

伸縮配線材料

Copper-Clad Stretchable and Flexible Film

川守 崇司 *Takashi Kawamori* 正木 剛史 *Takeshi Masaki* 小川 禎宏 *Tadahiro Ogawa*
イノベーション推進本部 先端技術研究開発センター 有機材料研究部

1 概要

近年、衣服や肌に装着するだけで簡便に生体信号の取得を可能とするウェアラブルデバイスが注目されている。その中でも今後拡大が見込まれるストレッチャブルデバイスへの適用を目的に、銅箔と耐熱性が高い伸縮性基材を組み合わせた伸縮配線材料を開発した。本材料は基材単体の破断伸びが550%であり、50%引き伸ばし後の回復率は94%である。また、通常のエッチングプロセスにおける耐薬品性と、実装プロセス温度に対応した耐熱性を備えている。また、10 GHzにおける比誘電率が2.3、誘電正接が0.0030であるため、省電力化が可能である。これらの特性から伸縮配線材料はストレッチャブルデバイスに適用可能な材料といえる。

In recent years, wearable devices that track vital signs and that can be worn under, with, or on top of clothes or skin, have been attracting a lot of attention. Among wearable devices, the market for stretchable devices in particular is expected to grow. In light of such circumstances, we have developed a new material to be used to manufacture such devices. This new material consists of elastic film that is laminated with copper foil and is resistant to high temperatures. The elastic film has excellent mechanical properties: it is capable of elongating by 550% and has a recovery rate of 94%. In addition, this material is resistant to both the chemicals and the heat associated with the subtractive process and the N₂ reflow process. Furthermore, the material has a low dielectric constant (Dk) of 2.3 at 10 GHz, and a dielectric dissipation factor (Df) of 0.0030 at 10 GHz. Both of these properties are important for flexible substrates used in high-frequency devices.

2 製品の特徴

- ・伸縮時の抵抗変化が小さく、安定した導電特性を実現。
- ・誘電率、誘電正接が低く、高周波領域での省電力が見込める。
- ・既存の回路形成および実装プロセスに対応し、新たな設備投資が不要。

3 開発の経緯

さまざまなものがインターネットでつながるIoT (Internet of Things) が注目されており、端末の新形態としてウェアラブルデバイス¹⁾²⁾が開発されている。このような背景の中、ウェアラブルデバイスにはデバイスが持つ従来の機能に加え、装着の快適性が求められており、伸縮可能なデバイス(ストレッチャブルデバイス)を用いて、人体などの曲面に適用する検討が行われている³⁾。ストレッチャブルデバイスへの導体には伸縮可能な導電ペーストの適用が検討されているが、導電ペーストの多くが金属フィラーを用い、導通を確保しているため、繰り返しひずみを加えると抵抗値が上昇する課題がある⁴⁾。また、フレキシブルプリント配線板を用いた場合、抵抗値は安定するものの形状への追従性が低く小型化が難しい。そこで、当社では繰り返しひずみを加えても抵抗値が安定し、かつ形状への追従性が高いストレッチャブルデバイス用の配線材の開発を試みた。

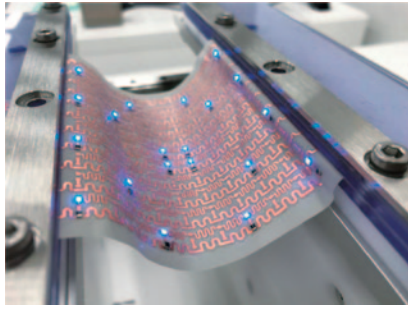
4 技術内容

1. 伸縮配線材の設計コンセプト

ストレッチャブルデバイスに適用可能な基材とするためには追従性に優れ、伸縮時に抵抗値が安定し、部品実装を可能とする耐熱性が重要である。そこで当社では配線基板の技術と複合材技術を融合させた伸縮配線材を開発した。導体は銅箔をミッド構造にエッチングすることで伸縮性を確保し、エラストマと熱硬化性樹脂を組み合わせた伸縮可能かつ耐熱性が高いフィルムを基材層とする複層構造を適用した。

2. 伸縮配線材の一般特性

表1に伸縮配線材の一般特性を示す。基材単体の破断伸びは550%であり、50%引き伸ばし後の回復率は94%である。また、配線形成時に使用する薬品に耐性を持ち、耐熱性にも優れているため、通常のエッチングプロセスおよびはんだ実装の対応を可能とした。



Copper foil layer (18 μm)
 Stretchable film (80 μm)
 Copper foil layer (18 μm)

図1 伸縮配線材の構成と作製したサンプルデバイスの写真
 Figure 1 Structure of copper-clad stretchable and flexible film (upper) and a sample device (lower)

表1 伸縮配線材に使用している基材の一般特性

Table 1 Properties of the elastic film used for the copper-clad stretchable and flexible film

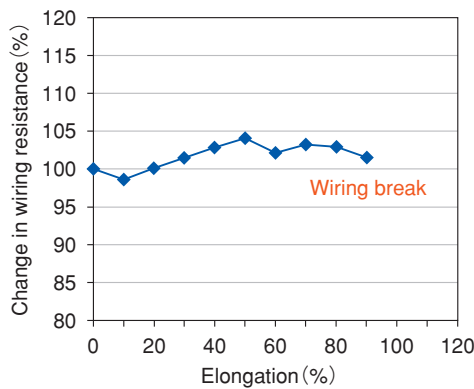
Item	Property	Note	
Tensile elongation	550%	Film thickness: 100 μm	
Tensile modulus	5.0 MPa		
Recovery rate	95%		
Peel strength (copper foil)	> 1.0 kN/m	90° peel	
Dielectric constant	2.3	At 10 GHz, using the cavity perturbation method	
Dissipation factor	0.0030	At 10 GHz, using the cavity perturbation method	
Breakdown voltage	7.0 kV	Film thickness: 80 μm	
Heat resistance	No change	260°C, 10 s, 10 cycles in an N ₂ atmosphere	
Chemical resistance	NaOH	No change	After a 24 h immersion test
	Na ₂ CO ₃	No change	
	Copper etchant	No change	

図2に配線形成後、基材の伸長率と配線の電気抵抗変化を観察した結果を示す。図2の結果から伸縮配線材は90%伸長しても抵抗値変化は5%以下であることが分かる。

また、図3に基材を10%繰り返し伸縮させた配線の電気抵抗率変化を示す。図3の結果から伸縮配線材は15,000回繰り返し伸縮させても抵抗率変化は小さいことが分かる。

さらに本材料は低い比誘電率および誘電正接を有しており、10 GHzにおいてDkが2.3、Dfが0.0030である。

これらのことから伸縮配線材はさまざまな形態のストレッチャブルデバイスに適用可能な配線材料であると考えられる。



Test sample

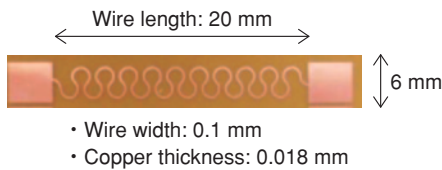
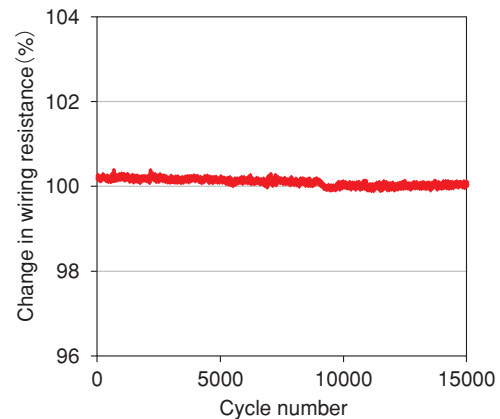


図2 伸長時の配線抵抗値測定結果

Figure 2 Change in the wiring resistance of a wire when stretched



Test sample

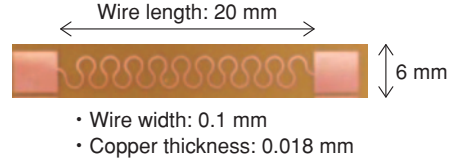


図3 繰り返し伸縮時(10%ひずみ)の配線抵抗値測定結果

Figure 3 Change in wiring resistance during stretching test cycles under a 10% tensile strain

5 今後の展開

- ・低熱膨張材の開発
- ・高密着伸縮性配線カバー材の開発
- ・高周波(5G)対応低伸縮高柔軟配線材の開発

【参考文献】

- 1) 近藤信一, ウェアラブル端末市場における日系電子部品メーカーの競争戦略, 総合政策第17巻第2号, pp.209-228, 2016.
- 2) 賀川勝, ウェアラブルデバイスの市場規模と今後の展開, エレクトロニクス実装学会誌, 18巻6号pp.390-395, 2015.
- 3) K. Fujii, Wearable Sensing Devices for Unobtrusive

- Biomedical Monitoring, Proc. of IEEE CPMT Symp. Japan 2015, pp.196-199, 2015.
- 4) 荒木徹平ほか, 繰り返しひずみを与えた銀フィラー伸縮性導体の電気抵抗評価, 第26回エレクトロニクス実装学術講演論文集, pp.322-325, 2012.