

|         |                                  |
|---------|----------------------------------|
| 氏 名     | 高 木 暢<br><small>たよ き とおる</small> |
| 学位の種類   | 工 学 博 士                          |
| 学位記番号   | 論 工 博 第 1052 号                   |
| 学位授与の日付 | 昭 和 53 年 3 月 23 日                |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当          |
| 学位論文題目  | セレンテルル系半導体結晶の圧抵抗効果の研究            |

論文調査委員 (主査) 教授 田中哲郎 教授 川端 昭 教授 佐々木昭夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文はセレンテルル系単結晶における圧抵抗効果の研究を中心にして、これに関連のある結晶成長の研究および多結晶体における応用研究をまとめたもので6章から成る。

第1章は序論で、セレンテルル系半導体の基礎物性について概説し、結晶成長および圧抵抗効果に関する研究の沿革と現状について述べ、本研究の目的と位置づけを明らかにしている。

第2章では結晶成長について著者の行った研究結果について述べてある。セレンテルル合金の中間組成では単結晶作成が困難なので、セレン寄り組成およびテルル寄り組成の結晶成長を行い、セレン寄り組成ではテルル単結晶を種結晶として用い、セレン単結晶および原子濃度25%以下のテルルを含むセレンテルル合金単結晶をエピタキシャル成長させている。テルル寄り組成では、引上げ法を採用してテルルおよび原子濃度10%以下のセレンを含む良質な合金単結晶を得、これらの単結晶の評価についても詳細に述べている。

第3章はセレン寄り組成の単結晶における圧抵抗効果について述べてある。セレンの圧抵抗効果に関する研究としては、静水圧による実験が少しあるだけで、圧抵抗係数  $\pi_{ij}$  の値も不明であったが、著者は  $\pi_{11}$ ,  $\pi_{31}$ ,  $\pi_{33}$  を求めて異方性が非常に大きいことを明らかにし、電位障壁モデルに基づいて圧抵抗係数の解析を行い、結晶内の電位障壁の高さの応力変化率を述べている。さらにセレンテルル合金の圧抵抗係数の値を明らかにし、その組成依存性について考察を加えている。

第4章ではテルル寄り組成の単結晶における圧抵抗効果の研究結果について述べてある。著者は圧抵抗係数  $\pi_{ij}$  の値を $-50^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{C}$  および液体窒素温度で求め、静水圧抵抗係数  $\pi_1^h$ , および  $\pi_3^h$  の温度特性を求めてある。そしてこれらの温度依存性を変形ポテンシャルに基づいて解析し、関連する物性定数を明らかにしている。なお試料の作製法や一軸性および静水圧抵抗係数の測定法についても詳細に述べてある。

第5章では応用を目的とした多結晶における圧抵抗効果の研究として、セレン整流素子における圧力

効果, およびセレンテルル系合金粉粒によるマイクロホンの特性などについて述べてある。セレン整流素子に  $10^7 \text{ N/m}^2$  程度の一軸性応力を加えると, その電流電圧特性は大きく変化するが, その変化は特に逆方向で著しく, 圧力感度は通常の半導体素子より 1 桁高いものが得られている。この現象は整流素子の空間電荷層におけるセレン結晶の圧抵抗効果によるもので, 見掛け上の圧抵抗係数が, セレン単結晶の圧抵抗係数と対応していることが示されている。またセレンテルル系合金粉粒を炭素粉粒の代わりに用いたマイクロホンを試作して測定を行い, これによって特性の良好なマイクロホンが得られることを示した。このマイクロホンの特長は, インピーダンスが高く小電流動作に適すること, 出力電圧が高いが出力電力は低いこと, 高周波ひずみが非常に小さいことなどにある。マイクロホン特性の測定法や測定結果についても詳細に述べられている。また音響電気変換特性を弾性球接触モデルにより解析して, マイクロホンにおける圧抵抗効果の寄与について検討した結果についても述べてある。

第 6 章は本研究で得られた主な成果を結論的に述べたものである。

## 論文審査の結果の要旨

セレンおよびテルルの結晶は, 単元素半導体であると同時に顕著な圧電効果および圧抵抗効果を示す特異な材料であるが, セレンの結晶成長がかなり困難なために, これらの合金単結晶の圧抵抗効果については, 従来あまり詳しく調べられていなかった。本論文の著者は, セレンテルル合金系単結晶の結晶成長法について研究を行って, セレン寄りおよびテルル寄り組成のものについては満足すべき単結晶を得て, その圧抵抗効果について広範囲の研究を行い, 異方性に関連した総括的な知見を得るとともに, さらに進んでその応用を開拓し, セレン整流素子による圧力センサー, およびセレンテルル系合金粉粒を用いた電話器用マイクロホンなどについて応用の基礎を作った。得られた成果の主なものは次のとおりである。

1) セレンおよびセレン寄り組成をもつ合金単結晶を得るために, 比較的容易に得られるテルル単結晶を種結晶とすることにより, 原子濃度が 0~25% のテルルを含むセレンテルル合金単結晶をエピタキシャル成長させることに成功した。

2) セレンおよびセレン寄り組成の結晶の圧抵抗効果に関し, 従来ほとんど知られていなかった圧抵抗係数のテンソル成分  $\pi_{ij}$  を測定し,  $\pi_{11}$  は  $10^{-8} \text{ m}^2/\text{N}$  という通常の半導体に比べて著しく大きい値をとること, またこれがテルル濃度のかかなり高い組成で極大を示すこと,  $\pi_{33}$  はセレン寄り組成では正の値をとり, テルル寄り組成のそれと符号を異にすること, また  $\pi^h$  は  $\pi_{11}$  の極大を示す組成の付近で極小を示すことなどを明らかにした。

3) テルル寄り組成の合金単結晶における圧抵抗係数  $\pi_{ij}$  の値を,  $-50^\circ\text{C} \sim 140^\circ\text{C}$  および液体窒素温度で測定し, これらの値の絶対値は高温では温度に反比例して温度降下とともに増大するが, ある温度でピークを示し, 低温で急減することを見出し, この種合金の伝導機構を解析することによってこれを満足に説明しうることを示した。

4) セレン整流素子に  $10^7 \text{ N/m}^2$  程度の 一軸性応力を加えると, その電流電圧特性が著しく変化するが, その変化は逆方向で特に著しく, 圧力感度は通常の半導体素子のそれより 1 桁も高いものが得ら

れることを示し、この現象が整流素子の空間電荷層におけるセレン結晶の圧抵抗効果そのものに基くものであることを明らかにした。

5) セレン濃度が20%および40%のセレンテルル合金粉粒を、炭素粉粒の代りに用いた電話器用マイクロホンを試作し、その特性を検討した結果、この種のマイクロホンはインピーダンスが高くて小電流動作に適すること、出力電圧が高くて出力電力が小さいこと、ならびに高調波ひずみが非常に少ないことなどの特長をもつことを見出した。

6) 粉粒型マイクロホンの電気音響特性を弾性球接触モデルにより解析して、上記マイクロホンにおける圧抵抗効果の寄与について明らかにした。

以上要するに、この論文は従来あまり研究されていなかったセレンテルル系合金単結晶の製法とその圧抵抗効果を研究してその全ぼうを明らかにするとともに、その応用についても開発を行ったもので、学術上實際上貢献するところが少ない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。