

# 論文題目：Cu系合金の抵抗特性に関する研究

著者：仲村圭史

研究科、専攻名：工学研究科、材料科学専攻

学位記番号：工課 第七号

博士号授与年月日：2009年3月19日

論文の要旨（以下文字サイズ10.5Pで、4000字以内）

地球温暖化による異常気象など様々な環境問題がクローズアップされているなか、エアコンを中心とした家電製品や、自動車、パソコンの省エネ化が盛んに検討されている。特に自動車用のモータ（パワーステアリング、ドア、ワイパー、エアコン、ブレーキなど）は、電動モータに変化し、自動車の低燃費化へ貢献している。電動モータの回転速度や出力を制御するためには、電流を制御する必要があり、電流値を正確に把握するために抵抗値の低い抵抗器を電流経路に設置し、その電極間の電位差を測定することによって、オームの法則より正確な電流値を検出している。電流検出用の抵抗器の抵抗値が低い理由は、電力損出をできるだけ抑える目的であり、低い抵抗値を得るために抵抗率の低い金属合金を抵抗材料に用いることが数年前より注目されている。このような金属合金を用いた電流検出用の抵抗器は一般的にシャント抵抗と呼ばれて、抵抗合金にはCu-Ni合金やNi-Cr合金などが通常利用されている。

一般的な抵抗器はペースト状の抵抗体をセラミック基板上に印刷工法でパターン形成し、焼成することによって製造されている。よって、抵抗皮膜はガラスと粒状金属の混合体であり、長時間使用すると、ガラス成分が壊れることによる絶縁破壊や、金属粒子の劣化による抵抗値変化などが起こる場合がある。そのような抵抗に比べてシャント抵抗は、金属合金自体を抵抗体に用いるため、耐久性能の面で非常に信頼性が高く、自動車部品のように高い信頼性の必要とされる分野で期待される製品となっている。

また、抵抗器に電流を流すと必ずジュール熱による発熱が生じる。正確に電流値を測定するためには、抵抗器の発熱による温度変化によって、抵抗値が変化してしまうことは重大な欠点となる。よって電流検出用の抵抗器には温度変化による抵抗値変化が小さいことが要求される。単位温度あたりの抵抗値変化量を抵抗温度係数（Temperature Coefficient of Resistance：TCR）と呼び、抵抗器の性能として重要な項目となっている。

今後は省エネの観点から、電力ロスを極力抑えるために、より抵抗値の低いシャント抵抗が必要となることが予想される。抵抗値の低いシャント抵抗を得るためには、抵抗率の低い合金を得ることが重要であり、抵抗率が低く、比較的安価な材料を得ることは、重要な要素となっている。

上記の背景をもとに、本論文は、銅系の合金の製造方法の検討と、得られた材料について抵抗特性を評価した研究をまとめたものである。

内容は7章で構成されており、第2章では、電流検出用抵抗器（シャント抵抗）に求められる、抵抗合金の特性について検討を行ない、作製した材料の評価方法として、抵抗率や抵抗温度係数（TCR）、熱起電力を選定している。

第3章では、合金と純金属の積層材料についての抵抗特性を確認するために、CuNi合金とCuのサンドイッチ構造のサンプルを作製し、熱処理条件を変化させて、その抵抗特性が変化することを明らかにした。また抵抗モデルを設定して拡散率と抵抗特性の変化が計算できることを明らかにした。

第4章と第5章では、繰り返し圧延法による積層材料の開発を行い、第4章では、CuとNiの組み合わせで積層材料を作製し、相互拡散しやすい組み合わせでの、熱処理による抵抗特性の変化について明らかにした。第5章では、CuとFeの組み合わせで積層材料を作製し、相互拡散しにくい系での抵抗特性の変化を明らかにした。拡散しやすい材料の組み合わせでは熱処理により抵抗特性を変化させることが可能であり、拡散しにくい材料の組み合わせでは電流の方向に対する積層の方向と積層枚数を制御することにより、抵抗特性を変化させることが可能であることを明らかにした。

第6章では、CuNi系合金に対し、価数の違う元素を添加して合金を作製し、その抵抗特性について明らかにした。添加する元素の価数の違いは抵抗特性に影響せず、金属間化合物を析出するような元素を添加すると、抵抗特性が大きく変化することを明らかにした。最後に7章では、本論文の総括として、各章で得られた諸事項をまとめた。