

Microwave의 反射를 利用한 半導體內部的 測定

편 집 자

1. 序 論

半導體素子の 諸特性은 Carrier (電子와 正孔)의 移動量에 따라 決定된다. 또한 半導體素子內의 現象을 解明하고, 素子の 性能改善이나 새로운 素子の 開發을 하기 爲하여서는 Carrier 濃度의 分布나 時間的인 變化를 測定하는 것이 必要하게 된다.

예를 들어, Switching 半導體素子인 Thyristor의 導電初期에 있어서 電流의 局部的인 集中化에 의한 局部的인 溫度上昇이나 破壞現象이 일어나, 큰 電流를 빨리 되풀이 하는 周期로 Switching 되는 Thyristor 接合의 開發이 困難하게 되므로 因해서 Thyristor 接合의 가로의 方向으로 carrier를 均一하게 넓히는 것이 重要的 研究課題로 되어 오고 있다.

그러나 半導體素子の 中心 內부에 있어서 Carrier 濃度의 分布라던가, 時間的으로 빠른 濃度分布의 變化 등을 測定하는 適當한 方法이 이루어지지 않으면, 半導體素子の Switching 特性, 溫度特性 및 power 特性 등의 性能改善은 힘들게 될 것이다.

半導體素子の 諸特性은 從來에는 主로 素子兩端에 나타나는 電壓, 電流의 相關關係와 그 波形을 測定, 考察하여 왔으나 이것만으로는 素子內의 局部的인 部分의 現象을 充分히 解明할 수는 없다.

따라서 半導體素子 內부에 있어서의 carrier 濃度의 分布나 時間的인 變化를 microwave를 利用하여 測定하는 方法과, 素子內部的 微少部分에 있어서의 몇가지 現象에 關하여 알아보기로 한다.

2. 測定原理와 方法

半導體素子를 完全反射板 위에 놓고, 半導體表面의 微少部分에 microwave를 入射시키면, microwave는 半導體內를 傳播하여, 完全反射板에서 反射하여 再次 半導體表面으로 되돌아 온다. 이 反射된 microwave의 振幅과 位相은 半導體의 電氣傳導度의 크기에 關係되고 있으므로 反射된 microwave를 測定하면 電氣傳導度를 求할 수 있게 된다.

즉, 半導體의 PN 接合을 形成하는 N 領域의 어떤 點에서 少數 carrier인 正孔이 熱平衡인 때 보다도 ΔP 만큼 增大하였다면, 이 點에서 電氣的인 中性的 條件을 滿足하므로써 同數의 電子가 湧이게 된다. 따라서 電氣傳導度는 增加하고, 이 增加分을 反射된 microwave를 利用하여 測定한다면 注入 carrier의 濃度 ΔP 가 求해진다.

Thyristor 接合의 微少部分에 一定한 microwave를 入射해 두고, Thyristor에 順方向電流를

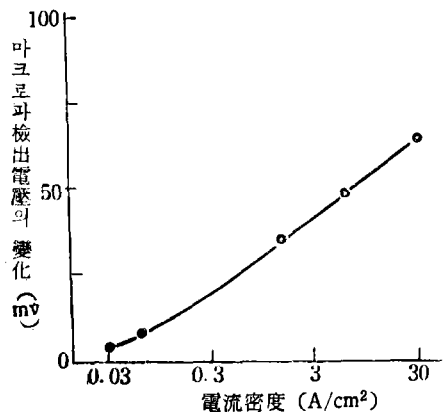


그림 1. Thyristor 接合의 順電流密度와 Microwave 檢出電壓의 變化 關係

通電하였을 때의 microwave 檢出電壓의 變化分과 順電流 密度와의 關係를 測定한 例는 그림 1과 같다.

이와 같은 關係를 利用하여 半導體素子の 接合面에 있어서의 通電狀態를 알 수가 있으며, 素子內의 局部에 있어서의 動的인 諸現象을 解明할 수가 있다.

한편 오미크한 電極을 必要로 하지 않는 microwave 에 의하는 半導體特性의 測定이 많은 研究者에 의해서 實現되고 있다. 그러나 이들의 測定方法에서는 導波管內 혹은 그의 斷面全體에 測定試料를 놓기 때문에 諸量의 分布測定이나 局部에 있어서의 現象 解明이 어렵다. 또한 特殊한 形狀의 試料를 必要로 하여 實用的이 아닌 때도 있다.

反射를 利用하는 方法에서는 半導體 表面의 微少部分(約 0.01~0.1mm²)에 microwave 를 入射하여 素子內의 局部에 있어서의 現象을 調査하는 것을 特徵으로 하고 있다. 特히 特殊한 모양의 試料를 必要로 하지 않고 製品화된 實物의 半導體素子에 對한 諸現象을 調査할 수가 있으므로 實用的인 方法이라 할 수 있다.

Thyristor 를 gate 點弧하여 導通狀態로 하는 경우, 導通領域이 어떻게 넓혀져 가는가를 調査하는 方法으로서는 그림 2와 같이 測定을 爲해서 隔離된 陽極-陰極間의 逆電流波形을 測定하는 Dodson 의 方法이나, Thyristor 의 陰極과 P-base 層에 오미크接觸한 針狀電極間의 電壓波形을 測定하는 Mapham 등의 方法이 있다.

이들의 方法에는 P-base 층안에 이르는 測定用

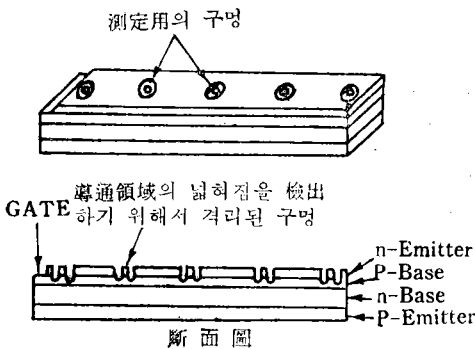


그림 2. gate 점호에 의한 Thyristor 의 導電領域의 넓혀짐의 決定素子

구멍을 열어야할 必要가 있으므로 現象이 擾亂될 우려가 있다. 또한 carrier 濃度を 直面的으로 測定이 되지 않으므로 現象의 解明이 어려울 때가 있다. 그러나 反射法으로는 emitter 층으로 부터 microwave 를 入射시켜 直接 carrier 濃度を 測定할 수가 있다.

Thyristor 의 導通이 넓혀지는 것을 調査하는 다른 方法은 赤外線 測定法이 있다. 이것은 電子와 正孔이 再結合할 때에 放射하는 赤外線を 測定하여 注入 carrier 濃度の 變化를 檢出하므로써 導通領域이 넓혀지는 것을 調査한다. 이 方法에서는 赤外線 檢出系의 應答速度는 늦으므로 microsecond 의 빠른 現象을 調査할 수가 없다. 그러나 反射法으로는 microwave 를 쓰기 때문에 microsecond 의 빠른 現象이라도 充分히 調査할 수가 있으므로, 半導體素子內의 過渡現象에 關한 解明이 可能하게 된다.

3. 反射法에 의한 測定例

反射된 microwave 는 半導體의 carrier 濃度以

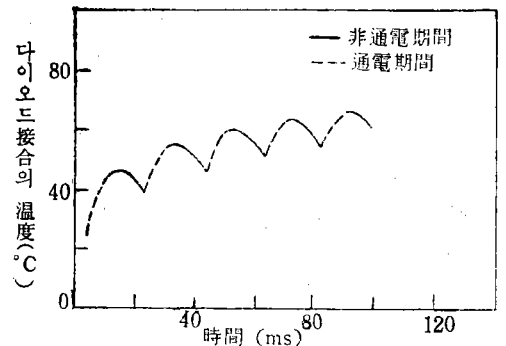


그림 3. Diode 接合溫度의 變化 (商用電源 5 pulse 印加)

외에 溫度 및 carrier 의 移動度 등에 따라 變化하므로 이들의 량을 求할 수도 있다.

그림 3은 Silicon diode 에 商用 周波數 電源을 써서 5-pulse 를 印加했을 때의 Diode 接合의 微少部分에 있어서의 溫度變化를 이 方法에 依하여 測定한 것으로, 半導體素子の 溫度特性이나 破壞現象을 研究하는데 도움이 된다.

그림 4는 Thyristor 에 順電流를 通電했을 때의 microwave 檢出電壓의 變化分을 測定한 것으로,

時間 $t=0$ 에서 順方向電流를 通電하면 $500\mu S$ 후에 carrier가 注入되기 始作하여 導電狀態가 된다. 또 $900\mu S$ 후에 電流密度가 最大로 되어 $1.5mS$ 후에 接合面의 全體가 導電狀態로 되어 電流密度가 一定하게 되어 平衡狀態를 이룬다. 이와 같이 接合面의 各點에서 carrier 濃度の 時間的인 變化를 測定하므로써 素子의 動的인 過渡特性이나 現象을 解明할 수 있게 된다.

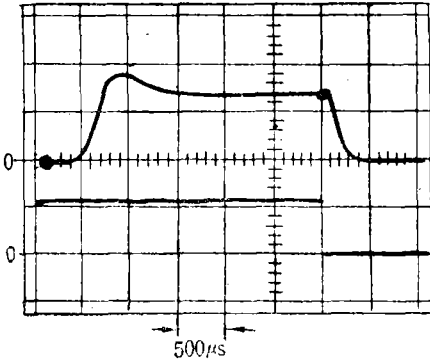


그림 4. 通電中の Thyristor 接合部에서 反射한 檢出 電壓 波形(위부분)과 順電流 波形(밑부분)

그림 5는 Thyristor를 gate點弧하였을 때 Thyristor 接合面 全體에 導電領域이 어떻게 넓혀져 가는가를 이 方法에 의해서 測定한 例로서, 速度는 gate에서 測定點까지의 거리와, gate電

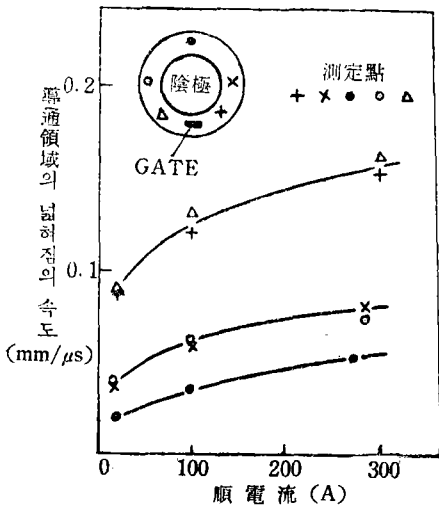


그림 5. Thyristor를 gate點弧하였을 때의 導電領域이 넓혀지는 速度

流 pulse를 印加한 후 測定點이 導通狀態가 되기 始作하는 時間으로 求한 平均値로 表示하였다.

測定の 結果로서, gate點弧에 依한 導通領域은 gate電極을 中心으로 接合面 全體로 퍼져나가고, 同一點에서의 速度는 電流密度와 함께 增加하나, 導通領域이 接合面 全體에 넓혀져감에 따라 電流密度가 적어지므로 넓혀지는 速度도 減少한다.

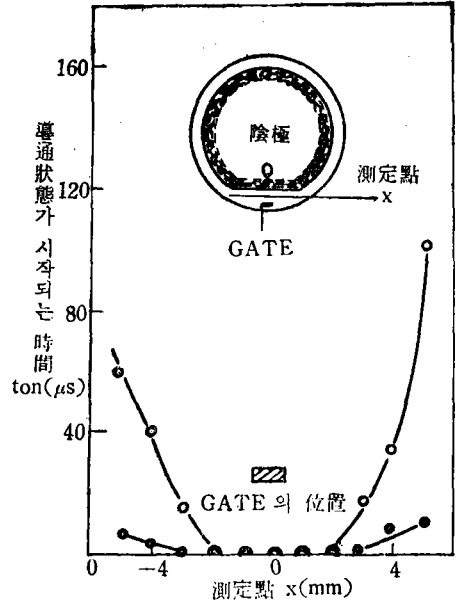


그림 6. Thyristor를 gate點弧했을 때 gate電極 近방에서의 導電領域

그림 6은 gate電極에 對向한 Thyristor 음극 近방에서 導通領域이 넓혀지는 것을 이 方法에 의해 測定한 例이다.

縱軸에 表示한 時間 t_{on} 은 Thyristor에 順方向電流가 흐르기 始作하여 測定點이 導通狀態로 되기 始作하는 時間이다.

gate電流가 적으면 順電流는 gate電極의 近방에 集中하여 흐르나 gate電流가 커지면 gate電極의 넓은 領域으로 빨리 導通狀態로 되어 電流의 局部集中化를 防止할 수 있음을 나타낸다.

이와 같이 이 方式에 依하면 導通領域이 넓혀지는 것을 明確하게 할 수가 있으므로 Thyristor turn-on 現象을 調査할 수가 있다.

그림 4에 表示한 microwave 檢出電壓의 波形에 있어서 順電流가 흘러서, 끝났을 때의 檢出電

壓의 減衰에 따른 모양으로부터 Thyristor 接合에 있어서의 高密度 carrier 의 半導體, plasma 의 life time 을 評價할 수가 있으며 Thyristor 의 turn-off 現象도 調査할 수 있다.

4. 結 語

以上에서 記述한 바와 같이, 여기서는 주로 Thyristor 의 switching 現象을 microwave 의 反射에 의한 測定에 關하여 例를 들었으나, 앞으로 다시 여러 가지의 半導體素子內의 現象을 解明하는데 이 方法을 適用하게 될 것으로 보며, 이에 따라 半導體素子の 性能改善이나 素子 開發에 도움이 될 것으로 본다.

參 考 文 獻

- 1) K. D. OH: Measurement inner semiconductor by the usage of microwave. 首都工大論文集第3集, p.75, 1971.
- 2) J.N. Bhar: Microwave Techniques in the Study of Semiconductors.
- 3) W.H. Dodson & R. L. Longini: Proved Determination of Turn-on Spread of Large Area Thyristors.
- 4) N. Mapham: Overcoming Turn-on Effects in Sillicon Controlled Rectifiers.
- 5) W. Gerlach: Thyristor MIT Querfeld Emitt.