異方導電フィルム接続体の導通特性

山口 豊*, 中島 敦夫*, 塚越 功*

Conduction Properties of Connections Made Using Anisotropic Conductive Film.

Yutaka YAMAGUCHI *, Atsuo NAKAJIMA * and Isao TSUKAGOSHI *

* 日立化成工業株式会社下館研究所第三部 (〒308 茨城県下館市小川1500)
* 3rd Dept., Shimodate Research Laboratory, Hitachi Chemical Co., Ltd. (1500 Ogawa, Shimodate-shi, Ibaraki 308)

1. はじめに

異方導電フィルムは導電粒子で電極間の電氣的接続を達成し、同時に接着剤によりその接続を固定する電極接続材料である。導電粒子の大きさは約10μm程度と小さいので、はんだ接続など従来の技術では困難であった微細な電極間の接続に適している。

導電粒子は電極に接触した状態で導通している。したがって、粒子と電極との接触界面に接着剤が残留したり、また、電極表面に絶縁性の酸化膜などが存在すると、導通特性に異常な現象が現れる。特に電極の種類によって接続体の電流-電圧特性が変化することが見いだされたので、それについて報告する。

2. 接続体の電流-電圧特性

インジウム・スズ酸化物 (ITO), クロム (Cr) およびタンタル (Ta) の三種類の材料で電極を形成したガラス基板と、銅箔で電極を形成したフレキシブル回路板 (FPC) を異方導電フィルム (接着剤: スチレン-ブタジエン系樹脂, 導電粒子: Au めっき

プラスチック粒子) を用いて接続した。使用した電極およびFPCの仕様を表1に示した。

印加電流を1μAから1mAまで変化させて、接続体の電流-電圧特性を測定し、結果を図1に示した。電極上の絶縁性皮膜の破壊 (導電性の向上) の影響のない領域からの特性を測定するために、電流は低電流域から順次高めて変化させた。図1より明らかに、ITO電極は少なくとも本測定の条件 (1μA ~ 1mA) では電流と電圧は完全に直線関係にある。

図1. 各種電極の電流-電圧特性

表1. 電極およびFPC

電 極	ピッチ ¹⁾ (μm)	表面抵抗 (Ω/□)	膜 厚 (Å)
ITO	200	20~30	900
Cr	200	14	2000
Ta	全面電極	6	2000
FPC (Cu)	200	—	—

1) 電極幅/スペース = 1/1

一方、Cr電極の場合は電流が $50\mu\text{A}$ 以上になると、電流-電圧は直線関係になるが、電流が $50\mu\text{A}$ より低い領域では直線関係が得られず、実質的に接続体の抵抗が上昇している。この結果から、本実験のCr電極では、電極表面に付着した絶縁性皮膜（酸化物皮膜）が破壊され、最終的に $50\mu\text{A}$ 近くで完全な導通が得られたと考えられる。Ta電極の場合には、 $80\mu\text{A}$ 以上の電流域では直線関係が成立したが、それ以下の領域では抵抗が大きく上昇する特異な現象がみられた。

3. 電極表面の分析

ITO、CrおよびTa各電極の表面をX線光電子分光法（XPS）で分析した。図2にITO電極表面についての結果を示した。ITOはきわめて薄い表面層を除いてIn成分が一定となり、ごく表面を除いて、異質の成分を含まないことがわかる。

図3は同じくXPSでのCr電極表面分析の結果である。この結果ではエッチング時間が8分、エッチング速度（銅箔についての実験値 $50\text{\AA}/\text{分}$ を仮に採用する）から推測して、表面から約 $400\text{\AA}$ の深さになってはじめてCr成分が一定になっている。それまでの表面層ではCrとCrの酸化物が混在し、内層になるほどCrの濃度が高くなる。

図4のTaについてのXPS分析結果からも、表面層には酸化物の比較的厚い層の存在が確認される。

図2～図4の電極表面の分析結果を参考にすると、図1の電流-電圧特性におけるCr電極およびTa電極

の低電流域での異常な現象は、電極表面の絶縁性酸化膜の影響であると結論できる。ワイヤボンディングの超音波接続では、電極表面の酸化膜は機械的に破壊されるようであるが、異方導電フィルムによる接続では導電粒子にそのような力がないので、電極表面の性状に留意が必要である。

4. 電極の熱処理による変化

空气中で熱処理した電極と未処理のFPCを異方導電フィルムで接続し、得られた接続体の電流-電圧特性を測定した。図5にITO電極についての結果を示した。 500°C 、10分の熱処理でも、抵抗は若干上昇するが、電流と電圧は直線関係にある。ITO電極そのものが金属の酸化物であり、高温にさらされても絶縁性皮膜の成長が非常に少ないと考えられる。

図6はCr電極についての結果である。 300°C まで

図3. Cr電極表面のCr/O濃度比の変化

図2. ITO電極表面のIn/O濃度比の変化

図4. Ta電極表面のTa/O濃度比の変化

の処理電極については、電流が $50\mu\text{A}$ 以上では室温と同様な関係がみられる。しかし、低電流域においては 25°C 、 100°C 、 300°C のいずれの場合にも電圧が高くなり、特に 300°C の場合はかなり抵抗の高い皮膜の形成が予想される。 500°C の処理ではこれらの現象が特に顕著に現れる。

図 5. ITO 電極の熱処理温度と電流—電圧特性

図 6. Cr 電極の熱処理温度と電流—電圧特性

電極が Ta の場合についての結果を図 7 に示した。図 6 に比べると、さらに熱処理の影響が大きく、電流—電圧特性が不安定になることがわかる。 25°C と 100°C の測定値に逆転現象がみられたが、理由ははっきりしていない。

5. 導電粒子の影響

導電粒子を剛直な金属 (Ni 粒子) に変更して、同様な実験を行った。ITO、Cr および Ta 各電極についての結果を図 8～図 10 に示した。ITO 電極については前述した結果と大きな差異はみられないが、Cr 電極および Ta 電極の場合には、図 6 および図 7 と比較すると明らかなように、表面の絶縁性皮膜の影響が軽減されている。接続時の圧力 ($20\text{ kgf}/\text{cm}^2$) で剛直な粒子が絶縁性皮膜を破壊するものと考えられる。

6. おわりに

異方導電フィルムは液晶ディスプレイの接続用として成長してきたが、今後は広く微細電極の接続材料としての展開が期待されている。ここで報告した現象は、導電粒子と電極との接触により導通を達成する異方導電フィルム接続方式が多かれ少なかれ有

図 7. Ta 電極の熱処理温度と電流—電圧特性

している特性である。用途の展開をはかるためには、異方導電フィルム接続体の導通特性に関する幅広いデータの蓄積が必要とされる。

図 8 . ITO 電極の熱処理温度と電流—電圧特性
(導電粒子は Ni)

図 9 . Cr 電極の熱処理温度と電流—電圧特性
(導電粒子は Ni)

図10. Ta 電極の熱処理温度と電流—電圧特性
(導電粒子は Ni)

山口 豊

昭和15年生。昭和38年姫路工業大学応用化学科卒業。現在、日立化成工業株式会社下館研究所において、機能的材料（異方導電フィルム、表面保護フィルム、面実装用基板、高周波用基板など）の開発に従事。

中島 敦夫

昭和30年生。昭和49年岩手県立黒沢尻工業高校工業化学科卒業。現在、日立化成工業株式会社五所宮工場開発部において、異方導電フィルムの開発に従事。

塚越 功

昭和21年生。昭和40年群馬県立高崎工業高校工業化学科卒業。現在、日立化成工業株式会社下館研究所において、異方導電フィルムの開発に従事。