

Energy 變換 特輯

山 春 生*

放射線 에너지의 變換

— 차례 —

1. 序論
2. 核電池
- 2-1. P-N 接合을 使用한 核電池

- 2-2. 일함수와 差화 起電力を 使用한 核電池
- 2-3. β -線 核電池
3. 結論

1. 序論

元素의 放射性崩壊로 인하여 α -線, β -線, γ -線이 放出하는 데 이것들이 갖는 에너지를 電氣에너지로 直接 變換시킬 수 있다. 이를 위한 裝置를 보통 核電池라고 부른다. 原理上으로 半導體의 P-N接合을 利用한 것, 热電子發電과 마찬가지로 일函數가 다른 2種類의 金屬을 合친 것, 热電對를 使用한 것, β -線을 直接使用한 것 으로 大別할 수 있다.

核電池에 使用되는 放射性同位體와 그 半減期를 表示하면 다음과 같다.

表 1

同位體	半減期	同位體	半減期
P_{α}^{210}	138.4日	(RaD) Pb^{210}	22年
K_r^{85}	10.8年	S_r^{90}	28.1年
T^3	12.3年	N_i^{63}	95年

이中에서 K_r^{85} 와 S_r^{90} 은 값이 싸지만 강한 γ -線이 나온으로 人體에 대한 영향이 크다. 技術적으로는 T^3 이 좋다.

現在 이것은相當히 값이 비싸지만 將次 核融合爐에서의 副產物로서廉價로 供給될 可能성이 있어 核電池가 여러 가지 目的로 利用하게 될것이라고 본다. 그러나 現在에는 이들 核電池는 폐높은 溫度領域에서 1年以上的 長壽命을 갖는다는 特徵이 있어 特別한 用途에 應用할 것을 생각하고 있다.

2. 核電池

2-1. P-N接合을 使用한 核電池

原理는 太陽電池와 마찬가지며 太陽光에 β -線을 使用하여 束縛電子를 傳導帶에 올려 Carrier를 만들게

한다. 따라서 光起電力의 理論이 그대로 適用된다.勿論, β -線에 7線, X線 또는 α -線으로도 Carrier를 만들 수가 있다. 그러나 β -線은 電離作用을 하는 確率이 이것보다 크고 半導體中의 適當한 거리에서 吸收되고 또 차폐하기도 쉽다. 더욱이 質量이 적으므로 半導體에 損傷을 주는 일이 적다는 利點도 있다.

RCA會社에서 製作한 β -線에 의한 實體裝置를 表示하면 그림 1과 같다.

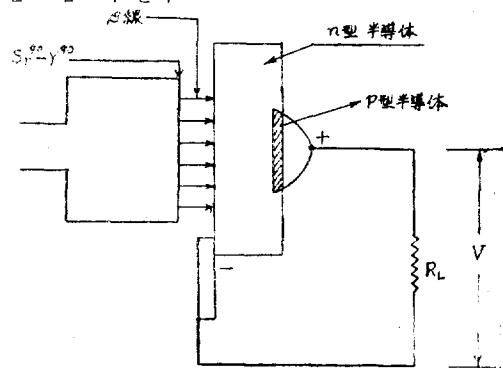


그림 1

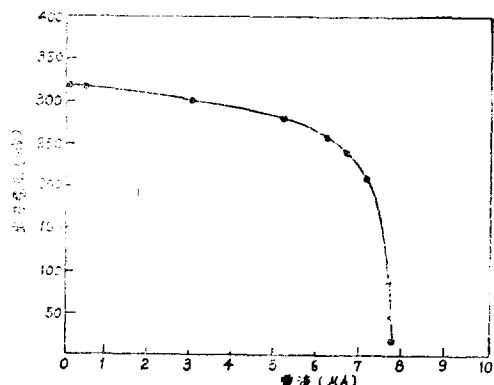


그림 2

Sr^{90} 에서 나온 β -線을 Ge 또는 Si 의 p-n接合部에 照射하고 外部負荷를 걸어 出力を 그립여 내기쯤 되어 있는데, 電壓 0.3V, 電流 $7\mu A$, 出力 $1.58 \times 10^{-6} W$ 를

* 正會員：仁荷工大 教授·工博(當學會 編委修員)

얻을 수 있다. 半導體로서 Si 을 使用하였을 때의 出力特性은 그림 2와 같다.

이 때의 最高効率은 0.47%이다. β 線의 照射에 의하여 格子狀의 原子가 放出되므로 $p-n$ 接合은 慢차로劣化되어 간다. 이 劣化의 狀態는 그림 3과 같다.

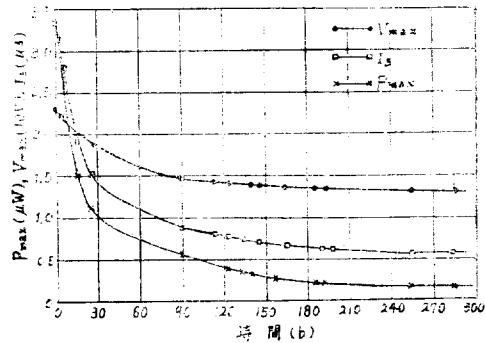


그림 3

14시간 經過하면 出力이 切半으로 떨어진다. 그러나 이 劣化는 β 線의 에너지가 적을 때에는相當히 적을 때에는 相當히 적을 때에는 和 고 Ge 에서는 325keV 以下, Si 에서는 143keV 以下가 된다는 報告가 있다. 따라서 β 線의 에너지가 이들의 값보다 적은 適當한 放射性 物質을 使用하면 劣化를 防止할 수 있고 또 効率은 2.8%까지 期待할 수 있다 고 한다.

β 線을 直接 $p-n$ 接合에 照射치 않고 일단 融光物質에 쪼이고 이것에서 光을 放出시켜 이 光을 $p-n$ 接合에 照射시키는 方法이 있다. β 線의 運動에너지지를 일 단 光에너지로 變換시키고 이것을 太陽에너지 대신에 使用할려는 것이다. 放射線源과 融光物質 및 $p-n$ 接合으로 이루어진 이 電池를 나타내면 그림 4와 같다.

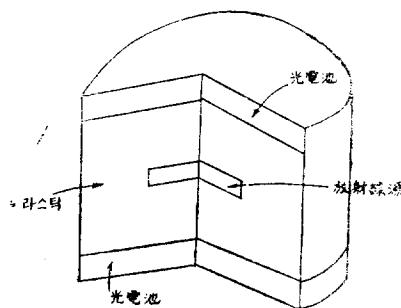


그림 4

β 線을 融光物質에 照射하면 融光物質의 電子는 높은 에너지準位로 올라가고 여기에 생긴 Hole에 바로 윗 準位에 있는 電子가 떨어져 이 때 餘分의 에너지를 빛으로서 放射하는 것이 融光이다. 이것으로 効率 1%의 電池를 얻었다는 報告가 있다. 이와 같은 融光物質을

使用하여도 높은 에너지의 β 線에 의한 $p-n$ 接合의劣化가 問題가 된다. 이에대한 對策으로는 融光物質에서吸收되지 않았던 β 線은 融光物質과 $p-n$ 接合과의 사이에 두꺼운 plastic을 插入하므로서抑制하는 方法이 應用되고 있다.

2-2. 일函數의 差와 起電力を 使用한 核電池

일函數가 다른 2種類의 金屬이나 또는 이의 酸化物을 그림 5와 같이 對向시켜 이것들을 電極에 連結한다. 電極에는 外部抵抗을 接續시켜 여기서 出力を 얻게된다.

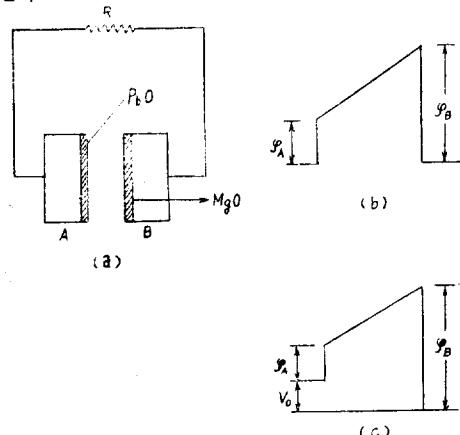


그림 5

電極間에는 放射線의 氣體나 普通의 氣體를 充填시켜 놓는데 普通의 氣體인 경우에는 그附近에 氣體를 電離시키기 위한 放射線物質을 놓는다. 만일 電極間의 氣體에 電離된 電子나 Ion이 없으면 電極間은 그림 5(b)와 같은 電位分布가 된다. 단 φ_A 와 φ_B 는 2種의 金屬의 일函數이다. 여기에 放射線이 통하여 電子와 Ion이生成되면 電子는 일函數가 적은 電極 A를 흐르고 Ion은 일函數가 큰 電極 B쪽으로 흐른다. 이結果電流가 흐르게 되어 그림 5(c)와 같은 電位分布가 되고 外部負荷 R 에 出力이 나타나게 된다. 電極 B에 到着한 Ion은 金屬中에 있는 電子를 再結合에너지로 끄집어 올려 여기서 再結合하게 된다. 따라서 일函數 φ_B 보다 電離에너지가 클 必要가 있다. 이와같이 放射線의 에너지의 一部가 電離에너지로 經由하여 電氣에너지로 變換하게 된다. 만일 電子가 中性的 粒子에 付着하여 생긴 負 Ion이 存在하고 電子와 中性粒子間의親和 potential가 일函數 φ_A 보다 크며 負 Ion이 A에 到達하여도 電子가 電極 A에 들어가지 않으므로 電流는 大幅의으로 減小한다. 특히 酸素나 Halogen이 있으면 이것들이 電子와의 親和 potential가 크므로 電流는 減小하게 된다. γ 線을 여러가지 氣體에 照射하고

負電極으로서 Almina를 使用하고 正의 電極材料는 여
러가지로 바꾸어 실험하면 다음 表와 같은 開放電壓의
값을 얻을 수가 있다.

表 2

電極材料	開放電壓 (V)
Au에 附着한 PbO ₂	1.34
CuO ₂	0.975
Cu에 부착한 Au	0.95
Ag	0.67
Cu	0.64
Pb	0.2

勿論 γ 線의 強度가 클수록 큰 電流가 흐르고, 電離 potential가 적고 무거운 氣體일수록 큰 電流가 흐르며 氣體의 壓力이 적어지면 電流는 감소하게 된다.

또 電極의 γ 線 阻止能이 클수록 電流는 크게된다. 이것은 2次電子가 電極에서 나와 氣體의 電離를 더욱 활발히 하기 때문이라고 생각된다. 出力으로서 $7.3 \times 10^{-12} W$ 를 얻고 있는데 이것은 γ 線이 갖는 에너지 $6.49 \times 10^{-8} W$ 에 대하여 0.011%이다.

熱電發電과 마찬가지로 热電對의 原理를 利用한 核電池도 가능하다. 放射性 同位體가 異種의 金屬의 接合部의 한쪽을 加熱하면 起電力이 發生된다. 이 原理의 圖를 그림 6에 나타내었다.

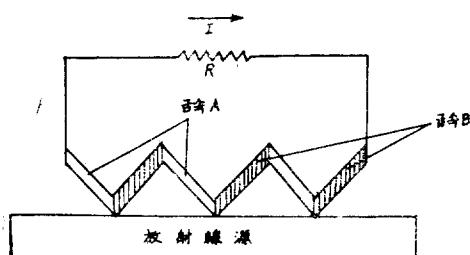


그림 6

放射性同位體로서 P_{210} 을 利用하고 크로멜-콘스탄
탄의 热電對를 썼을때 最大出力 9.4MW, 效率 0.2%
을 얻을 수 있다.

2-3. β 線 核電池

그림 7에 나타낸것은 β 線 核電池의 概略圖이며 β 線을 내는 放射線 同位體를 Emitter로하고 Collector를 그 주위에 놓쳐, 直接 Emitter에서 放出되는 電子를 모은다. 外部 抵抗 R 에 電流가 흐르면 電壓이 걸리지만 큰 初速度를 갖는다. Emitter를 뛰어나온 電子는 이 電壓에 대하여 Collector에 到達하고 外部負荷에 出

力を 주게된다. Emitter와 Collector間을 真空으로 하든가 β 線을 過하吸收치 않는 plastic을 埋入한다.

出力電壓은 數 10萬V까지 達하지만 이 電壓은 裝置의 耐壓에 의하여 決定된다. 이 電壓에 比하여 Emitter에서 放出되는 β 線의 에너지는 훨씬 크므로 이 電壓이 電流에 주는 영향은 적어지고 電流發電機의 特性을 갖이며 外部負荷가 電壓을 決定하게 된다.

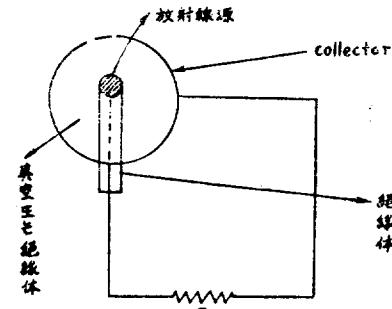


그림 7

그러나 電流를 增加시키는 作業이 없으므로 電流 그 자체는 極히 적다. 이 形의 電池를 처음에 만든 사람은 Mosley이며 1913년이었다. 이것은 그림 8에 나타내였다. Emitter와 Ra를 封入한 石英管으로 되어 있으며 γ 線은 充分히 吸收하지만 β 線은 吸收치 않은 정도의 두께로 되어있다.

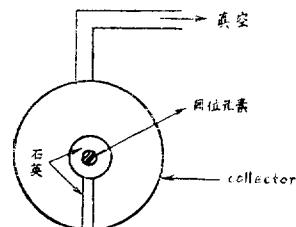


그림 8

장치에서 15萬V의 電壓, $10^{-11} A$ 의 電流를 얻을 수 있다.

또 RCA會社에서 行한 實驗結果를 보며는 365KV, $10^{-9} A$, 出力 0.2MW, 效率 20%를 얻고 있다.

固體의 誘電體를 Emitter와 Collector 사이에 넣으면 더욱 높은 電壓을期待할 수 있는데 β 線을 받으며 誘電體의 抵抗이 減少한다는 索解이 있다.

또 電流를 增加시키기 위하여 2차 電子放出을 하게 하는 方法도 研究되고 있다. β 線源의 周圍에 減速劑를 놓고 β 線을 減速시키고 그 周圍에 얇은 Alkali 金屬의 酸化膜으로 되어있는 Emitter를 놓는다. 이 裝置이면 Collector의 電壓이 높아 질수록 2차 電子가 反撲作用

을 받게 되어 높은 電壓에서는 出力이 減少한다. 보통開放電壓은 200V 程度이다.

3. 結 論

以上에서 放射線崩壊에 의하여 放出되는 에너지를 直接 電氣的 에너지로 變換할 수 있는 몇가지 方法을 紹介하였다.

그러나 아직 이 分野에 대한 實際應用範圍는 넓지 않으며 宇宙飛行用과 같은 特別한 裝置의 電源으로서 利用되고 있을 때이다.

形體에 比하여 큰 에너지를 끄집에 낼 수 있고 수명도 긴 利點을 갖고 있지만 放射線에너지에 의한 電池構成要素에 損傷을 줄 念慮가 있어 이에 대한 防護와廉價인 放射線同位元素의 供給問題等이 있는 것이다.

또 現在로는 出力, 効率도 實用에서相當히 먼 距離가 있다고 보며 將次의 研究成果에 期待를 걸어야 할 것이다.

參 考 文 獻

- 1) M. Walf, Proc; I.R.E, 48 p. 1246, 1960
- 2) W.R. Chersy; I.E.E.E Trans, AE S-1, p.10, 1965
- 3) p. Rappaport; R.C.A Review, 20/3, 373, 1959
- 4) P. E. Ohmart; J. App. Phys, 22/12, 1504, 1951
- 5) J.J Loferjki; J Appl. Phys, 27, 314, 1956
- 6) G.W. Sutton; Direct Energy Conversion, Mc Graw-Hill Co, 1966
- 7) Chang; Energy Conversion Prentice-Hall, INC, 1963
- 8) 太田時男; 에너지變換의 基礎, 日本 標書店, 1964
- 9) 青木昌治; 氣體의 物性工學, 에너지變換, 日本 Ohm社, 1969

本 받자 충무정신 다자자 총력안보

국민총화 있는 곳에 번영 있고 통일 있다

기르자 자주역량 다자자 국민총화