jeśli więc jednowymiarowo ograniczona struktura przypomina warstwę, to dwuwymiarowo będzie przypominać cienki cylinder a trójwymiarowo – małą kulkę. W miarę zmniejszania grubości (czy też promienia) materiału 2, pojawią się w nim stany związane o coraz wyższej energii.

Kontrola grubości kryształów na poziomie kilku nanometrów (bo dopiero przy takich rozmiarach widać efekty ograniczenia kwantowego) w strukturach ograniczonych w dwóch wymiarach to trudne zadanie. Znana jest metoda wytwarzania tak zwanych nanodrutów – struktur o średnicach rzędu 30nm i długości około 1.5 μ m, jednakże dopiero dwa lata temu pokazano, że można je doprowadzić do dużo mniejszych średnic w bardzo prosty sposób. Mianowicie trzeba je podgrzać – wtedy materiał będzie powoli sublimował i w efekcie otrzymamy dużo cieńsze struktury: druty kwantowe. Właśnie w ten sposób zostaną otrzymane struktury do tego projektu.

Z ograniczeniem kwantowym wiąże się również to, że wspomniane wcześniej ekscytony znajdują się bardzo blisko siebie (w obszarze o niższej przerwie energetycznej). Dzięki temu ekscytony mogą się łączyć w pary i tworzyć tzw. bieksytony, lub związać dodatkowy elektron czy dziurę i stworzyć trion. Badanie takich kompleksów w kropkach kwantowych pozwoliło na opisanie subtelnych zjawisk dotyczących nośników i ich rekombinacji. Temat ten w odniesieniu do drutów kwantowych pozostaje praktycznie niezbadany.

Wracając do tematu dziur, okazuje się, że różnią się one dość zasadniczo od elektronów. Można podzielić je na dziury lekkie i ciężkie (jest to związane z tym, z którego orbitalu wzbudzony został elektron). Stany związane z dziurami ciężkimi są często nieco bardziej korzystne energetycznie, więc w procesie wzbudzenia powstają właśnie dziury ciężkie. Tymczasem przewiduje się, że w drutach kwantowych to właśnie dziury lekkie będą energetycznie uprzywilejowane, co jest rzadko spotykaną i pożądaną własnością.