

# 金属配線パターン直接描画法の開発 ～低環境負荷なプリント基板用マスクレス金属配線パターン作製技術の開発～

電子情報科 主任研究員 田中博樹

電子機器の高速化、高性能化、開発周期の短期化、低価格化にともなって回路試作の頻度が増え、生産形態も多品種少量生産が増えてきている。このとき、通常のマスキングパターンを用いた手法ではマスクの作製にかかるコストが割高となるため、マスクレスでパターンを形成することが望まれる。また最近では、環境問題への意識が高まっており、製造現場から排出される環境汚染物質の低減が求められている。本研究は、金属部分と樹脂部分から成る加工基材に対して、それぞれに異なるレーザー加工を施し、レーザー加工による基材の変化を利用して、必要な金属配線パターンを、薬液による処理を必要とせずにマスクレスで基板上に形成する技術の開発を目的としている。本年度は、金属部分として厚さ  $20 \mu\text{m}$  の銅箔を、樹脂部分として熱硬化性樹脂を選定して、レーザー照射実験を行なった。その結果、金属部分にフルエンス  $9\text{J}/\text{cm}^2$  でレーザーを2回照射し、樹脂部分にフルエンス  $8\text{J}/\text{cm}^2$  でレーザーを1回照射しとところ所望の変化が得られ、線幅  $1\text{mm}$  のテストパターンを作製することに成功した。

## 1. 緒言

近年、電子機器の高速化、高性能化、開発周期の短期化、低価格化にともなって回路試作の頻度が増えている。また、顧客ニーズ多様化への対応のため、多品種を少量生産するケースが増えている。しかし、プリント基板の配線パターン作製において、試作や多品種少量生産のように回路パターンを頻繁に変更する必要がある場合には、通常のマスキングパターンを用いた手法<sup>[1]</sup>ではマスクの作製コストが割高となるため、マスクレスでパターンを形成することが望まれる。また最近では、環境問題への意識が高まっており、製造現場から排出される環境汚染物質の低減が求められている。

マスクレスでパターンを形成する手法としては、レーザー露光がある<sup>[2]</sup>。この手法では、フォトリソグラフィ（感光性表面保護材）を塗布した金属箔に対して、レーザー光を走査しながら照射することで、任意のパターンを露光する。非常に精密なパターンの形成が可能であるが、露光後は薬液による処理（現像、エッチングなど）が必要である。また、装置のインシャルコストも高い。薬液による処理が不要なものとしては、金属箔をミリングカッターで削る手法がある。この手法の場合、不要な部分を全て削るのは手間がかかるため、通常は配線の縁を削ることで周辺と絶縁させることが多い。しかしながら、周辺部に不要な金属箔が残っていると、配線との間に寄生容量が発生するといった問題がある。また、精密なパターンを形成するには、非常に細かいミリングカッターを使用することになり、破損

を避けるために加工速度が犠牲となることがある。さらに、フレキシブル基板のように柔軟性のあるものに対する加工は難易度が上がる。一方で、装置のインシャルコストは安い。この他にも、金属ペーストを用いてインクジェットによって回路パターンを形成する手法もある。この手法には、銅ペーストの酸化、基板との密着性、導電性、高アスペクト化などの課題があり、盛んに研究開発が進められている。

本研究では、レーザー加工技術を応用して、1) 薬液による処理を必要とせず、2) 様々な基板に適用可能であり、3) 基板に不要な金属箔を残さず、4) 迅速かつ精密に、マスクレスで配線パターンを形成する技術の開発を目的としている。本年度は、適切な加工基材の構成の検討および調製、ならびに簡単なテストパターンの作製を行なったので報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 加工基材

まず、レーザー加工の対象となる基材について検討した。金属部分の材質は、配線として最も一般的である銅とした。また、一般的なプリント基板の銅箔の厚みは  $9 \mu\text{m}$  以上あるため、簡便かつ低コストに加工基材を作製するために、圧延銅箔を使用することにした。なお、今回の実験で用いた銅箔の厚みは  $20 \pm 2 \mu\text{m}$  であり、特殊な表面処理は施していない。樹脂部分には熱硬化性樹脂を用いることとした。また、パターンを形成する基板には、ガラエポ（ガラス繊維強化エポ

キシ)を用いることにした。

## 2.2 加工パラメータ

レーザー光の銅箔への吸収は、レーザー光の波長が短いほど高くなるため、短波長レーザーを用いると加工が容易になる。一方で、高出力の短波長レーザーは高コストである。そこで、今回の実験では、近赤外の波長のレーザー加工機（パナソニック電工サックス製 LP-Z250）を用いることにした。同加工機で設定可能な主なパラメータは、平均パワー、パルス周期、パルス幅、集光径、走査速度である。実験では、これらのパラメータを調整しながら、所望の加工状態が得られる条件を探索した。なお、パルス発振のレーザーによる加工の場合、レーザーの照射強度をフルエンスと呼ばれる物理量で表すことができる。フルエンスとは、パルス当たりのレーザーエネルギーを照射面積で除したものである。また、パルス当たりのレーザーエネルギーは、平均パワーとパルス周期の積に等しい。

## 3. 結果と考察

### 3.1 銅箔の加工

まず、 $20\mu\text{m}$ 厚の銅箔単体へのレーザー照射実験を行ったところ、レーザーフルエンス  $21\text{J}/\text{cm}^2$  で銅箔を完全に貫通した。つぎに、同様の条件で、樹脂材とともに設置した銅箔へレーザーを照射したところ、図1に示すとおり、レーザー照射部位の周辺で樹脂材の炭化が発生した。炭化の抑制のためには、不活性ガスによるパー



図1. 加工基材のレーザー照射痕  
(フルエンス  $21\text{J}/\text{cm}^2$ 、1回照射)

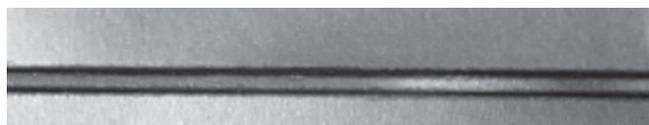


図2. 加工基材のレーザー照射痕  
(フルエンス  $8\text{J}/\text{cm}^2$ 、2回照射)

ジや加工部位への吹付けが有効と考えられるが、今回は、ガス供給機構を追加して装置を複雑化することなく、レーザー照射条件を工夫することで加工ができないかを検討した。そこで、投入するレーザーエネルギーを減らし、照射回数を増やす方向で検討を行なった。結

果としては、レーザーフルエンスを  $8\text{J}/\text{cm}^2$  まで低下させ、2回照射をすることにより、図2に示すように、樹脂の炭化を抑えて加工することが可能となった。ただし、高フルエンスで照射した場合より加工に要する時間が伸びている。したがって、将来的に、加工時間や許容される炭化の程度が問題となった場合には、不活性ガスの供給機構を検討する。

### 3.2 テストパターン作製

ガラエポ基板上に簡単なテストパターンを作製する実験を行なった。実際に作製したテストパターンを図3に示す。テストパターンは線幅が  $1\text{mm}$  で、2箇所  $90^\circ$  屈曲したものである。同図から、均一な線幅でエッジ部が非常にシャープなパターンが作製できていることがわかる。

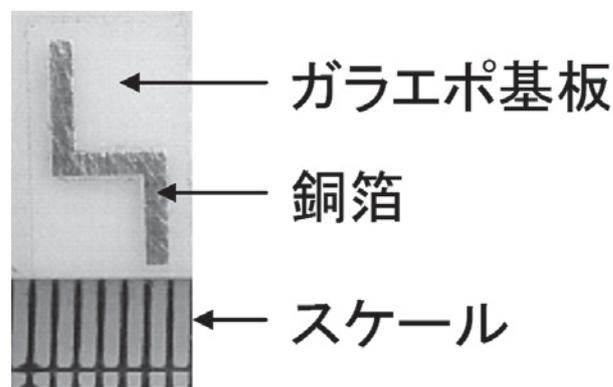


図3. ガラエポ基板上に作製したテストパターン

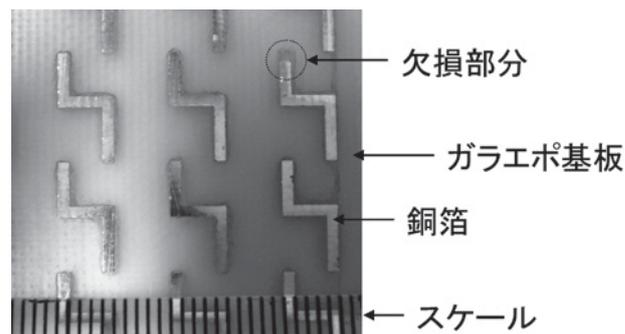


図4. 一部に欠損のあるテストパターン群

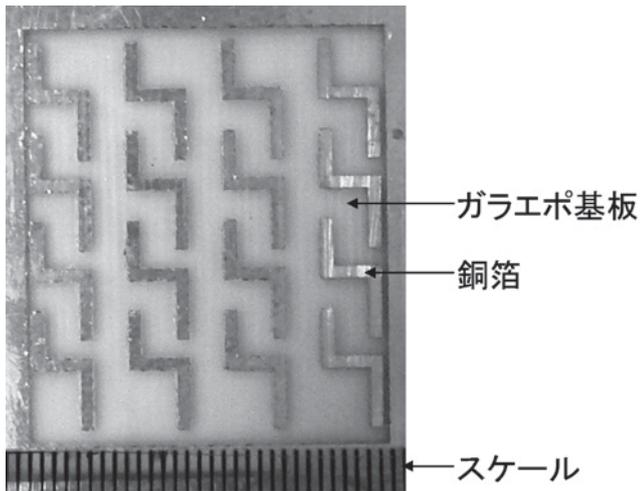


図5. 欠損なく作製された16個のテストパターン

つぎに、このパターン形成の再現性を確認するとともに、加工面積をさらに広げた際の課題を抽出することを目的として、複数のパターンを同時に作製する実験を行なった。作製したテストパターン群を図4に示す。図から、一部のパターンには欠損があることがわかる。この欠損がパターンの縁に照射するレーザーのエネルギー不足に起因すると考え、レーザーエネルギーを再調整した。結果として、レーザーフルエンス  $9\text{J}/\text{cm}^2$  としたときに、図5に示すとおり、16個のテストパターンを全て欠損なく作製できた。なお、このとき、樹脂部分にはフルエンス  $8\text{J}/\text{cm}^2$  でレーザーを1回照射している。

#### 4. 結 言

提案する手法に基づき、レーザー加工条件を探索し、線幅1mmのテストパターンを複数同時に作製することに成功した。次年度は、まず単純なパターンにおいて線幅の微細化を行う。その後、線幅を維持しつつ、より複雑なパターンの作製を行う。

#### 参考文献

- [1] 英一太：プリント配線板の製造技術，(株)シーエムシー（2001）
- [2] 高木清：よくわかるプリント配線板のできるまで—第2版—（2008）