□ 技 術 解 說 □

超電導와 그 應用

李 承 院*

차 례

1. 超電導現象
2. 超電導體의 無抵抗性
3. 超電導體의 反磁性性
4. 超電導體의 永久電流性
5. 超電導體의 半導體性
6. 超電導體의 應用
7. 結 論

1. 超電導 現象

1911年 Leiden 大學의 Kamerlingh Onnes 教授는 水銀의 電氣抵抗이 4.2K 以下에서 完全히 사라져 버리는 것을 發見했다. 大槪의 導體는 그림 1의 破線과 같이 低溫이 되더라도 不純物때문에 抵抗이 남아 있는 法인데 이 實驗의 水銀의 경우 不純物이 多少 섞여 있는 데도 不拘하고 그림 1의 實驗으로 表示된 것과 같이 4.2K에서 抵抗이 完全히 喪失되는 것이다. Onnes 教授는 이 現象을 超電導라고 불렀다.

그후 Onnes 를 비롯 많은 科學者들은 水銀以外에도 많은 物質들이 超電導 現象을 나타냄을 發見했고 또 이들은 各己 다르기는 하나 一定磁界에서는 그超電導性을 喪失 電氣抵抗이 있는 常電導狀態로 돌아가며 다시 磁界를 弱하게 해가면 超電導狀態로 復歸함도 發見했다. 이때의 轉移가 일어나는 磁界를 臨界磁界라고 하는데 이 臨界磁界 H_c 가 溫度 T에 따라 變化함도 알게 되었다. H 와 T의 關係는 大槪 다음 1式으로 表示되는 포물선과 같다.

$$H_c(T) = H_{co}\{1 - (\frac{T}{T_{co}})^2\} \qquad (1)$$

여기서 T_{co} 는 無磁界의 경우의 臨界溫度
H_{co} 는 絶對零度에 있어서의 臨界磁界이다.

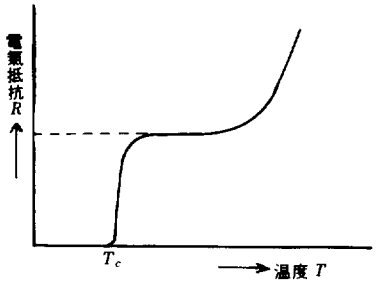


그림 1. 水銀의 T_c-R曲線

그림 2가 이 關係를 表示한 것이다.

Onnes 以後 많은 科學者들에 依해서 超電導物質은 繼續 發見되어 現在까지는 表 1과 같이 많은 金屬元素가 超電導性을 갖고 있음을 알게 되었다.

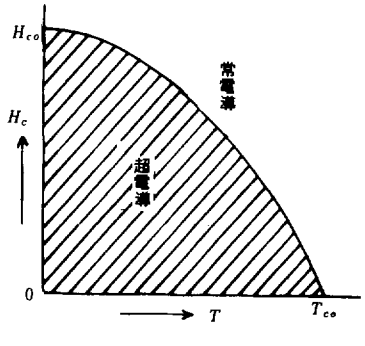


그림 2. H_c-T의 關係曲線

* 正會員 : 서울大 工大 電氣工學科 教授·工博

表 1. 超電導金屬

元 素	T_{c0}[K]	$H_{c0}\times10^4$[T]	元 素	T_{c0}[K]	$H_{c0}\times10^4$[T]
Al	1.183	104	Ru	0.49	66
Ga	1.087	59.4	Ta	4.39	780
In	3.407	282.7	Tc	8.22	–
Ir	0.14	20	Tl	2.38	176.5
La-α	4.80	–	Th	1.368	131
La-β	5.91	1,600	Sn	3.722	303
Pb	7.23	803	Ti	0.42	56
Hg-α	4.153	380	W	0.012	1.07
Hg-β	3.941	339	U-α	0.68	2,000
Mo	0.915	95	U-γ	1.80	–
Nb	9.17	1,944	V	5.3	1,310
Os	0.655	65	Zn	0.852	51.8
Re	1.70	188	Zr	0.546	47

이 以外에도 Si, Ge, Se, Bi, Te 과 같은 半導體 및 半金屬도 높은 압력을 加하던가 유리板上에 蒸着시켜 薄膜으로 만들던가 할 것 같으면 低溫에서 超電導性을 發揮함을 알게 되었다. 또 金屬元素뿐만 아니라 合金이나 化合物도 超電導性을 갖고 있는 것이 있음을 알게 되었고 이中에는 臨界抵抗이 대단히 높은 것이(V_3Ga) 發見되어 高磁界磁石(18T 까지 成功)을 만들 수 있게 됨으로써 超電導의 應用에 박차를 加하게 되었다.

2. 超電導体의 無抵抗性

金屬中에는 電氣電導性이 良好한 것과 거의 電氣電導性이 없어 絶緣物에 가까운 것도 있다. 그 理由를 알아보기로 하자. 一般的으로 固體에는 많은 電子가 包含되어 있는데 이 電子는 原子內部 깊숙이 속박되어있는것도 있고 外部에 거의 속박없이 위치하고 있는 것도 있다. 이 電子는 自由롭게 되기 쉬운 電子로서 이에 電界를 加하기만 하면 이 電子는 加速되여 運動하게 되고 電荷를 運搬하게 된다. 이 電子가 바로 自由電子 또는 電導電子라고 불리우는 것이다. 絶緣體에 가까운 金屬에 있어서는 電子가 內部에 깊숙이 큰 힘에 依해서 捕獲當하고 있기 때문에 電界를 加하더라도 움직이지를 못하는 것이다. 이와같은 電子가 어느 程度 自由롭게 움직일 수 있나, 바꾸어 말해서 電子가 움직이기가 얼마나 어려운가를 表示하는데 電氣抵抗이라는 말을 쓴다. 그러나 이 自由電子보다 導體의 溫度가 上昇하면 金屬格子가 熱振動을 하게 되기 때문에 그 通過空間이 좁아져 많은 電子가 格子와 衝突하게 된다. 이것을 量子力學的으로는 phonon의 交換이라고 부른다. 即 熱振動하고 있는 金屬 ion 에 依해서 電子가 散亂할 경우 이 電子는 phonon 이 가지고 있는 運動量을 吸收하기도 하고 放出하기도 하는 것이다.

導體의 溫度를 떨어뜨려가면 格子의 熱運動도 점차 沈靜되어가 格子와 電子內의 phonon 의 交換도 無視할 수 있을 程度가 되어 電氣抵抗도 점차 減少되어 가게된다. 이 狀態에 到達하면 相互間 自由로운 狀態에 있다고 生覺했던 電子間에 作用이 나타나게 된다. 다시 말해서 通常電導機構에서는 전혀 考慮되지 않았던 電子相互間의 作用이 溫度의 低下와 더불어 나타나기 시작한다. 即 電子는 獨立的으로 運動하는 것이 아니라 電子相互間에 phonon 을 주고 받는 雙으로서 動作하게 된다. 그림 (3)은 相互間에 phonon 을 주고 받는 電子를 表示한 것이다. 當時 Irinoi 大學의 大學院學生이었던 L. N. Cooper 는 金屬中의 電子의 相互作用을 硏究하던中 같은 電荷를 가진 電子間에 反撥力(coulomb force)이 作用하는 것이 아니라 相互間에 引力이 作用함을 發見했다. Cooper 의 硏究를 指導하고 있던 Bell 硏究所의 J. Bardeen 과 그의 동료인 Irinoi 大學의 J. R. Schrieffer 와 이 問題를 檢討한 結果, 超電導狀態에서는 두 電子가 引力에 依해서 雙이 된다는 理論을 定立하게 되었고 이 電子의 雙을 Cooper 雙이라고 부르게 되었다. 即 超電導狀態라는 것은 電子가 Cooper 雙을 이루고 있는 狀態이며 1個의 電子의 衝突에 依해서 發生하는 抵抗을 同時에 일어나는 또하나의 衝突에 依해서 相殺되어 電氣抵抗이 完全히 없어지는 것이다. 이 現象은 臨界溫度以下가 되었을때 비로서 發生한다. 溫度가 上昇해서 臨界溫度를 넘으면 電子의 相互作用은 相殺되는 것이 아니라 相乘的이 되는 것이다. 이 理論에 依한 Tc 는 實驗과 一致함을 알 수 있었다. 이 超電導理論을 理論定立者들의 이름을 따서 BCS 理論이라고 부르며 이 同種電荷를 띤 電子間에 斥力이 發生

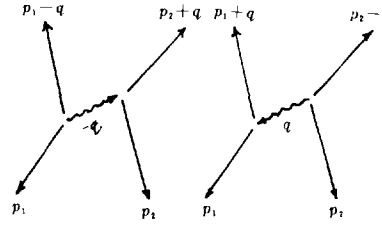


그림 3. 두 電子間의 phonon 交換

할 것이라고 生覺되는 두 粒子間에 引力이 存在한다는 理論은 그 後 固體物理에 많은 영향을 미치게 되었다.

3. 超電導体의 反磁性性

前記한 바와같이 超電導現象의 發見은 그 無抵抗性으로 始作되었는데 거듭되는 研究結果 超電導體가 反磁性體임이 밝혀졌다. 反磁性體는 强磁性體와는 反對로서 磁界中에 超電導體를 놓을 것 같으면 强磁性體는 磁力線을 그 體內에 引込하는데 反해서 反磁性體는 周邊의 磁力線을 排斥한다. 그림 4는 3種의 磁性體를 表示한 것이다. 이 性質의 根本은 前述한 無抵抗에 起因하는 것이지만 結果的으로는 反磁性性의 特徵을 나타내고 있음으로 別個의 特性으로 看做하고 있다. 이 性質은 從來의 電磁氣學에 依하여 다음과 같

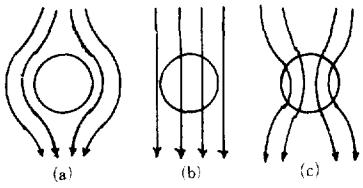


그림 4.

이 해석된다. 即 物體에 電流가 흐르고 있으면 그 電流方向으로 電位勾配가 있게 마련이다. 電流勾配가 없으면 電子를 移動시키지 못하기 때문이다. 그래서 電流가 흐르고 있는 物體의 2點間에는 電位差가 있고 電位差가 있다는 것은 그 周邊에 磁界가 있어 時間的으로 變化하고 있음을 뜻한다. 即 導體內部에서 磁束이 變化하며 誘導電位를 만들고 그것이 電子를 移動시켜 電流를 흐르게 하고 있는 것이다. 그런데 超電導體에는 抵抗이 없어 電流가 흐르더라도 電位差가 없으므로 時間的으로 變化하는 磁束이 있을 必要가 없게된다. 이와 같이 電流가 흐르더라도 磁界가 存在하지 않는 超電導體의 性質을 最初에 發見한 學者의 이름을 따서 Meissner 效果라고 부른다. 即 超電導體는 그 內部에 磁界가 存在하지 않으며 完全反磁性의 性質을 가지고 있는 것이다. 이것은 超電導體를 磁界內에 投入하면 그 磁界를 完全히 相殺하는 表層電流가 흐르기 때문인 것이다. 그림 5는 磁界內에 球形超電導體로 놓았을 경우인데 이때 表層電流가 內部磁界를 完全相殺하도록 흐른다. 따라서 外部磁界는 대단히 强化되고 그림 5(b)와 같이 完全反磁性體의 경우와 같게 된다.

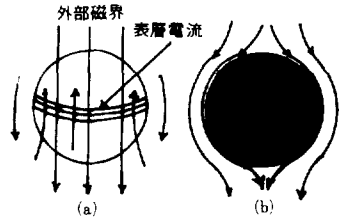


그림 5. 超電導球體에 흐르는 表層電流

이와같이 超電導體의 反磁性이 表層電流에 依한 것이라고 說明한 사람이 Rondon으로서 이것은 Rondon 理論이라고 부른다. 이 경우 表層電流密度와 磁界의 侵入狀態를 나타낸 것이 그림 6이며 10^{-5} cm의 表層에 10^{14} A/cm²의 電流密度로 電流가 흐른다. 이것을 一般導體의 電流密度 $10^{2\sim3}$ A/cm²와 比較하면 실로 $10^{11\sim12}$ 倍나 되는 큰 電流인 것이다.

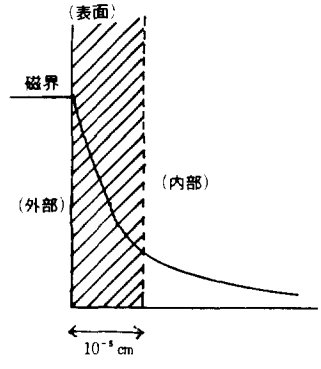


그림 6. 超電導體內의 磁束侵入

4. 超電導体의 永久電流性

그림 7과 같이 極低溫領域內에 超電導 coil을 놓고 이에 電池를 連結하고 먼저 S_2를 열어 놓은채 S_1을 닫아 超電導 coil에 電流를 흐르게 하여 一定値에 達하게 한다음 S_2를 닫고 S_1을 열어 電池를 回路에서 分離시킬 것 같으면 超電導 coil에는 永久電流가 흐른다. 이것은 低溫容器 가까이 小磁石을 접근시킴으로서 確認할 수가 있다. 通常導體로 만든 코일의 경우 이 電流는 瞬間的으로 減衰되여 없어져 버린다. 이 現象 역시 超電導 coil에 抵抗이 없기 때문으로서 時定數가 無限大가 되여 電流가 永久히 減衰하지 않기 때문이다. 이 세상의 모든 事物은 에너지 保存法則을 만족해야함으로 우리가 認知할 수 있는 範圍內

에서는 永久運動이란 엿 볼 수 없었다. 아무리 巧妙한 技術로 구축한 system일지라도 原理的으로 永久히 運動을 持續시킬수는 없는 것이다. 量子論으로 다루어지는 微視的 領域에 있어서는 永久運動이 存在하고 있는데 超電導現象은 이와같은 微視的領域에 있어서의 量子力學效果가 巨視的現象으로 나타난 現象인 것이다.

이와같이 超電流 coil에는 永久電流가 흐를 수 있음으로 그에 永久히 電磁에너지를 貯藏할 수 있는 特徵이 있는 것이다.

또 超電導 coil로 永久磁石도 만들 수가 있는 것이다.

5. 超電導体의 半導体性

Cambrigde 大學의 大學院學生였던 B. D. Josephson은 1962年 2枚의 超電導體片 사이에 絶緣物(10^{-7} cm以下)를 끼운 素子를 만들 경우 前記한 超電導電流 要素인 Cooper 雙이 한쪽에서 다른 쪽으로 터널效果에 依해서 通過할 것이라고 豫言하였다. 即 Cooper 雙은 두片의 超電導體가 마치 單體의 경우와 마찬가지로 自由롭게 通過한다. 따라서 이때 通過하는 電流도 單體의 超電導體에 흐를 경우와 똑같은 特性을 나타낸다. 2枚의 Al 超電導體片으로 만들어진 素子의 경우 電氣的特性은 그림 7과 같이 된다. 이것은 不純物濃度가 若干 높은 에사기(江崎)다이오드와 흡사하다. 이 Al-I-Al 素子의 경우 超電導臨界溫度는 1.25 K로서 이 溫度以上에서는 抵抗이 있는 導體로서의

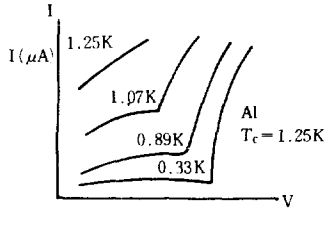


그림 7. Al-I-Al 接合의 V-I 特性

電氣的特性을 나타내고 있으나 暫次로 溫度를 낮게해감에 따라 터널效果가 나타난다.

異種의 超電導片으로 만든 素子의 경우 例로서 Al-I-pb 超電導素子의 경우는 그림 8과 같이 되며 負性特性을 나타낸다. 이것은 2片의 超電導體의 特性이 다르기 때문으로서 Cooper 雙을 만드는 에너지 갭이 相異하기 때문이다.

여기까지의 特性으로 보아서는 超電導體接合素子는 半導體接合素子와 똑같이 利用할 수 있음을 알 수가

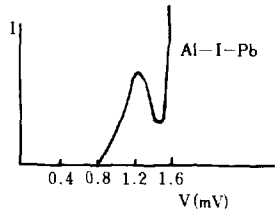


그림 8. Al-I-Pb의 V-I 特性

있다.

그러나 超電導素子 即 Josephson 素子는 以上의 터널效果外에 磁界에 依해서 놀랄 정도로 크게 影響을 받는 性質이 있음을 알게 되었다. Josephson 素子電流에 對한 外部磁界의 影響은 障壁을 貫通하는 全磁束이 磁束量子의 整數倍가 되면 電流가 0이된다.

磁束量子의 基本量子化磁束은 2×10^{-15} Wb 로서 極히 작은 값이기 때문에 外部磁界가 10^{-11}T 보다 작게 變化하더라도 Josephson 電流는 變化하게 된다. 그림 9는 外部磁界의 Josephson 電流에 對한 影響을 表示한 것이다. 따라서 外部磁界를 制御함에 依하여 Josephson 電流가 容易하게 制御됨을 알 수 있다.

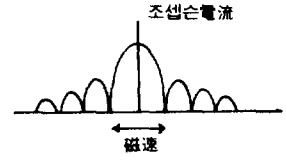


그림 9. Josephson 素子의 磁氣特性

이와같이 極히 弱한 磁界에 依한 電流制御는 電子計算機素子로서 大端히 所望스러운 特性이다. 그래서 Josephson 素子는 半導體素子보다 다음과 같은 두가지 관점에서 有利한 特性을 가지고 있다고 볼 수있다. 그하나는 스위칭時間이 5～10 피코秒로서 半導體의 100～1000倍程度가 되는 것이고 또하나는 制御電力이 半導體의 경우의 1/1,000 밖에 않된다는 점이다. 이것은 電子計算機素子로서 크게 매력적이 아닐 수 없다.

또 前記한 바와같이 弱磁界에 依해서 電流가 制御된다는 것은 極히 弱한 外部磁界도 檢出할 수 있음을 뜻함으로 이를 應用한 醫學用檢出機等이 出現되고 있다.

6. 超電導体의 應用

超電導體에는 抵抗이 없기 때문에 無限大의 電流가

흐를 수 있으나 磁界와 溫度에 依한 限界때문에 흘릴 수 있는 一定電流가 있기는 하나 常電導體에 比하면 比較가 안될 程度의 高電流密度로 通電이 可能하며 따라서 高磁界를 發生시킬 수 있고 또 抵抗이 없기 때문에 永久電流를 通電시킬 수가 있다. 또 前記한 바와같이 反磁性體인데다가 그간에 絶緣物을 삽입함으로서 動作時間이나 損失面에 있어서 現半導體와는 次元이 다른 半導體 役割도 하게 할 수 있음을 알았다. 따라서 이러한 超電導體의 應用分野는 대단히 廣範圍하고 그 效果도 括目하며 이와 關聯分野도 대단히 많다. 이를 그림으로 表示한 것이 그림 10이다. 이하에 超電導體의 應用에 대해서 그 概況과 展望에 대해서 記述해 보기로 하겠다.

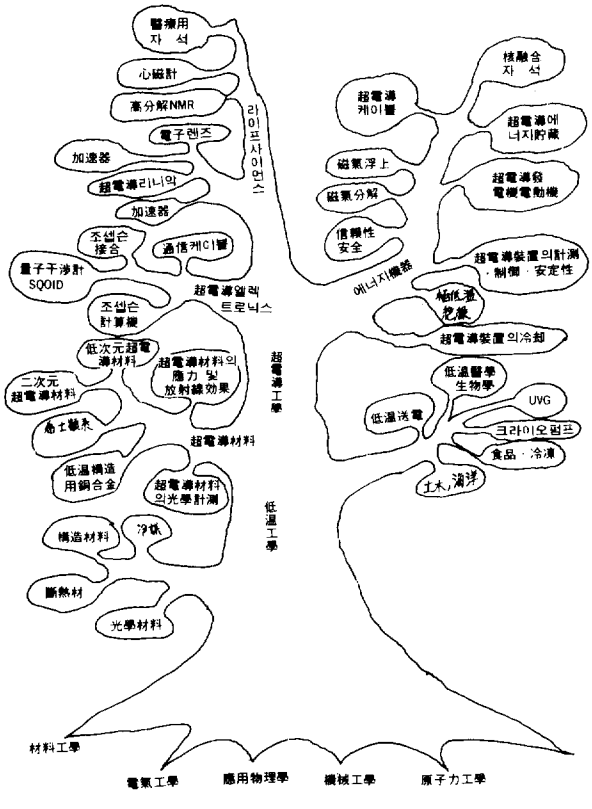


그림 10. 超電導分野

가) 電力分野에의 應用

電氣機器에서의 超電導의 應用은 高磁界의 發生 特徵을 利用하게 되는데 現段階에 있어서 交流磁石은 實用段階에 이루지 못하고 있어 주로 直流励磁高磁界 應用에 그치고 있다. 따라서 直流機와 同期機의 高磁界發生에 利用되고 있다. 그중에서도 제일 먼저 利用된 것이 單極發電機로서 常導體에 依한 單極發電機는 整流子가 없는 利點이 있는데도 不拘하고 그 發生電壓이 아주 낮아 低電壓大電流의 特殊用途에만 쓰이는 發電機로서 使用되고 있었으나 超電導體에 의한 磁界는 現在 約 10 T까지 가능함으로 常導體의 경우의 約 10倍의 電壓을 얻을 수 있어 汎用直流發電機로서 使用이 可能하기 때문에 이에 가장 먼저 利用되어 先進各國에서는 이미 시작이 完了되어 그 성능이 우수함이 證明되었으며 同期發電機의 경우도 이에 의한 것이 效率좋고 運轉特性이 좋아 各國에서 試作品이 製作되고 있다. 筆者가 아는 바에 의할 것 같으면 日本의 日立製作所에서 5萬KW자리가 시작되어 試驗中에 있으며 美國의 Westing house 社에서는 30萬KW 짜리가 製作中에 있다.

또 이 高磁界의 發生은 磁氣浮上列車의 推進 및 浮上磁石으로 쓰이고 있어 現在 500 *km*/hr 의 時速을 내는 二連人間탑승 試驗이 日本에서 성공리에 完了되고 있다. 그리고 超電導磁石間海水에 電流를 흘림에 의해 推進力을 얻는 선박도 日本에서 硏究되어 小型모델의 推進現況이 發表된바 있다. 또 핵융합에 必要한 plazma 의 容器로서 超電導體에 의한 磁氣容器가 利用될 것이며 M. H. D. 用電用磁石에도 이 超電導磁石이 利用되고 있다. 이외에도 高磁界의 發生은 選鑛其他여러 方面에 應用되고 있다 다음에 超電導의 無抵抗性이 電力케이블에의 應用에 考慮되지 않을 수가 없다. 現在人類가 소비하고 있는 에너지의 30 %가 電氣에너지로 變換되어 使用되고 있는데 이는 電氣에너지가 가지고 있는 特徵때문에 앞으로도 經濟成長과 더불어 더더욱 增加해 갈 것이다. 따라서 이 大電力의 輸送을 爲한 送電線路도 大容量化해야 된다. 따라서 高密度大容量의 地中送電이 절실히 요망될 것이다. 그런데 現在의 油入 케이블로서는 强制冷却을 한다고 해도 500 KV, 1.5 GW가 容量의 限界點으로 生覺되는바 더이상이 될 경우로서 超電導케이블을 생각하지 않을 수가 없다. 現在 各國에서 이에 대한 硏究가 進行되고 있다.

다음에는 超電導體의 永久電流의 通電性의 利用이다. 即 超電導體는 抵抗이 없기 때문에 이에 의한 코일의 時定數가 無限大가 될 것으로 이에 磁界에너로 貯藏할 수가 있다. 그래서 現在 揚水發電所에 의한 에너지 貯藏을 超電導磁石(S. M. E. S.)에 의한 에너지貯藏으로 바꾸는 硏究가 進行되고 있다. 지금 直經이 200 *m*, 높이가 100 *m*의 超電導코일을 만들어 平均磁界가 5 T가 되게 하면 3×10^{13} J의 에너지 즉 10,000 MWh 의 에너지를 貯藏할 수

가 있다. 이 에너지를 揚水發電所에 貯藏하려면 落差가 300 m의 경우 1.22×10^7 m^3의 貯水量을 가져야 한다. 이러자면 直徑 1 km, 깊이 15 m의 上, 下 兩池가 있어야 한다. 또 現在의 揚水發電所의 效率은 約 70%밖에 않되는데 反하여 超電導磁는 90 % 以上의 效率이 期待되어 日本과 美國에서 이의 實用化 硏究가 勃力히 推進되고 있다. 또 이 超電導電磁石에너지 貯藏裝置는 이를 電力系統에 連結시킴으로서 系統安定度를 向上시킬 수 있으며 또 調相機役割도 하게 할 수 있다.

超電導體의 變壓器에의 利用은 그리 큰 利得이 없어 흥미를 끌고 있지 않으나 送電線路를 超電導케이블로 할 경우 熱侵入을 막는 端末裝置로서는 그 價値가 認證되여 이에 대한 硏究도 進行되고 있다.

나) 電子工學에의 利用

超電導體와 絶緣片으로 구성된 素子가 半導體와 같은 性質을 가지고 있으며 이것을 Josephson 素子라고 부른다는 것을 이미 說明한 바 있는데 이미 言及한 바 있드시 이것은 磁界에 대해서 대단히 예민하다. 即 外部磁界가 10^{-11} T 程度 變化하더라도 Josephson 電流는 變化한다. 即 外部磁界를 制御함에 의해서 Josephson 電流를 容易하게 制御할 수 있음을 의미하며 이 性質은 計算器素子로서 대단히 바람직한 것으로서 이 性質을 利用한 計算器素子로서 Cryotron이라는 것이 있다. 그림 11 는 磁界變化에 依해서 敏感하게 臨界電流가 變化하는 Josephson 素子를 Gate로 두고 있다. 이와 平行 또는 交叉로 制御部를 두어 制御部에 흐르는 電流가 만드는 微小磁界의 Gate 部를 on, off 시키는 구조로 되어 있다. Cryotron 記憶素子에의 情報의 入出動作도 그림 11에 表示하였다. 起憶을 시킬 경우에는 制御部에 制御電流 I_{co} 를 흘려 Cryotron을 off 로 할 것 같으면 Gate 部에 抵抗 Rg 가 생긴다. 이때 素子에 電流 Ic 를 흘릴 것 같으면 Cryotron 은 off 상태임으로 電流는 ABCDEF 로 흐른다. 다음에 I_{co}를 0으로 해서 Cryotron을 on으로 하고 Is 를 0으로 할 것 같으면 BCDE에 永久電流 Is 가 흘러 記憶이 끝난다. 記憶의 呼出을 爲해서는 Cryotron 을 off 로 하면 된다. 이 경우 BCDE에 電流가 흐르고 있으면 BE間에 電壓 vs 가 發生한다. 이 경우 記憶은 呼出과 同時에 破壞된다. 記憶呼出後에도 記憶이 破壞되지 않은 回路도 만들 수 있다. 다음에는 超電導體의 通信케이블에도 應用되는데 通信케이블은 一般的으로 廣波數 帶域通信을 위해 同軸케이블을 使用하고 있는데 이 경우 導體의 抵抗으로 인한 減衰가 있어 많은 中繼器를 두어야 한다. 그런데 中繼器를 많게하면 雜音이 많아진다. 이외에도 여러가지 原因이 있어 同軸케이블의 周波數의 廣帶化에는 制限이 있게된다. 고로 이를 超電導化할 경우 抵抗이 없기 때문에 損失이 적어 減衰가 적어서 中繼區間의 길이를 길게 할 수 있고 廣周波數帶域의 信號를 보낼 수 있게 된다.

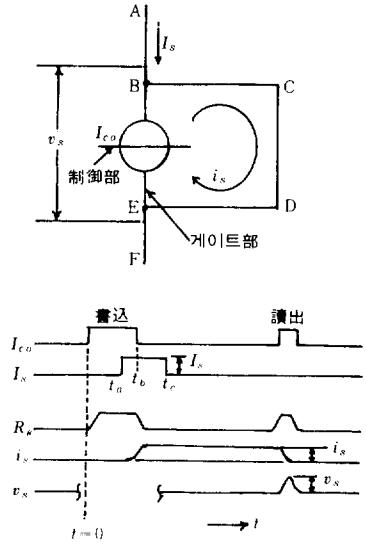


그림 11. 記憶素子의 動作

다음에 超電導는 醫學分野에서의 利用展望에 대해서 言及해 보기로 하겠다.

人體의 心臟內에는 血液이 流出入하고 있다. 一般的으로 血液中의 헤모그론은 磁性體이다. 따라서 이것이 運動한다는 것은 磁界가 存在함을 뜻한다. 그래서 人體는 극히 微弱하나마 磁界를 發生하고 있는 것이다. 그 정도의 他磁界와의 比較가 그림 12 이며 이

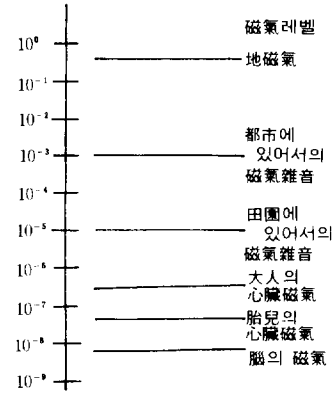
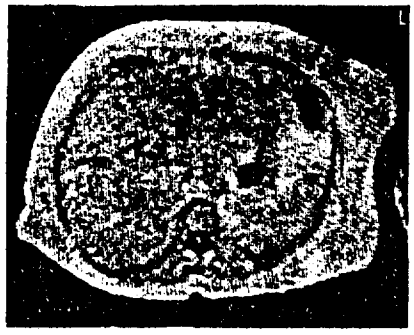
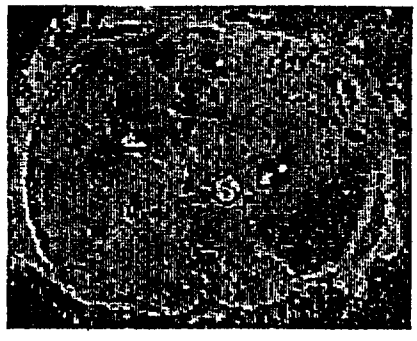
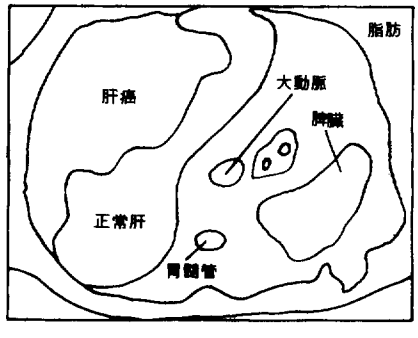


그림 12. 人體의 磁界强度

는 約 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ Gauss 程度이며 胎兒의 경우는 더욱 낮아 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ Gauss 정도 밖에 안된다. 이것을 地磁氣의 세기 0.3 Gauss 와 比較하면 10 萬 내지 100 萬分之 1 정도 밖에 안되는 약한 磁界이다. 이와같이 弱한 磁界를 感知한다는 것은 극히 어려운 일인데 超電導를 利用하면 이것이 感知된다. 또 腦로부터도 微弱한 磁氣가 發生되고 있어 心臟의 電氣信號 이외에 이들로부터 發射되는 磁氣信號를 檢出함으로서 더욱 多樣한 診斷이 可能하게 된다. 特히 現在







암患者의 中央斷層像을 2개의 NMR 畵像으로 식별할 수 있도록 열을 바꾸어 一連으로 畵像을 만들어 가지로 計算機로 해석한다.

그림 13. N.M.R 畵像

醫療診斷器로서 注目을 끌고 있는 N. M. R.은 核磁氣共鳴 現象을 利用한 醫療診斷裝置인데 X선으로서는 發見되지 못한 病狀을 spin 의 變化라고 하는 原子核級情報를 直接 感知映像化함으로서 암의 早期發見에 威力을 發揮할 것으로 期待하고 있는데 지금까지는 여기에 常導體磁石이 使用되여 왔었으나 이 경우 消費電力이 約 50 KW程度 所要된다. 이것을 超電導磁石으로 할 경우 損失의 感少는 勿論이지만 常電導磁石보다 높은 磁界를 發生할 수 있어 陽子以外의 高磁界를 必要로하는 核의 이미지도 나타낼 수 있다. 例로 15 MHz 로서 燐을 觀測하려면 0.87 T 의 磁場이 所要되기 때문에 이 경우에는 超電導磁石이 必要하게 되는 것이다. 現在 이 超電導電子石에 의한 N. M. R. 醫療診斷裝置의 開發은 先進各國에서 猛列히 進行되고 있다.

그 장치의 하나와 N.M.R畵像을 그림 13에 表示하였다. 그리고 그림 14는 N.M.R장치의 약도이다.

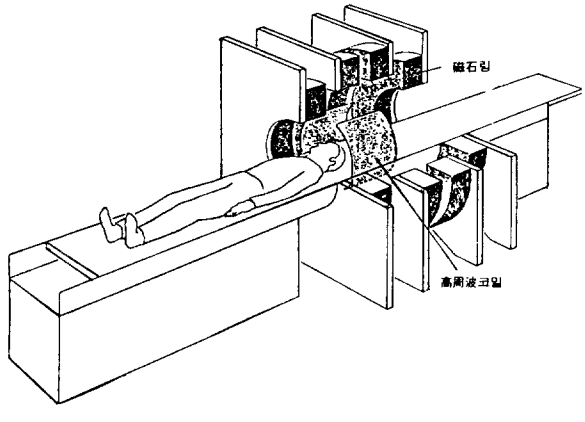


그림 14. N.M.R장치의 약도

7 結 論

以上 超電導의 發見으로 부터 그 特性과 理論 및 電力工業, 電子工業, 特히 電子計算機 醫療機器 等 여러分野에 있어서의 利用實態 내지는 將來의 展望에 對해서 簡略하게 紹介했는데 그 매력은 대단히 크며 앞으로 人類社會에 주는 혜택은 예측하기가 어려울 程度로 크고 廣範圍할 것으로 生覺된다.

이러한 展望때문에 先進各國에서 많은 費用과 人力을 投入해서 超電導利用開發에 힘쓰고 있어 實用化段階에 突入하고 있는데 即 單極發電氣, 交流發電機는 試作品이 製作試驗中에 있으며 M. H. D發電 核融合發電에 있어서는 그 研究段階의 實驗裝置로서 實用

化되고 있다. 또 揚水發電所를 代身하는 超電導에너지 貯裝裝置가 研究開發과 더불어 프로토 타입건설을 위한 事前準備가 各國에서 進行되고 있다. 또 Josephson 素子電流는 10^{-11} T의 작은 磁界에 대해서도 變化함을 說明한 바있는데 이 性質을 利用한 計算機素子는 앞으로 計算機에 또하나의 劃期的發展을 가져올 것이며 또 이에 의하여 극히 微弱한 外部磁界의 檢出도 可能하기 때문에 醫學應用의 心磁界로서 또 N. M. R. 即 核磁氣共鳴을 利用한 磁界를 檢出 分析함으로서 癌部位를 가려내는 醫療診斷裝置의 磁界發生裝置로서 超電導磁石이 利用될 展望으로서 이 部門利用도 크게 期待되는바 있다. 以上은 超電導體의 應用에 대해서만 言及했는데 超電導의 材料의 開發도 超電導工業의 한 큰 分野로서 Hc 나 Tc 의 좀더 높은 材料의 開發을 위한 努力이 傾注되고 있다. 또 超電導工學은 다른 많은 分野의 뒷받침없이는 發展할 수가 없다. 即 材料工學, 電氣工學, 應用物理學, 機械工學, 低溫工學, 電子工學, 原子力工學, 土木工學, 分野가 다 超電導工學 내지는 그 應用을 위해서 뒷받침을 받어야 할 分野로서 이들 學問中 超電導를 위해서 必要한 部門의 研究發展이 있어야 한다.

앞에 記述한 超電導의 發展現況과 展望은 모두 外國에 있어서의 이야기지 우리나라에서는 이 分野가 겨우 소개되어 이에 關心을 가지고 이에 研究開發을 準備하고 있는 科學者가 손꼽을 정도 밖에 않된다. 따라서 出發이 너무나 늦어진 형편이여서 強力한 뒷받침하에 熱心히 推進하지 않고서는 實用段階에 突入할때 당황하게 될 것이 豫測되는 바이다 本誌에 이 글을 게재하는 것도 國內電氣工學徒로 하여금 超電導에 關心을 갖게하여 超電導技術의 國內移植의 主役을 擔當하는 人士가 많이 생기고 또 이를 後援하는 電氣界 人士가 많아지기를 바라기 때문이다.

會 員 社 消 息

▨ **韓國電氣通信研究所** (所長 白英鶴) 의 昌原電氣分所 (分所長 吳昌錫) 의 준공식이 10月29日 (金) 昌原에서 着工 7年만에 거행되었다. 우리 電氣界의 念願이던 同 研究所의 준공으로 더욱 밝은 내일을 기약하는바 그 기대 또한 크다.

▨ **大韓엔지니어링㈜** (代表理事 孫泰炎) 의 事務室이 市內 東大門區 휘경동 187-20 (電話 965-7435) 으로 移轉되었음.

▨ **韓國電子通信㈜** (代表理事 姜晋求) 은 三星電子에서 취급하여오던 반도체사업분야를 흡수하므로서 명실상부한 綜合電子通信會社로 체재를 강화하였다.

▨ **東一電機企業社** (代表 鮮于学永) 는 日本古川電氣工業㈜와 技術提携 체결함.