

薄膜Hall素子製作에 관한 研究(1)

(A Study on the fabrication of thin film Hall device(1))

曹 判 尙*

(Cho Pan Sang)

要 約

InSb-Sn 薄膜 Hall素子를 InSb-Sn粉末을 flash蒸着法으로 슬라이드 글래스 위에 蒸着하여 만들었다. 이 素子를 磁束計로 使用할 때 特性의 再現性이 좋고 直線性이 良好하였다.

Abstract

InSb-Sn thin film Hall device Was prepared by flash evaporation of InSb-Sn powder on the Slide glass. The Characteristics Curve of this device showed good linearity and reproducibility.

1. 緒 論

Hall素子를 磁束計로 使用할 경우 素子の 두께와 素子の 溫度特性이 素子の 性態에 커다란 影響을 준다. 그러므로 感도가 높고 安定하여 直結增幅回路에 使用할 수 있는 Hall素子를 만들기 위해서는 두께가 얇고 溫度特性이 均一하며 Hall係數가 커야할 뿐만 아니라 임피던스가 적어야한다. 이러한 점을 고려할 때 眞空蒸着薄膜을 利用한 薄膜 Hall素子는 두께와 形態를 자유롭게 선택할 수 있고 製作이 容易하며 單結晶 Hall素子에 比하여 임피던스가 낮아 直結增幅이 可能한 應用面에서 有望하여 InSb薄膜¹⁾을 中心으로 InSb-Ga薄膜, InSb-Bi 薄膜²⁾ InSb-Sn 薄膜³⁾을 利用한 薄膜 InSb素子が 研究報告되었다. 特性面에서도 InSb單結晶을 使用한 素子에 떨어지지 않으므로 薄膜 Hall素子の 研究開發이 要求되고 있는 實情이다.

本研究에서는 임피던스가 낮으며 周圍溫度에 대하여 溫度係數가 0°C부터 80°C까지 0.0035%/°C인 安定한 InSb-Sn 薄膜 Hall素子를 製作하였다. InSb-Sn 薄膜 Hall素子는 Temperature-Programed-Evaporation (TPE) 방법¹⁾에 依어 製作되어 特性의 優秀性이 報告되

었으나³⁾ TPE方法은 蒸着方法이 복잡하며 蒸發도중에 蒸發物質의 分解가 일어남으로 필자는 蒸發途中에 蒸發物質의 分解로 最小限으로 막고 蒸着이 간단한 flash 蒸着法으로 InSb-Sn薄膜을 슬라이드 글래스 위에 成長시켜 InSb-Sn薄膜 Hall素子를 만들었다. InSb-Sn薄膜 Hall素子の 特性을 測定하여 TPE方法으로 製作한 InSb-Sn薄膜 Hall素子の 特性과 比較檢討해본 結果 特性이 優秀함으로 報告한다.

2. 實 驗

2.1 薄膜製作方法

鐵製 bell-jar로 된 그림 1과 같은 眞空蒸着裝置를 使用하여 $\sim 10^{-5}$ mmHg의 眞空內에서 flash蒸着을 하여 InSb-Sn薄膜을 만들었다. bell-jar의 直徑은 34cm이며 油擴散펌프와 油回轉 펌프로 연결되는 眞空度는 2×10^{-5} mmHg까지 到達되며 眞空度는 이온 眞空計로 測定하였다.

Pre-cleaned된 Corning 2947 슬라이드 글래스를 깨세척하여 substrate heater에 附着시킨 후 alumina boat에 試料가 떨어지지 않도록 주의하여 Hopper의 試料保管函에 試料를 넣는다. 이때 試料는 InSb結晶粉末(4N ESPI제품) 0.85 mol%에 Sb粉末(5N 日本三井金屬製品) 0.01mol%와 Sn粉末(5N 日本三井金屬製品) 0.15 mol%을 고루섞어 만든 것이다. bell-jar를 닫고 排氣

*正會員 朝鮮大學校 文理科大學

Cho Sun Univeasity

接受口字: 1976年 11月 12日

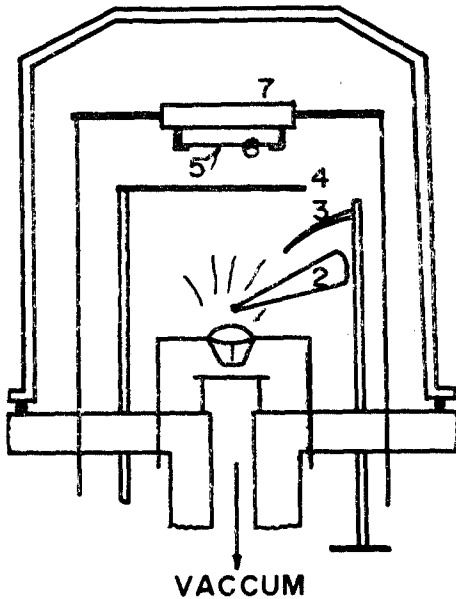


그림 1. 眞空蒸着裝置

Fig. 1. Schmatic drawing of evaporation apparation.

1. Tungsten에 Alumina을 입힌 Boat
2. Hopper
3. Hopper에 振動을 주기위한 裝置
4. Shutter
5. Thermocouple (Fe-constantan)
6. Substrate Glass (Corning 2947)
7. Substrate 가열용 Heater

하여 眞空도가 4×10^{-5} mmHg로 될 때 heater에 可變變壓器로 電壓을 인가하여 基板溫度가 一定溫度에 도달할 때 alumina boat를 $1,200^{\circ}\text{C}$ 로 加熱하고 bell-jar 外部에서 力學的方法으로 hopper에 振動을 전달하여 少量의 試料을 alumina boat에 떨어트리 순간적으로 蒸發하여 슬라이드 글래스에 薄膜이 成長되도록 하였다 이때 Substrate溫度는 Fe-Constantan熱電對로 蒸發源의 溫度는 Chsomet-Alumel熱電對를 使用하여 測定했으며 Vavian의 Åmeter 및 간접계로 측정한 蒸着膜의 두께는 $0.5\mu\text{m}$ - $3\mu\text{m}$ 까지였다. 蒸着이 끝난후 眞空中에서 300°C 로 30分間 熱處理하여 結晶化 시킨후 電極으로 In을 蒸着하여 사진 1과 같은 測定用 Cell을 만들었다.

2.2 特性測定方法

InSb-Sn薄膜의 結晶化 程度는 X-Ray diffractometer로 回折線을 기록하여 測定했으며 Hall係數는 D.C方法²⁾으로 印加磁場을 4,000Gauss로 하여 素子에 3-7 mA의 電流를 흘려주면서 Hall電壓을 測定하여 計算하

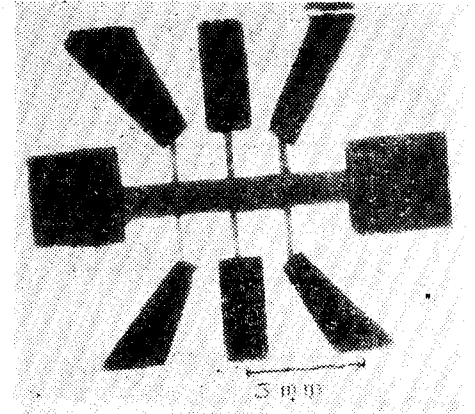


사진 1. InSb-Sn薄膜 Cell

Photo 1. InSb-Sn thin film cell

였으며 素子の 電氣傳導度는 Hall係數와 同時에 測定했다.

3. 實驗組果와 考察

3.1 薄膜의 構造

InSb 單結晶粉末이 蒸發途中 熱分解로 인한 化學量論的 組成의 變化을 막기 위하여 金屬 Sb을 混合試料에 대하여 0.01% 첨가한 후 InSb-Sn薄膜 Hall素子에 最 理想的인 組成인³⁾ InSb 0.85 Sn 0.15의 組成으로 混合한 試料을 基板溫度를 400°C 로 하여 蒸着한 후 眞空中에서 300°C 로 30분간 熱處理한 InSb-Sn薄膜(두께 $1.7\mu\text{m}$)의 X-Ray 回折特性은 그림 2와 같이 뚜렷한 InSb結晶의 回折線이 (111面), (220面), (311面), (400面), (331面)으로 나타났으며 α -Sn과 β -Sn peak가 적게 나타났다. 熱處理 함으로써 結晶化가 촉진되며 部分的으로 α -Sn과 β -Sn이 結晶化되어 있음을 알 수 있다. (TPE)方法에서는 InSn의 peak가 나타났으나 Flash 蒸着法으로 蒸着한 InSb-Sn薄膜에서는 Sn peak만 나타났다.

3.2 基板溫度와 Hall特性

基板의 溫度를 200°C 부터 500°C 까지 變化시켜 가면서 蒸着한 InSb-Sn薄膜의 基板溫度에 따른 Hall係數와 電氣傳導度는 그림 3과 같이 基板溫度가 增加할때 電氣傳導度는 $1 \times 10^6 \text{ ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$ 에서 $1 \times 10^4 \text{ ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$ 로 감소하였으며 Hall係數는 基板溫度가 450°C 까지 增加할 때는 $3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{cool}$ 에서 $1.7 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{cool}$ 으로 增加하였다가 基板의 溫度가 450°C 를 넘어서 增加할 때 Hall係數는 감소하기 시작했다. 實驗에 使用한 薄膜의 두께는 $2\mu\text{m}$ 였다.

이러한 現象은 基板溫度가 450°C 이상이 될 때 基板

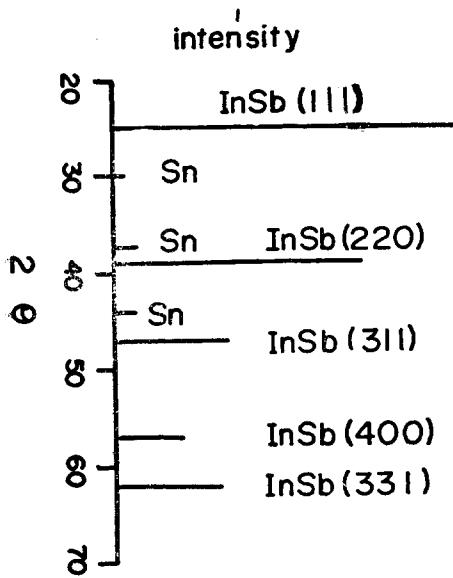


그림 2. InSb-Sn薄膜의 X-Ray회절무늬
 Fig. 2. X-Ray diffraction patterno of the InSb-Sn thin film

에 蒸着된 InSb-Sn薄膜이 再蒸發을 시작함으로 薄膜面이 不連續 構造를 갖기 때문에 膜全體의 抵抗이 增加하는 現象으로 설명할 수 있으며 TPE方法에서 보다 급격이 變化되고 있다. 이때 基板溫度의 最適條件은 $400^{\circ}\sim 450^{\circ}\text{C}$ 이다.

3.3 薄膜두께와 Hall特性

InSb-Sn薄膜의 두께에 따른 Hall係數의 變化는 그림

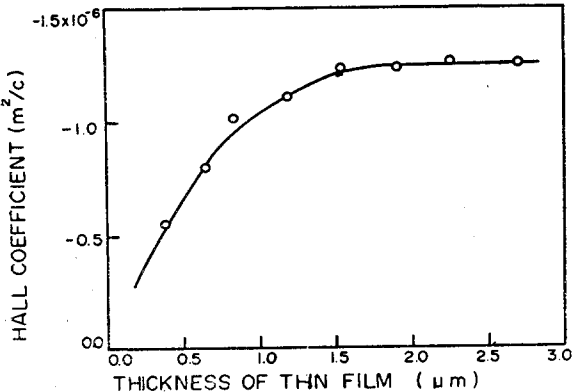


그림 4. InSb-Sn薄膜의 두께와 Hall係數
 Fig. 4. Thickness dependence of the Hall coefficient

4와 같이 薄膜의 두께가 增加가 될 때 係數는 增加되어 薄膜의 두께가 $1.5\mu\text{m}$ 이상이 될 때 Hall係數는

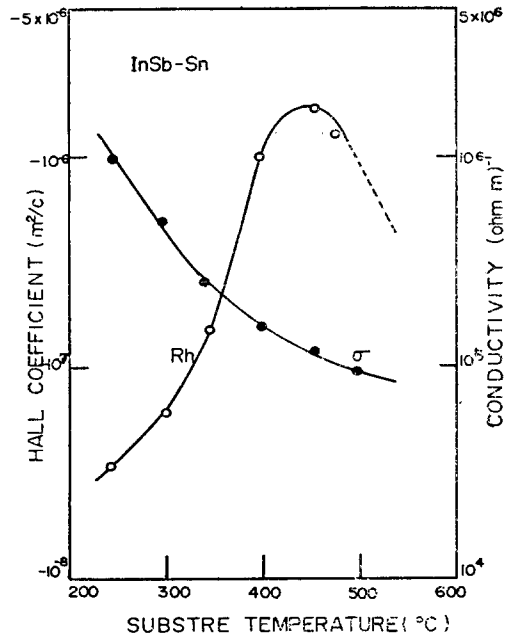


그림 3. 基板溫度에 따른 Hall係數 및 電氣傳導度 變化
 Fig. 3. Hall Coefficient and electrical conductivity VS. substrate temperature.

素子²⁾나 TPE方法으로 成長시킨 InSb-Sn薄膜 Hall素子³⁾에서는 $1\mu\text{m}$ 부근에서 Hall係數의 飽和現象이 일어난 것에 比하여 Flash蒸着法인 本方法에서는 $1.5\mu\text{m}$ 에서 飽和가 일어나고 있다. 이러한 現象은 두께가 增加함으로써 結晶이 成長되어 結晶領域에 들어가기 때문에 두께가 두께올때 結晶에서와 같이 均一한 Hall特性이 나타난다고 解釋되며 Flash蒸着法에서는 薄膜이 순간적으로 蒸着되기 때문에 結晶成長이 어려워 두꺼운 두께에서 飽和現象이 일어난다고 볼 수 있다.

3.4 磁束計로써 應用

Flash蒸着法으로 蒸着한 InSb-Sn薄膜의 磁束密度에 따른 Hall電壓은 그림 5와 같다. 電流端子에 6mA의 一定한 電流를 흘려주면서 磁束密度를 5,000 Gauss까지 變化시켰을 때 Hall電壓은 17mv까지 線型으로 變化되었으며 5,000 Gauss까지 Hall電壓의 直線性을 1.2%로 TPE方法으로 製作한 InSb-Sn薄膜 Hall素子에 比하여 손색이 없다. Flash蒸着法으로 製作한 InSb-Sn薄膜 Hall素子에 一定한 磁界와 一定한 電流를 흘려주면서 Hall特性을 周圍溫度의 函數로 測定해본 結果 $10^{\circ}\text{C}\sim 75^{\circ}\text{C}$ 까지는 良好한 直線性을 보여주었다. 그러 더 增加하지 않고 飽和狀態에 이르렀다. InSb薄膜 Hall

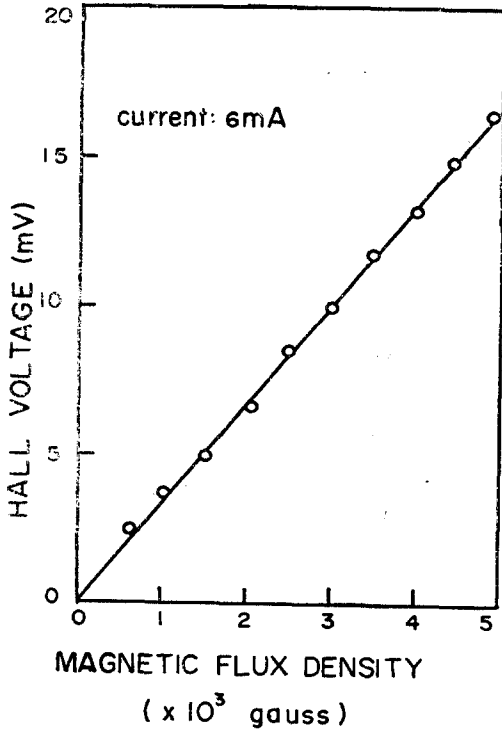


그림 5. InSb-Sn薄膜 Hall素子の 磁界特性
 Fig. 5. Hall Voltage of the InSb-Sn Hall device VS.

므로 이 溫度범위내에서 磁束計로 使用할 때 安定하며 充分한 實用性을 갖고 있다고 본다.

4. 結 論

Flash蒸着法으로 만든 InSb-Sn薄膜 Hall素子は TPE 方法으로 만든 InSb-Sn薄膜 Hall素子에 比較하여 特性의 손색이 없기 때문에 간단한 Flash蒸着法이 薄膜 Hall素子製作에 有用하다고 생각된다.

Flash蒸着法으로 만든 InSb-Sn薄膜 Hall素子は 5,000 Gauss을 인가할 때 Hall電壓이 17mV로 直結增幅回路에 連結하여 使用하면 周圍溫度에 不安定한 InSb單結晶 Hall素子나 InSb薄膜 Hall素子에 比하여 信賴性이 높은 磁束計로 使用할 수 있다.

參 考 文 獻

1. M. Ohshita; Japan J. Appl. Phys. 10, 1365 (1971)
2. Y. Sakai and M. Ohshita; Bull. T.I.T. (Japan) 44, 33. (1961)
3. 大下正秀, 電氣學會論文誌 p3-C, 23. (1973)
4. 尹在剛, 柳龍澤: 大韓電子工學會誌 12.5 (1976)
5. 仁田昌二, 田中哲郎: 電氣學會雜誌 91. 12p (1971)