

ファインピッチ・高アスペクト比めっき技術

Plating Technology for Fine-Pitch High-Aspect Ratio FPCs

高橋 賢治*
Kenji Takahashi

岡 良雄
Yoshio Oka

酒井 将一郎
Shoichiro Sakai

野原 弘貴
Hiroki Nohara

伊藤 雅広
Masahiro Ito

佐藤 大介
Daisuke Sato

近年のエレクトロニクス機器の小型化に伴い、フレキシブルプリント回路 (FPC) に対して高密度配線化の要求が高まっている。当社と住友電工プリントサーキット(株) (以下、当グループ) ではファインピッチ・高アスペクト比めっき技術により、従来のエッチングによる回路形成プロセスでは実現できないファインピッチFPCの製法を確立した。この技術を高性能なスマートフォンカメラの手振れ補正用アクチュエーターコイルに適用し、量産化を実現している。本稿ではセミアディティブ法を用いた回路形成技術と、アクチュエーターコイルへの適用事例を報告するとともに、最新の開発状況についても紹介する。

With the recent miniaturization of electronic equipment, there is an increasing demand for high-density wiring in flexible printed circuits (FPCs). We have developed circuit formation technology using a semi-additive method that uses fine-pitch, high-aspect plating. The plating technology has enabled us to establish a manufacturing method for the fine-pitch FPCs that cannot be realized by conventional etching-based circuit formation processes. By applying this technology, mass production of actuator coils for the image stabilization of high-performance smartphone cameras has been realized. This paper reports on the circuit formation technology using semi-additive method and its application to actuator coils, and introduces the latest developments.

キーワード：ファインピッチ、高アスペクト比、セミアディティブ法、めっき

1. 緒言

エレクトロニクス機器の小型化進展に伴い、FPC配線に対する高密度化の要求も高まっている。銅めっきで回路を形成するセミアディティブ法は、従来のエッチングで回路を形成するサブトラクティブ法よりもファインピッチ化において優位性があり、高密度配線の実現において重要な技術である⁽¹⁾。当グループでもセミアディティブ法を用いた量産技術を開発しており、スマートフォンのカメラの手振れ補正に用いられるアクチュエーターコイルの量産化を実現している⁽²⁾。

本稿では当グループが開発したセミアディティブ法の技術と、それにより実現したファインピッチかつ高アスペクト比^{*1}なコイル配線について報告する。

エッチングの始まる銅箔表面付近の方がサイドエッチング量も大きくなるため、出来上がった回路の断面形状は上部が細い、すなわち矩形性の悪いものとなる。

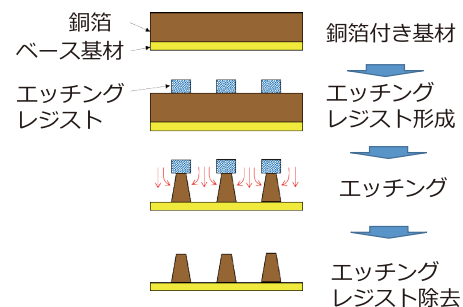


図1 サブトラクティブ法の工程

2. セミアディティブ法について

2-1 従来製法との比較

従来製法であるサブトラクティブ法の工程を図1に示す。銅箔上にエッチングレジストを形成し、覆われていない部分の銅箔をエッチングによって溶解除去する。その後エッチングレジストを剥離し、残った銅箔を回路とする製法である。このエッチング工程においては銅箔の厚み方向だけでなく横方向にもエッチング (サイドエッチング) が進行するため、高密度配線において回路間スペースを狭小化することが困難である。また、厚い銅箔を用いるためエッチング量とともにサイドエッチング量のばらつきも大きくなり、したがって回路幅のばらつきも大きくなる。さらに、

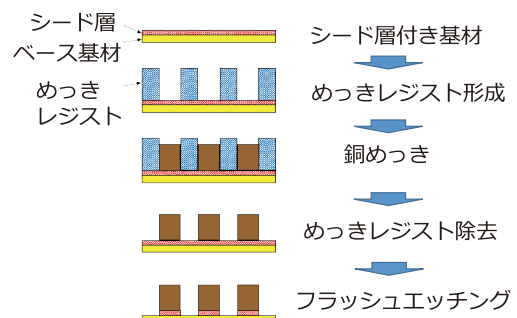


図2 セミアディティブ法の工程

セミアディティブ法の工程を図2に示す。始めにめっき工程での通電経路となる薄いシード層をスパッタリングなどで形成する。このシード層の上にめっきレジストを形成し、銅めっきによって開口部に銅を析出させる。めっきレジストを剥離した後、フラッシュエッチング^{*2}によってシード層を除去することで回路が完成する。サブトラクティブ法と比べてエッチング量が少ないためサイドエッチングの進行も小さく、ファインピッチ化において高い優位性を有する。さらに、エッチング量の少なさは回路幅ばらつき、回路断面形状の矩形性においても有利と言える。

2-2 当グループにおけるセミアディティブ法による回路形成

当グループにおいても配線高密度化の要求に応えるべく、セミアディティブ法の開発に取り組んでおり、以下にその内容を報告する。

上述の通りセミアディティブ法はファインピッチ化に適したプロセスであるが、課題も存在する。その一つがシード層に対する回路の密着性である。銅めっきによって回路を形成する際、レジスト材料等に由来する不純物・汚れがシード層のレジスト開口部に付着していた場合、銅めっきとシード層の密着性が悪化し、回路の信頼性を低下させることになる。また、レジスト剥離後のフラッシュエッチングでは回路間のシード層が除去されるが、エッチングの進行によって銅めっき回路下のシード層部分まで過剰に削れてしまった場合、回路とシード層の接触面積が小さくなって回路が剥がれやすくなってしまふ。この密着性の課題は回路幅が小さいほど顕著なものとなり、ファインピッチ化を実現する際の大きな障壁となる。当グループではレジスト形成から、めっき、フラッシュエッチングに至るまで各工程において条件の最適化を行い、ファインピッチにおいても良好な回路密着性が得られるプロセスを確立している。当グループのセミアディティブ法によって形成した回路の一例の断面写真を、当グループでサブトラクティブ法を用いて量産している回路と比較して写真1に示す。サブトラクティブ法では実現困難なL/S（ライン・アンド・スペース）^{*3} = 10 μ m/10 μ mの狭ピッチ回路が形成できており、高画素化の進むディスプレイ用途などで要求される高密度配線にも対応できる領域となっている。最新の開発においてはさらなるファインピッチ化にも取り組んでおり、L/S = 7 μ m/7 μ mのような高精細回路の実現も視野に入っている（写真2）。

もう一つ大きな課題として挙げられるのが、めっき厚のばらつきである^{(3),(4)}。一定厚みの銅箔を用いることで回路高さが均一となるサブトラクティブ法と異なり、めっきで回路を形成するセミアディティブ法ではめっき厚ばらつきがそのまま回路高さばらつきとなるため、いかにこのばらつきを抑制するかが量産時の課題となる。当グループではコア技術であるめっき技術の知見を活かして条件の最適化を行い、 μ mオーダーのめっき厚ばらつきを抑制することでセミアディティブ法によるFPC製品の量産化を実現している。

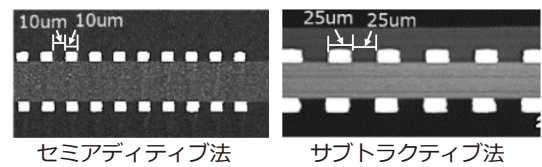


写真1 当グループのセミアディティブ法によって形成した回路断面の例

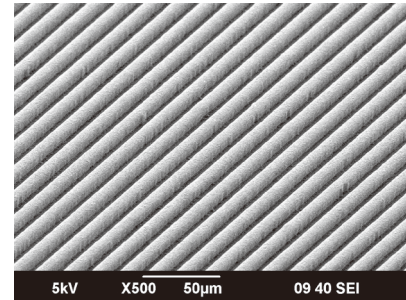


写真2 L/S=7 μ m/7 μ mのファインピッチ回路

一方で、めっきで回路を形成するということは、めっき厚を厚くすることで回路高さを自由に高くすることができるというメリットにもなる。すなわち、ファインピッチを維持したまま高アスペクト比化が可能ということである。しかしながらめっき厚を厚くすれば厚みばらつきも大きくなるため、非常に高度なめっきの技術が要求される。当グループではファインピッチ・高アスペクト比なめっき技術の適用により、回路間隔10 μ m以下、回路高さ50 μ m以上といった高密度配線FPCの回路形成技術を確立している。

このファインピッチ・高アスペクト比な回路形成技術を適用した一例がスマートフォンカメラの手振れ補正に用いられるアクチュエーターコイルであり、当グループでは近年の高性能なカメラモジュールに必要な高密度配線コイルの量産を行っている。以下ではこのアクチュエーターコイルへの適用事例について報告する。

3. セミアディティブ法のアプリケーション事例～カメラ手振れ補正用アクチュエーターコイル～

3-1 アクチュエーターコイルの概要

カメラモジュールにおける光学式手振れ補正⁽⁵⁾には、レンズあるいはイメージセンサーの周囲に配置されたアクチュエーターコイルと磁石の組み合わせが用いられる。検知した手振れに対してコイルに電流を流し、磁石との間に働く磁力によって手振れを打ち消す向きにレンズあるいはイメージセンサーを動かすことで手振れ補正が作動する（図3）。手振れ補正を効果的に働かせるためにより大きな磁力を発生させるような設計が求められている。

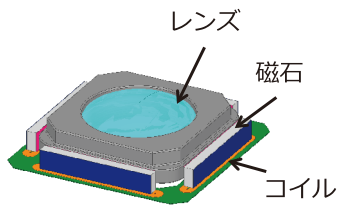


図3 アクチュエーターコイルによる手振れ補正

3-2 高アスペクト比・ファインピッチなアクチュエーターコイル

コイルの磁力は巻き数に比例するため、小型で大きな磁力を発生させるアクチュエーターコイルを作製するには限られた領域に高密度に銅配線を形成する必要がある。その一方で、巻き数が増加すると回路長も増大するためコイルに電流を印加する際の電気抵抗も増大する。この抵抗増加も抑える必要があり、回路断面積を大きくすることが求められる。限られた領域に配置された銅配線の断面積を大きくするには、配線を高く、すなわち高アスペクト比に銅配線を形成する必要がある。以上の理由から高アスペクト比かつファインピッチなコイル配線の形成が求められている。

当グループのセミアディティブ法では回路間隔 $10\mu\text{m}$ 以下、回路高さ $50\mu\text{m}$ 以上といった回路の形成が可能であり、上記のような回路設計が要求されるコイル配線に適用することで非常に高い性能を持たせることができると考えられる。

当グループのセミアディティブ法を適用した設計のアクチュエーターコイルの性能をCAEにてシミュレーションした結果の例を表1に示す。比較として従来技術であるサブトラクティブ法での設計を想定したシミュレーションの結果も併せて記載する。回路を配置する領域の面積を同一とし、セミアディティブ法では $L/S = 30\mu\text{m}/10\mu\text{m}$ 、サブトラクティブ法では $L/S = 35\mu\text{m}/35\mu\text{m}$ のピッチで巻き線回路を配置するものとした。回路高さについてはセミアディティブ法では厚くめっきを行うことで形成可能な $50\mu\text{m}$ 、サブトラクティブ法では一般的な銅箔厚みである $18\mu\text{m}$ を計算に用いた。

セミアディティブ法では回路間隔が $10\mu\text{m}$ と小さいため巻き数が大きくなっており、結果として発生する磁力もサ

表1 当グループセミアディティブ法を適用したコイルの性能シミュレーション

	当社セミアディティブ法	サブトラクティブ法
配線領域	1.5mm×4.5mm	1.5mm×4.5mm
L/S	30 μm / 10 μm	35 μm / 35 μm
回路高さ	50 μm	18 μm
巻き数	34turn	20turn
磁力	44.0mN/A	28.5mN/A
抵抗	3.20 Ω	5.13 Ω

ブトラクティブ法と比較して大きな数値となっている。また抵抗については、セミアディティブ法の方が巻き数が大きい回路長さも大きくなるが、高アスペクト比めっきによって回路高さが大きく、回路1本あたりの断面積がサブトラクティブ法よりも大きいコイル全体としての抵抗はセミアディティブ法の方が小さい結果となっている。

このように当グループのセミアディティブ法の技術を用いて高磁力・低抵抗の両立が可能となるのであり、これを実現するのが高アスペクト比・ファインピッチな銅めっきの技術と言える。

当グループがセミアディティブ法を用いて開発したアクチュエーターコイルの一例を写真3に示す。高アスペクト比なめっきによる銅配線が $10\mu\text{m}$ 以下の非常に狭い間隔で形成されており、設計通りの大きな磁力を発生させることが可能な構造となっている。上述のように当グループではセミアディティブ法の課題であるめっき厚ばらつきをめっき条件の最適化により抑制し、このようなアクチュエーターコイルの量産化を実現している。

最後に最新の開発内容の一例として、高背回路と低背ファインピッチ回路の同時形成技術を紹介する。2-2項で報告したファインピッチ回路の形成技術と、アクチュエーターコイルの高アスペクト比回路形成技術を組み合わせることにより、写真4のように高電流が要求される電源系回路と高精細な信号回路を両立可能なFPCの実現を目指している。

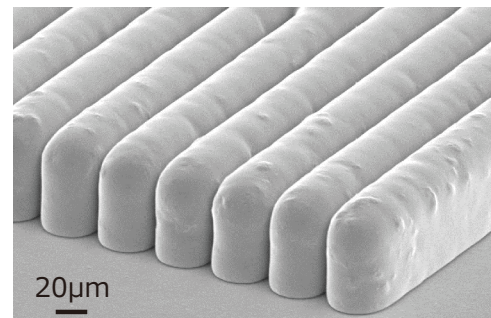


写真3 アクチュエーターコイルの一例（SEM写真）

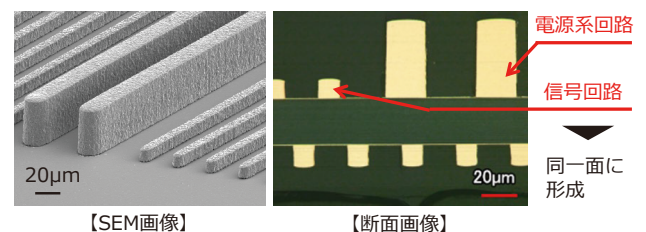


写真4 高背回路とファインピッチ回路の同時形成

4. 結 言

当グループではセミアディティブ法を用いたFPCの製造技術を開発しており、従来のサブトラクティブ法では実現困難なL/S = 10 μ m/10 μ mのようなファインピッチ回路の形成に成功している。また、高アスペクト比・ファインピッチなめっき技術の確立により、小型で高性能な手振れ補正用アクチュエーターコイルの量産化を実現した。

用語集

※1 アスペクト比

回路高さを回路幅で除した比を指す。

※2 フラッシュエッチング

セミアディティブ法におけるシード層エッチング工程は、薄いシード層を短時間でエッチングするため「フラッシュエッチング」と呼ばれる。

※3 L/S (ライン・アンド・スペース)

ライン (回路幅) とスペース (回路間隔) のこと。ファインピッチの指標として用いられる。

参 考 文 献

- (1) 雀部俊樹、秋山政憲、加藤凡典、「本当に実務に役立つプリント配線板のめっき技術」、日刊工業新聞社 (2012)
- (2) 住友電気工業(株)、住友電工グループ・未来構築マガジンid, vol.16 (2021)
- (3) 高木清、「プリント配線板におけるめっき膜厚の制御の必要性」、表面技術、61巻、5号、pp.350-356 (2010)
- (4) 西城信吾、「めっき液組成からのめっき厚均一化」、表面技術、61巻、5号、pp.362-265 (2010)
- (5) 芹田保明、「デジタルカメラの手振れ補正機構」、光学、33巻、9号、pp.550-555 (2004)

執 筆 者

高橋 賢治* : エネルギー・電子材料研究所 主査



岡 良雄 : エネルギー・電子材料研究所 主幹



酒井将一郎 : エネルギー・電子材料研究所
グループ長
工学博士



野原 弘貴 : 住友電工プリントサーキット(株)
主査



伊藤 雅広 : 住友電工プリントサーキット(株)
主席



佐藤 大介 : 住友電工プリントサーキット(株)
グループ長



* 主執筆