

氏名・(本籍)	栗 田 典 明 (北海道)
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工博甲第 10 号
学位授与の日付	昭 和 57 年 3 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当 電子科学研究科 電子材料科学専攻
学位論文題目	Ti-Fe 系合金薄膜の構造と電気的性質
論文審査委員	(委員長) 教 授 島岡五朗 教 授 三橋廣二 教 授 藤村全戒 助教授 熊川征司 教 授 藤安 洋 教 授 林 敏也

論 文 内 容 の 要 旨

近年、電子回路素子は IC, LSI をはじめとして高集積化、高密度化の傾向にある。これに伴い抵抗体にも高抵抗率で、抵抗温度係数の小さい抵抗材料が必要となっている。現在、薄膜 IC 及びハイブリッド IC に使われている薄膜抵抗体として TaN がある。この他に、遷移金属化合物及び合金が研究されており、TiN や TiAl 合金がある。これらの薄膜抵抗体の抵抗率は $200\sim 300\mu\Omega\text{-cm}$ 程度であり、抵抗温度係数は $\pm 20\text{ppm/K}$ である。

最近、高抵抗率でしかも小さな抵抗温度係数をもつ材料として注目を集めるようになった金属材料として、アモルファス合金がある。この合金は組成金属の原子半径が 15% 以上異なり、ヒューム・ロザリーの固溶則でほとんど固溶体をつくらない二元遷移金属合金で得られている。アモルファス合金はメルト・スピニング法で作製され、一度合金を熔融し、急冷する方法がとられているため、融点が $1,000^{\circ}\text{C}$ 以下であるという制約があった。Ti-Fe 系合金は、アモルファス相をつくる条件をそなえているにもかかわらず、共晶点が $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上であるため、現在までアモルファス相はつくられていない。しかし、スパッタリング法を用いて薄膜をつくることにより、Ti-Fe 系アモルファス合金を得ることが期待される。

本研究の目的は、Ti-Fe 系合金膜をスパッタリング法により作製し、高抵抗率で抵抗温度係数の小さな薄膜抵抗材料をつくることである。

合金膜をつくるため、細い金属線を異種金属板に張った細線複合ターゲットを用いた、直流二極スパッタ装置を使用した。複合ターゲット法は数%の希薄合金の作製法として用いられているが、一般にスパッタ膜の組成にむらが生じるといわれている。スパッタ膜の組成の均一性は、薄膜抵抗体をつくるうえに、欠くことのできない条件であるため、本論文では、はじめに、スパッタ膜の組

成均一性を調べ、その要因を検討した。その結果、ターゲット上の金属線間隔より大きな基板を用いた場合には基板相互間の組成均一性も優れていることがわかった。

Ti_xFe_{1-x} 合金の種々の組成の膜をつくるために、Ti 成分の多い組成領域では Ti 板上の Fe 線 ($0.2mm\phi$) の本数と線間隔を、Fe 成分の多い組成領域では逆に Ti 線 ($0.8mm\phi$) の本数と線間隔を変化させることによって、ほぼ全組成範囲 ($0 < x < 1$) のスパッタ膜を作製できた。

本論文では、第二に、電気的特性に大きな影響を与える膜構造を調べた。構造解析には、X線回折法と電子回折法を使用した。この結果、 Ti_xFe_{1-x} 膜においては $0.05 < x < 0.30$, $0.35 < x < 0.50$ 及び $0.55 < x < 0.83$ の組成範囲でアモルファス相が形成された。また、 $0.80 < x < 1$ で高温安定相の β -Ti 相が存在した。その他、 α -Fe (b. c. c.) 相 ($0 < x < 0.30$)、 $TiFe_2$ (hexagonal) Laves 相 ($0.25 < x < 0.35$)、 $TiFe$ (CsCl型) 相 ($0.45 < x < 0.55$)、 α -Ti (h. c. p.) 相 ($0.83 < x < 1$) が形成された。アモルファス単一相は $0.55 < x < 0.80$ の組成範囲に存在し、 β -Ti 単一相は $x = 0.83$ の組成で形成された。アモルファス単一相の結晶化温度は $420^\circ C$ であることが示差熱分析の結果わかった。アモルファス相は結晶化温度以上で熱処理をおこなうことにより、 Ti_2Fe 相を含む結晶相に変化した。

本論文では、第三に、このような膜構造をもつスパッタ膜の電気的特性を調べた。 Ti_xFe_{1-x} 膜の組成 ($0 < x < 1$) に対する室温での抵抗率 ρ は、アモルファス相の存在する組成領域 ($0.05 < x < 0.30$, $0.35 < x < 0.50$, $0.55 < x < 0.80$) で高い値をとり、 $x = 0.70$ の組成で $700\mu\Omega\text{-cm}$ の最大値を示し、金属間化合物の存在する $x = 0.33$ と $x = 0.47$ の組成で低い値を示した。また α -Ti 相と β -Ti 相の混合膜の存在する $0.83 < x < 1$ では、残留抵抗率は組成に比例して変化することがわかった。抵抗温度係数 (TCR) は、アモルファス相の存在する組成領域で負の値をとり、 $x = 0.70$ の組成で最小値 -200ppm/K を示した。純金属、金属間化合物及び α -Ti 相と β -Ti 相の混合膜をつくる組成範囲では、フォノン成分に相当する抵抗率が存在し、 β -Ti 単一相は約 $100\mu\Omega\text{-cm}$ という高い値をもつことがわかった。 β -Ti 相の過剰抵抗率は、ノルドハイムの関係式 $\rho = 100\rho^*x(1-x)$ と、フリーデル・モデルから、 β -Ti 相に固容する鉄原子による電子散乱に起因していることが確かめられた。

アモルファス相においては熱処理後、 ρ は減少して、TCRは負から正に転ずることがわかった。また、アモルファス相の安定性を調べるために、 $100^\circ C$ で100時間エージングをおこなったところ、 ρ の減少率は6%以下であった。

以上、Ti-Fe系合金膜の基礎的な研究から、Ti-Fe系アモルファス相は高抵抗率で小さな抵抗温度係数を持ち、薄膜抵抗材料としての性質をそなえていることがわかった。