

研究成果報告書

研究テーマ (和文)	高い温度安定を示す高性能抵抗素子の開発		
研究テーマ (英文)	Development of precision resistors exhibiting high temperature stability		
研究期間	2019年～2021年		研究機関名 名古屋大学
研究代表者	氏名	(漢字)	畑野 敬史
		(カタカナ)	ハタノ タカフミ
		(英文)	Takafumi Hatano
	所属機関・職名	名古屋大学・准教授	
共同研究者 (1名をこえる場合は、別紙追加用紙へ)	氏名	(漢字)	
		(カタカナ)	
		(英文)	
	所属機関・職名		

概要 (600字～800字程度にまとめてください。)

昨今、IoT技術の汎用化や、宇宙航空分野などの極限環境における電子機器の利用拡大により、低温から高温に至る広範な温度域において精密な電気測定を行うことが求められている。この要求に応えるには、広い温度域で電気抵抗が変化しない抵抗素子が必要となる。しかし、現在広く用いられている Mn-Cu-Ni 合金ベースの抵抗素子では、小さな抵抗変化が実現されるのは室温付近の狭い温度域のみである。このため、エレクトロニクス分野においては、Mn-Cu-Ni 合金ベースの素子に代わる、次世代の抵抗素子が希求されている。これを実現すべく、代表者は逆ペロブスカイト型マンガン窒化物 Mn_3CuN に注目した。本材料は $-120^{\circ}C \sim +120^{\circ}C$ の広い温度域において、電気抵抗の温度変化が比較的小さいことが知られており、代表者は Mn_3CuN の薄膜作製を世界に先駆けて実現している。この技術を駆使し(1)従来型の精密抵抗素子では実現しえない広い温度域 ($-100^{\circ}C \sim 100^{\circ}C$) において、抵抗の温度変化が小さい Mn_3CuN 薄膜を、産業応用に適したアモルファス基板に実現することを目指し、研究を行った。また(2) Mn_3CuN 薄膜の微細加工に取り組み、電気抵抗率の高い(140 k Ω 以上)の抵抗素子を実現することにも取り組んだ。薄膜作製はマグネトロンスパッタ法で行った。そして、薄膜試料の抵抗温度係数 α (電気抵抗 R の温度に対する安定性を示す指標で、 $(1/R)(dR/dT)$ で定義される) が広い温度範囲でなるべく小さくなるよう、ターゲット組成、成長温度、アニール条件、基板依存性などを探索した。その結果、 Mn_3CuN バルク多結晶体の性能を凌駕する α ($-90^{\circ}C \sim +120^{\circ}C$ において $-100 \text{ ppm/K} < \alpha < 0 \text{ ppm/K}$) を示す薄膜をアモルファス SiO_2 基板に作製することに成功した。続いて、単結晶基板に作製した薄膜を用い、本材料の微細加工耐性を調査した。結果、熱的ダメージに留意すれば、通常のフォトリソグラフィ法によって本試料が微細加工可能であることが分かった。さらに、薄膜を幅 30 μm のメアンダ構造に加工することで、実測抵抗値が 180 k Ω ($-100^{\circ}C \sim +120^{\circ}C$) を超える抵抗素子を作製することができた。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）					
雑誌	論文課題				
	著者名		雑誌名		
	ページ	～	発行年	巻号	
雑誌	論文課題				
	著者名		雑誌名		
	ページ	～	発行年	巻号	
雑誌	論文課題				
	著者名		雑誌名		
	ページ	～	発行年	巻号	
図書	書名				
	著者名				
	出版社		発行年	総ページ	
図書	書名				
	著者名				
	出版社		発行年	総ページ	

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

Recently, IoT technology and aircraft/space industries are expanding the use of electronic devices in extreme environments including very high/low temperatures. This requires a next-generation resistor element, which does not show the temperature dependence over a wide temperature range. To address this issue, we focused on the anti-perovskite manganese nitride of Mn_3CuN , which shows relatively small temperature dependence of resistivity from -120deg. C to $+120\text{deg. C}$. By using the thin film growth technique, we conducted the experimental researches attempting on following two purposes. (1) To realize Mn_3CuN thin films on amorphous substrates, which are suitable for industrial applications, with keeping small temperature changes in the resistance from -100deg. C to 100deg. C . (2) The microfabrication of Mn_3CuN toward the high resistance resistors exceeding $140\text{ k}\Omega$.

Thin film fabrication was performed by magnetron sputtering. The target composition and annealing conditions were searched so as to realize a small temperature coefficient of resistance α (an index indicating the stability of the resistance R against the temperature T , defined as $(1/R)(dR/dT)$) in the wide temperature range. As a result, we have realized Mn_3CuN films on amorphous SiO_2 substrates showing $-100\text{ppm/K} < \alpha < 0\text{ppm/K}$ within the temperature range of -90 deg. C to $+120\text{ deg. C}$, which exceeds Mn_3CuN bulk polycrystalline materials.

Next, we investigated the microfabrication of Mn_3CuN films grown on the single crystalline substrates. By preventing thermal damage, the microfabrication of Mn_3CuN was successfully realized. With our final condition, we have realized a meander-patterned resistor device with $R > 180\text{ k}\Omega$ from -100deg. C to $+120\text{deg. C}$.