

СВРЪХПРОВОДНИЦИТЕ В МЕДИЦИНАТА

Н.Нанчева, П.Дочева
Русенски университет

ВЪВЕДЕНИЕ

Трудно е да си представим съвременната медицина без физиката, която дава на медицината мощен апарат от теории, експериментални методи и технически средства за изследване на физиологичните процеси на всички структурни нива. Без физиката е немислимо моделирането на тези процеси в норма и патология. Физиката предоставя възможности и за обективна оценка на въздействието върху човека на различни природни и техногенни фактори, важно за диагностиката и лечението, за хигиената и профилактиката.

В принципа на всеки физичен метод за диагностика и терапия – електрокардиография (базирана на биопотенциалите), ехокардиография (базирана на свойствата на ултразвук и приложението му в медицината), ангиография (метод за приложение на рентгеновите лъчи), ултразвуков и флуоресцентен анализ, радионуклидна диагностика, термография - стоят фундаментални физични закони. Медицинските апарати с широко приложение в медицинската практика - оптичен и електронен микроскоп, ултразвуков ехограф, доплеров ехограф, хемодиализатор, реограф, пневмотахометър, конвенционален рентгенов апарат и скенер, апарат за електронен парамагнитен резонанс, рефрактометри, апарат за ядрен магнитен резонанс, радиодиагностична апаратура, литотриптери (уреди използващи ултразвук за разрушаване на камъни в злъчката и рентгенови лъчи за разрушаване на камъни в бъбреците), лазери, механични скенери, гама - камера, позитронно - емисионна гама камера, компютърно томографска техника и др. - са конструирани на базата на физични явления и ефекти. На основата на физични явления и ефекти са създадени и основните електронни детайли и възли, участващи в медицинските апарати - диоди, транзистори, диференциални усилватели, термо-, тензо-, фото-, пиезо и други видове датчици, генератори на електрични импулси, електронно - лъчева тръба, генератори и детектори на ултразвук и др. При това за всеки конкретен случай са използвани и специфичните свойства на някои материали.

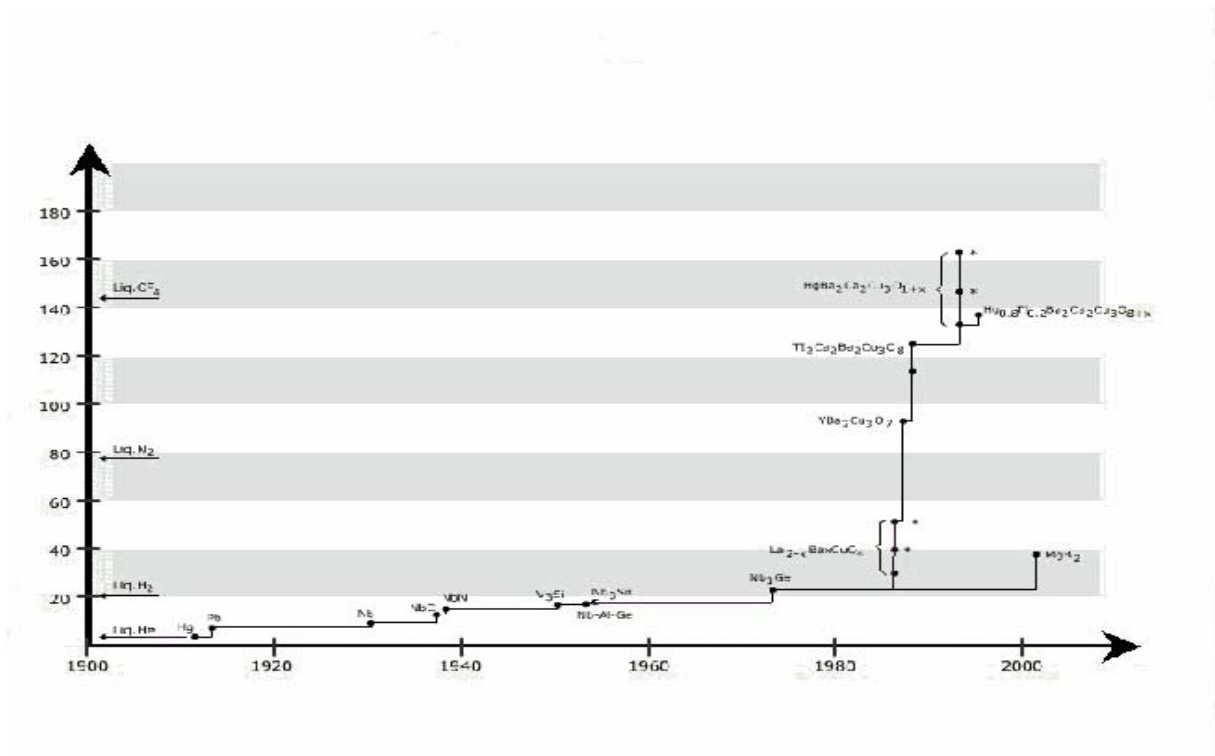
Цел на предлаганата работа е да представи приложението на свръхпроводниците в медицината.

ЗА СВРЪХПРОВОДИМОСТТА И СВРЪХПРОВОДНИЦИТЕ

Свръхпроводимост е явлението на скокообразно намаляване до нула на специфичното съпротивление и рязко увеличаване на електрическата проводимост при определена, характерна за даденото вещество температура. Веществата, притежаващи такива свойства се наричат **свръхпроводници**, а температурата на преход в свръхпроводимо състояние T_k - *критична температура*. Първият открит свръхпроводник е живак с критична температура около 4 К (1911 г. Хайке Камерлинг Онес). В следващите години усилията на учените са насочени в търсене на материали с висока критична температура. Откриването на такива материали, които са свръхпроводници при стайна температура, би било от изключителна важност с оглед на практическите им приложения.

Свръхпроводимостта е един от най-бързо развиващите се клонове на физиката със значителни открития направени не преди стотици години, а в последните няколко десетилетия (**фиг.1**). Първите свръхпроводници са метали ((Be, Al, Ti, V, Zn, Ga, Zr, Nb,

Mo, Tc, Ru, Cd, In, Sn, La, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U), но в следващите години явлението е наблюдавано и в редица съединения (NiBi, PbSe, NbV, MoC и др.) и сплави (Bi-Pt, Pb-Au, Sn-Zn, Pb-Hg и др.). Открити са и органични свръхпроводници, както и керамични материали, притежаващи свръхпроводимост при $T_K > 100$ K. Всеки материал, който има критична температура $T_K > 77$ K се разглежда като “високотемпературен” свръхпроводник, а останалите свръхпроводници се наричат “нискотемпературни”. Най-висока критична температура е наблюдавана в $Hg_{0.8}Tl_{0.2}Ba_2Ca_2Cu_3O_{8+x}$ ($T_K = 138$ K) и в системата $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{10+x}$ ($T_K = 164$ K), но при налягане $P = 31$ GPa).



Фиг.1

За изключителното значение на явлението свидетелства факта, че за изследвания свързани със свръхпроводимостта са присъдени **пет Нобелови награди по физика** (1913 г.- Хайке Камерлинг Онес; 1972 г. – Джон Бардин, Леон Купър, Дж.Роберт Шрифър; 1973 г. – Ивар Гевер, Лео Есаки, Брайан Джозефсън; 1987 г. – Георг Беднорц, Алекс Мюлер; 2003 г. – Алексей Абрикосов, Виталий Гинзбург, Антъни Легет).

Практическо приложение явлението свръхпроводимост намира при създаване на намотки за големи генератори, електродвигатели, големи магнити, трансформатори, свръхпроводящи елементи на памет, високочувствителни термометри и др. Създадени са и свръхпроводящи транзистор и гравиметър, влак на магнитна възглавница, а най-голямото свръхпроводящо съоръжение в света ще бъде големия адронов ускорител, който ще бъде пуснат в действие през 2007 г. [1].

СВРЪХПРОВОДНИЦИТЕ В МЕДИЦИНАТА

Биомедицинските приложения на свръхпроводимостта [2, 3] са свързани основно с две различни технологии – **Магнитно - резонансна томография (MRI)** и **Биомагнитни измервания (MSI)**.

1. Магнитно - резонансна томография (MRI)

Магнитно - резонансната томография е най-новият метод за образна диагностика [4, 5]. Използва се за изследване на меките тъкани като хрущял, мембрани, и мозъчни тъкани без да е нужна хирургична намеса. Основа на магнитно - резонансната томография (MRI) е явлението ядрено-магнитен резонанс (ЯМР) – резонансното поглъщане на енергия от ядрата на водорода в тъканите, поставени в постоянно магнитно поле с магнитна индукция B_0 . В биологичните тъкани обемната концентрация на водорода е около $7 \cdot 10^{22} \text{ mm}^{-3}$. Когато един протон се намира в постоянно магнитно поле с магнитна индукция B_0 , неговият магнитен момент се ориентира по посока на полето. Ако се приложи и едно високочестотно електромагнитно (ВЧ ЕМ) поле с посока перпендикулярна на посоката на постоянното магнитно поле, магнитният момент на протона започва да прецесира. Източник на енергия за прецесия на протоните е ВЧ ЕМ поле с честота ν_0 , при изпълнено условие за ЯМР $h \cdot \nu_0 = \mu_p g_p B_0$, където μ_p е ядреният магнетон, а g_p е множителят на Ланде. ЯМР -сигналят е ВЧ ЕД напрежение, индуцирано от прецесиращия магнитен момент на протона в същата намотка, която създава ВЧ ЕМ поле. Образът се получава чрез ЯМР - сигналите от протоните в огромен брой малки обемни елементи в тъканите. Магнитно - резонансният образ е сянков образ, представящ разпределението в различните тъкани на две величини: броя на протоните в обемния елемент или средното време за релаксация τ на протоните в този обем. В първия случай контрастът в образа е значително по-малък, тъй като водното съдържание, а следователно и концентрацията на протони в различните меки тъкани варира в границите на 25 %. В новите магнитно - резонансни томографи се използва разликата във времената на релаксация, която може да достигне до 300 % за меките тъкани. При патологични изменения в тъканите тази разлика достига до 500 % и повече и по тази причина ЯМР е много полезен метод за ранно диагностициране на ракови заболявания в меките тъкани [4].

Силните магнити, които са нужни за тези прибори са перфектно приложение на свръхпроводниците. По време на изследването пациентът се намира във вътрешността на кръгла камера (фиг.2). Около камерата се създава силно магнитно поле от свръхпроводящи електромагнити, което ориентира водородните ядра в тъканите на пациента по посока на линиите на магнитното поле. Магнитът, който създава основното постоянно магнитно поле, представлява свръхпроводяща система от намотки и криостат. Магнитната индукция на това хомогенно поле е 0.5, 1.0 или 1.5 Т при различните томографи [6].



Фиг.2. MRI прибор

Свръхпроводимостта се постига чрез постоянно охлаждане на намотките с течен хелий. Допълнителни магнитни полета, значително по-слаби от основното, се създават от три независими намотки. Захранването на основната намотка и отвеждането от нея на ЯМР сигналите се управлява от компютър, с помощта на който се формира и образът. Образът се представя върху флуоресциращия екран на монитора, откъдето се фотографира. На пациентите не се причиняват увреждания. Единственият проблем е, че се използва течен хелий за съхраняването на който са нужни много средства. MRI образи на човешки череп и гръбначен стълб са представени на **фиг.3** и **фиг.4**, съответно.



Фиг.3. MRI на човешки череп



Фиг.4. MRI на гръбначния стълб

2. Биомагнитни измервания

Биомагнетизмът е свързан с измерване на магнитното поле създадено от биологични системи, такива като човешкото тяло. Той се отличава от магнитобиологията, която е свързана с изучаване на влиянието на магнитното поле върху биологичните системи. Човешкото тяло създава изключително слаби магнитни полета и единственият тип детектор, достатъчно чувствителен да регистрира такива полета, с големина между нано тесла (nT) и пико тесла (pT), е свръхпроводящият квантов интерференчен прибор (SQUID).

2.1. Свръхпроводящ SQUID магнитометър

Свръхпроводящият квантов интерференчен прибор (**фиг.5**) е създаден за нуждите на магнитоенцилографията. Съставен е от два свръхпроводника разделени с тънки изолиращи слоеве, така че се създават два паралелни Джозефсоновски контакта. Може да бъде използван като магнитометър за регистриране на изключително слаби магнитни полета. С него е възможно да се регистрира промяна в магнитно поле, милиарди пъти по-слабо от полето, отклоняващо магнитната стрелка на компаса (за компаса – $5 \cdot 10^{-5}$ T, за SQUID - 10^{-14} T.). Действа като нискошумов конвертор на ток - напрежение, който позволява да се регистрират невромагнитни сигнали с големина само няколко фемто тесла. Чувствителността на SQUID към магнитните полета може да бъде повишена чрез свързване към свръхпроводяща намотка, наричана “трансформатор на потока”. SQUID и индукционната намотка на клиничните биомагнитометри, които използват специална индукционна намотка направена от свръхпроводящ проводник, се поддържат в свръхпроводящо състояние чрез потапяне в течен хелий, съхраняван в изолиран