

Sommario

Proprietà di magneto-trasporto di sottili strisce superconduttive nell'ambito del modello di Ginzburg-Landau dipendente dal tempo

Questa tesi riassume la mia attività di ricerca di carattere sperimentale/fenomenologico svolta presso i laboratori del Dipartimento di Fisica l'Università degli Studi di Salerno. L'attività sperimentale è consistita nella fabbricazione di dispositivi superconduttivi di dimensioni mesoscopiche realizzati mediante Electron Beam Lithography (EBL) su films di Niobio ottenuti per deposizione con sputtering RF tipo magnetron. Tra i dispositivi realizzati con successo meritano attenzione strisce sottili (25 nm) di Niobio poroso con reticolo regolare quadrato su scala submicrometrica spinta (buchi di 15 nm di diametro distanziati di 50 nm) sui quali sono stati condotti studi sul matching del reticolo di vortici di Abrikosov ad alti campi magnetici. Altri dispositivi realizzati con successo sono state strisce superconduttive con dimensioni laterali dell'ordine del micron ma con spessore variabile sulla scala nanometrica. Su questo tipo di dispositivi è stato condotto uno studio delle proprietà di magnetotrasporto a temperature criogeniche (elio liquido) e criogeniche spinte (300 mK) in campo magnetico sia parallelo che perpendicolare al substrato. Il risultato più interessante è stato che questi dispositivi possono esibire un comportamento di diodo superconduttivo.

Parallelamente alla attività di laboratorio, è stata condotta una attività teorico-computazionale finalizzata alla descrizione/interpretazione dei fenomeni sperimentalmente osservati all'interno del modello di Ginzburg-Landau dipendente dal tempo (TDGL). L'integrazione numerica diretta della TDGL nonché la sua specializzazione a proprietà di magnetotrasporto di strisce superconduttive a geometria finita e non convenzionale non aveva tradizione presso il suddetto Dipartimento di Fisica, ed è stato dato un contributo particolarmente originale su tale linea di ricerca. Tra i risultati degni di nota in questa attività sono da segnalare l'interpretazione della asimmetria e bistabilità di un diodo di Abrikosov basato su strisce superconduttore/ferromagnete, la interpretazione delle proprietà di matching in strisce con reticoli quadrati di antidots su scala nanometrica, il comportamento di gusci cilindrici superconduttivi in presenza di campo magnetico applicato perpendicolarmente all'asse, ivi inclusa la dinamica di un singolo vortice di Abrikosov intrappolato in tali gusci, e infine le proprietà di magnetotrasporto di strisce superconduttive con sezione variabile su scala nanometrica.

Abstract

Magneto-transport properties of thin superconducting strips in the framework of Time-Dependent Ginzburg-Landau model

This dissertation is addressed to summarize my experimental/phenomenological research activities conducted at the laboratories of Physics Department, University of Salerno. The experimental work consisted in the fabrication of mesoscopic superconducting devices made using Electron Beam Lithography (EBL) on Niobium thin films obtained by magnetron RF sputtering deposition. Among the devices fabricated with success are worthy of attention thin strips (25 nm) of Niobium with a regular array of antidots in deep submicron scale (15 nm diameter holes spaced 50 nm) on which studies were performed about the matching of Abrikosov vortices lattice at high magnetic fields. Other devices successfully produced have been superconducting strips with lateral dimensions of the order of microns, but with variable thickness on the nanometer scale. On this type of devices we have conducted a study of magneto-transport properties at cryogenic (liquid helium) and deep cryogenic (300 mK) temperatures in a magnetic field both parallel and perpendicular to the substrate. The most interesting result was that these devices may exhibit a behavior of superconducting diode.

In parallel to experimental activities were carried out investigations aimed at the theoretical and computational description/interpretation of the phenomena observed experimentally in the framework of Time-Dependent Ginzburg-Landau (TDGL) model of superconductivity. The direct numerical integration of the TDGL as well as its specialization to magneto-transport properties of superconducting strips in finite and unconventional geometry had not tradition at the Department of Physics, and we gave an original contribution to this research line. Results acquired in this activity that are worth mentioning are the interpretation of the asymmetry and bistability in a Abrikosov diode based on superconductor/ferromagnet strips, the interpretation of matching properties in strips with square arrays of antidots in the nanometer scale, the behavior of superconducting cylindrical shells in the presence of a magnetic field applied parallel and perpendicular to the axis, including the dynamics of a single Abrikosov vortex trapped in these shells, and finally the magneto-transport properties of superconducting strips with variable section at the nanoscale.