

Supravodivost II

M. Ambrož*, K. Fantínová**, K. Chlouba***, M. Koláček****,
M. Kovač*****

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

*mail@amsys.cz, **karin.fantinova@seznam.cz,
charlespro@volny.cz, *kolacek.michal@volny.cz,
*****masaro.bubo@post.cz

Abstrakt

Co je supravodivost a jaké materiály vykazují supravodivé vlastnosti? Kdy byl tento jev poprvé pozorován a kde se supravodivost uplatňuje? Co je supravodivá levitace a na jakém principu pracuje supravodivý kvantový interferenční detektor? To vše se pokusíme objasnit v tomto příspěvku.

1 Úvod

Supravodivost je jev kvantové mechaniky, při němž materiál neklade žádný zaznamatelný odpor průchodu elektrického proudu, neuvolňuje se žádné ohmické teplo a materiál vypuzuje ze svého objemu magnetické siločáry, čím odpuzuje vnější magnetická pole a při průchodu proudu sám kolem sebe vytváří velmi silné magnetické pole.

2 Objev supravodivosti

Supravodivost byla objevena roku 1911 holandským fyzikem H. Kamerling-Onnesem, a to tři roky poté, co se mu podařilo zkapalnit helium. Kapalně helium totiž umožňuje zchladit látku až na teplotu blízkou k 4,2 K za normálního tlaku. Supravodivost se projevuje až při velmi nízkých teplotách blízkých se k absolutní nule a právě zkapalnění helia se stalo zlomem ve výzkumu fyziky nízkých teplot a supravodivosti vůbec.

Onnes prováděl měření elektrického odporu platiny a zlata. Odpor sice klesal s teplotou, ale stále se projevoval zbytkový odpor, který přisuzoval nečistotám.

Supravodivost se plně prokázala při měření odporu rtuti, protože opakovanými destilacemi lze nečistoty ze rtuti zcela odstranit. Elektrický odpor rtuti náhle spadl na nulu a tento jev, kdy při průchodu elektrického proudu není zaznamenán žádný odpor, byl nazván supravodivost.

3 Supravodivý kvantový interferenční detektor

SQUID neboli supravodivý kvantový interferenční detektor (Obr. 1) umožňuje měření velmi slabých magnetických polí až na hranici řádu femto. Základem pro sestrojení tohoto zařízení bylo objevení Josephsonova jevu v roce 1962. Tento jev je založen na přechodu tvořeném dvěma supravodiči, mezi kterými je vrstva izolace. Díky kvantovému tunelování Copperových párů je pak možné měřit velmi malé rozdíly napětí.

Standardně se v tomto zařízení používá čistý niob nebo olovo, které je z 10 % obohaceno zlatem nebo indiem, protože olovo samo o sobě je velmi nestabilní. Aby se dosáhlo supravodivých vlastností, musí se celé zařízení ochladit pomocí tekutého helia, což je nejdražší možnost, ale na druhou stranu velmi přesná metoda.

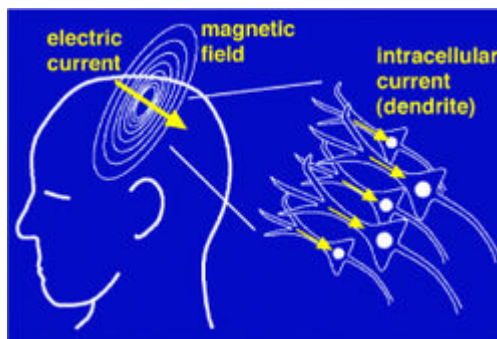
Dnes jsou však známy i vysokoteplotní supravodiče, které stačí pro získání požadovaných vlastností ochladit tekutým dusíkem, což je méně finančně nákladné, avšak použitelné pro aplikace vyžadující menší přesnost.

Existují dva typy supravodivých detektorů. RF SQUID (z anglického radiofrekvence – radiofrekvenční) obsahuje pouze jeden Josephsonův přechod, DC SQUID (z anglického direct current – stejnosměrný) využívá paralelního spojení supravodičů do smyčky. RF detektory jsou oproti DC detektorům mnohem jednodušší, levnější a ne tak přesné a mají menší citlivost.

SQUID mají široké využití například v medicíně v tzv. magnetoencefalografii (Obr. 3), kde dochází k detekci velmi slabých magnetických polí, která vznikají na základě elektrických impulsů v mozku (Obr. 2). Tyto měřicí metody jsou běžně využívány v klinické praxi, kde pomáhají lokalizovat patologické nálezy špatně přístupných orgánů.



Obr.1 SQUID



Obr. 2 Detekce magnetického pole



Obr. 3 Detektor

4 Aplikace

Jednou z nejznámějších aplikací supravodivosti jsou levitující vlaky Maglev (Obr. 4), jejichž vagóny jsou na bocích vybaveny cívkami se supravodivým magnetem, která kolem sebe vytváří velmi silná magnetická pole, což vytváří interakci mezi vlakem a kolejištěm a celá souprava se vznáší cca 150 mm nad zemí.

Supravodivá levitace (Obr. 5) je zajištěna nulovým měrným odporem supravodičů, což nezpůsobuje tlumení stínících vířivých proudů. Vnější magnetické pole je pak dokonale odstíněno a při jakékoliv změně tohoto magnetického pole dojde k vybuzení stínících proudů na povrchu supravodiče. Magnet na tomto místě jakoby zamrzne a může se vznášet nad

supravodičem a dokonce i pod ním. Tato poloha je víceméně stabilní a magnet vydrží i značnou zátěž.

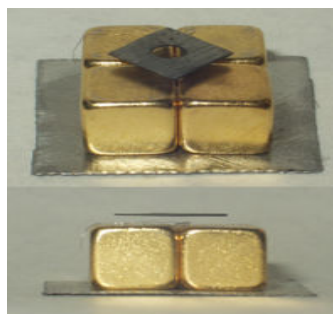
Této vlastnosti se dá využít v setrvačnicích, které se dnes vyvíjejí pro stabilizaci polohy družic. Tyto setrvačníky by mohly být zdrojem kinetické energie, převeditelnou na elektrickou a mohly by tak zásobovat vesmírnou stanici.

Supravodiče jsou využívány, jak už bylo výše zmíněno, při magnetické rezonanci mozku, ale i v mnoha jiných lékařských a biologických oblastech. Dále byly využity například v Cernu při proton-antiprotonové kolizi při zkoumání zrychlování částic.

Supravodivost je využívána i při přerušování proudů v elektrárnách, nebo v budoucnu se bude čím dál častěji uplatňovat v armádě pro výrobu zbraní, které budou přerušovat cizí elektronicky řízené hlavice či rakety.



Obr. 4 Vlak MAGLEV



Obr. 5 Levitace

5 Shrnutí

Naším cílem bylo objasnění pojmu supravodivost se všemi důsledky, které s sebou tento jev přináší. Kladli jsme větší důraz na aplikace než na exaktní výklad teorie. Chtěli jsme především upozornit na široké využití supravodivého jevu, který je uplatňován v nejrozumnějších vědních oborech, ale i v běžné praxi. Také jsme se snažili podrobněji popsat princip supravodivého kvantového interferenčního detektoru.

Poděkování

Závěrem bychom chtěli poděkovat především ing. V. Svobodovi, CSc. za organizaci fyzikálního semináře a všem, kteří naši přednášku podpořili.

Reference

- [1] SQUID, <http://en.wikipedia.org/wiki/SQUID>
- [2] Magnetoencefalografie, <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoencefalografie>