

Faza kwantowego metalu w ultracienkich warstwach niobu

Marta Z. Cieplak, Iryna Zaytseva, Aleksander Abaloszew

Instytut Fizyki PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

W cienkich, dwuwymiarowych (2D) warstwach nadprzewodzących zmniejszenie grubości warstw lub przyłożenie zewnętrznego pola magnetycznego prowadzi do przejścia nadprzewodnik-izolator (PNI), które jest jednym z przykładów kwantowego przejścia fazowego. Obserwacje PNI w wielu materiałach dają się w zasadzie wytłumaczyć teoretycznym modelem bozonowym przejścia, choć niektóre własności nie są z nim zgodne [1]. Istnieje też jednak pewna klasa materiałów, w których oprócz fazy nadprzewodnika i izolatora obserwuje się w granicy bardzo niskich temperatur pośrednią fazę metaliczną, tzw. fazę kwantowego metalu; ostatnio zaobserwowano ją w monokrystalicznych warstwach NbSe₂ [2]. Natura tej fazy jest ciągle przedmiotem badań i dyskusji [3].

W tej prezentacji omówione będą badania PNI dla ultracienkich warstw niobu (Nb), dotychczas nieopisane w literaturze. Warstwy Nb, o grubości d w zakresie od 1,1 nm do 20 nm, osadzono metodą rozpylania katodowego pomiędzy dwiema ochronnymi warstwami krzemu (Si) o stałej grubości 10 nm. Badania pokazały, że wraz ze zmniejszaniem d struktura warstw zmienia się od polikrystalicznej do amorficznej, zaś współczynnik Halla zmienia znak z dodatniego na ujemny, najprawdopodobniej na skutek zwiększonego rozpraszania nośników na międzypowierzchni Nb/Si [4]. Wraz ze zmniejszaniem d maleje temperatura krytyczna przejścia do stanu nadprzewodzącego, zaś oraz drugie pole krytyczne H_{c2} najpierw nieco rośnie, a następnie maleje. Zależność H_{c2} od temperatury wskazuje, że dla cienkich warstw rośnie udział spinowego efektu paramagnetycznego w niszczeniu nadprzewodnictwa.

Badania PNI przeprowadzono w szerokim zakresie temperatur (mK do pokojowej), i w prostym polu magnetycznym do 9 T. We wszystkich warstwach występuje PNI wymuszone polem magnetycznym, przy czym w najcieńszych warstwach i w najniższych temperaturach pojawia się nasycenie oporu do skończonych wartości, mniejszych od oporu w stanie normalnym, co wskazuje na obecność kwantowego stanu metalicznego. W stanie tym opór zależy potęgowo od pola magnetycznego, zaś wykładniki tej zależności pozostają w ścisłym związku z energią termicznej aktywacji wirów, obserwowaną w wyższych temperaturach. Własności te wydają się być zgodne z modelem tzw. metalu Bosego, zaproponowanego do opisu kwantowego metalu [5].

Warstwy osadzone były we współpracy z L. Y. Zhu i C. L. Chien (The Johns Hopkins University). Badania współfinansowane były z następujących projektów badawczych: NCN 2011/01/B/ST3/00462 oraz NCN 2014/15/B/ST3/03889; część pomiarów wykonano w laboratorium współfinansowanym z projektu ERDF, NanoFun POIG.02.02.00-00-025/09.

[1] V. F. Gantmakher and V. T. Dolgoplov, Phys.-Usp. **53**, 1 (2010).

[2] A.W. Tsen *et al.*, Nature Phys. **12**, 208 (2016).

[3] P.W. Phillips, Nature Phys. **12**, 206 (2016).

[4] I. Zaytseva *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 060505(R) (2014); I.N. Demchenko *et al.*, Appl. Surf. Sci. **399**, 32 (2017).

[5] D. Das and S. Doniach, Phys. Rev. B **64**, 134511 (2001).