

薄膜超低温特性抵抗器の開発

電子技術課 *岩坪 聡、機械システム課 清水 孝晃、センター次長 谷野 克巳、

北陸電気工業 桑原 大輔、富山大学 丹保 豊和

1. はじめに

近年、情報通信の発達により電子部品には、より小型・高精度化が求められている。その電子部品の一つとして抵抗器は基本的なものであるが、医療機器や航空や宇宙機器、携帯電話など器機の高性能・高密度化に伴って、抵抗器においても高い信頼性と精度が求められるようになってきた。

一般的に抵抗器に使用される材料は、抵抗率と安定性及び経済性の点から Fe-Cr、Ni-Cr、W、Ti 系の材料が用いられることが多い。中でも Ni-Cr 合金は抵抗率が高く、高温での耐酸化性、耐食性、高温強度に優れる特徴をもっている。しかしながら、その材料を薄膜に加工した場合、特性のばらつきは大きく温度係数(Temperature Coefficient Resistance)を 30 ppm/K 以下にすることは、非常に困難であった。そのため実用化されている低温温度係数特性抵抗器は非常に高価な金属箔を使用せざるおえない状況であった。その要因として薄膜の構造が膜厚に依存するために、複雑な特性変化を示すことが挙げられるが、TCR が 0 近くになると基板と膜との間に発生する熱歪・応力の効果もその構造の効果と同様に無視できないと考えられる。[1], [2] そこで本研究では、NiCr 系の膜の構造変化と基板との熱歪・応力が TCR に及ぼす影響を明らかにした。

2. 実験方法及び結果

まず、実用的基板であるアルミナ基板を使用した場合 NiCr 膜 (NiCr/Al₂O₃) の応力分布を MARC と呼ばれる有限要素法シミュレーションを使用して求めた。シミュレーションでモデリングを行う場合、基板の厚さは mm のオーダー、一方膜の厚さは nm のオーダーなので、実際のディメンジョンを用いてモデリングすることは困難である。そこで、実際の状態に近くなるように境界条件を最適化し、膜の熱によって発生する応力分布を求めた。図 1 に膜厚 t_f が 100、500、1000nm の計算結果を示す。図中、膜と基板との境界は深さ 100nm の場所で、それ以下は基板を示している。膜が薄い程、基板の熱膨張の影響を強く受け膜に働く応力 σ_x の値は 100 MPa と非常に大きな値を示すことが分かった。このことは基板の種類の違いのみならず、膜厚の変化によっても膜にかかる熱応力・歪が大きく変化することを示している。そこで、熱膨張係数の小さな石英基板と NiCr に近いアルミナ基板に RF マグネトロンスパッタ法にて NiCr 膜などを作製し、それら膜の TCR 特性の膜厚依存性を

調べた。

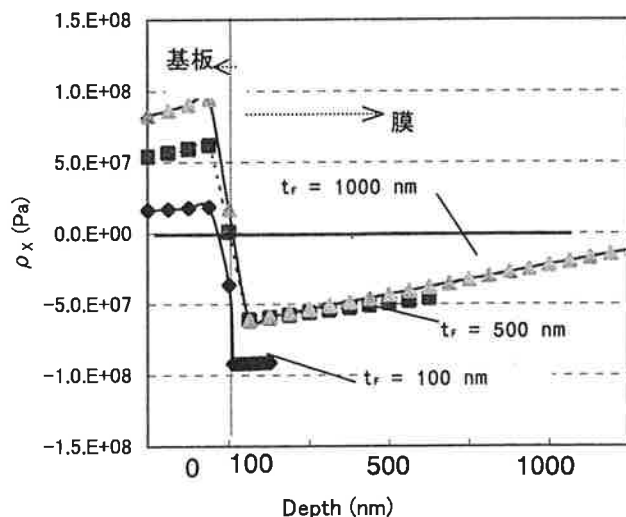


図 1. 温度を 100 度変化させたときの膜周辺で発生する熱応力分布

その結果、NiCr 膜は t_f が 300 nm 付近まで応力の影響を受け、膜が薄い程その効果が強く現れた。また、基板の熱膨張係数の違いにより約 50 nm の膜厚で TCR が 20 ppm/K ほど増加することが分かった。このとき、NiCr 膜では表面酸化などの影響も考えられるので、酸化しない金属 Pt、Au についても NiCr 膜と同様に調べた結果、それらの膜についても熱応力が TCR 特性に大きな影響を及ぼすことが確認できた。

その他、NiCr 膜の TCR を改善するためには、Si をドープすることが有効であることが分かった。[3]

3. まとめ

温度変化による膜と基板との応力分布とその値を明らかにし、基板の熱歪による電気抵抗の変化領域と対応づけた。この知見は、抵抗器の高精度化のみならず抵抗変化を用いた薄膜温度センサなどの高精度化に応用できると考えられる。

「参考文献」

- [1] 座間松雄：“金属箔抵抗器およびその製造方法(アルファ・エレクトロニクス)
- [2] 今村徹治、鍋澤浩文、岩坪聡、小幡勤、藤城敏史、丹保豊和：“MEMS を応用した高精度温度センサの開発” 2003 年若い研究者を育てる会研究論文集
- [3] 平成 15 年度若い研究者を育てる会研究論文集

*現 中央研究所