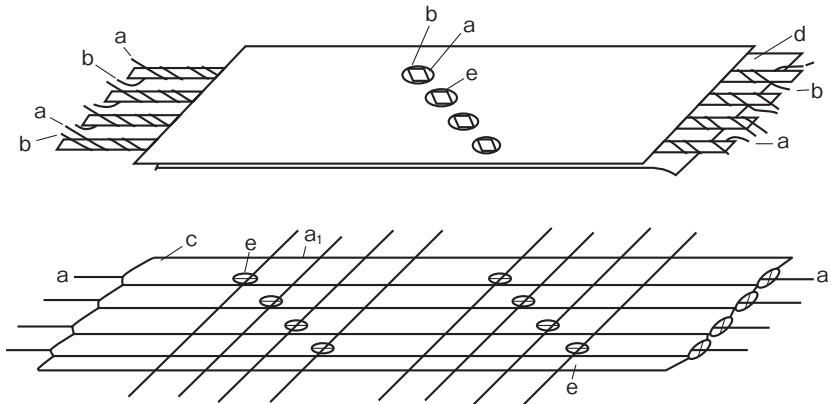


# 第 1 章 プリント配線板の製造工程と めっきの役割

## 1.1 プリント配線板の開発とめっき技術

プリント配線板のアイデアが最初に特許文献に現れるのは 1904 年の Albert Hanson の特許であるとされている（図 1.1）[文献 1]。その後多くの技術者や発明家が種々のアイデアを発表したが、実用化はなかなか進まなかった（表 1.1）。

プリント配線板が量産スケールで実用化されたのは、第二次大戦中に開発された軍事技術である近接信管（proximity fuse）に採用されたのが最初である。砲弾に無線発信器を搭載し、航空機（高射砲の場合）あるいは大地（爆弾の場合）のような大きな導体に接近したことを検知して爆発する信管であった。小型かつ堅牢な電子回路を大量に生産する必要に迫られたことが、当時黎明期を



Albert Hanson : 英国特許4,681 (1903) より

図 1.1 世界最初のプリント配線板の特許

表 1.1 プリント配線板の歴史

時代		マイルストーン	
助走期間	～1940 頃	1903 年	Albert Hanson の特許：おそらく世界最初のプリント回路のアイデア。銅あるいは真鍮のパターンを切断し、パラフィン紙の上に貼り付け、アクセスホールを通して上下を導通した構造。
		1913 年	Arthur Berry の特許：最初のエッチング法による回路形成。ただし電熱器ヒーター用。
		1918 年	Max Schoop の特許：溶射によるボビン上の巻線ヒーター形成（溶射技術自体は Schoop により 1909 年に発明されていた）。
		1923 年	F. Seymour の特許：ペースト印刷 + めっきで強化（Print and plate 法）。
		1926 年	Cesar Parolini の特許：ダスティング法。接着剤でパターン印刷→銅粉末添加。その他、ジャンパー線 の概念を確立。
		1933 年	E. Franz の特許：カーボン印刷 + 銅めっき。アコーディオン回路。現在のフレキシブル基板を利用した 3D 回路の先駆。
		1936 年	宮田喜之助の特許：溶射による回路形成。日本特許 119384 号。
		1941～42 年	Paul Eisler、銅箔エッチング法のプリント配線板を開発。現代のプリント配線板の元祖である（特許は1943年2月）。
黎明期	1935～1945	1942 年	近接信管の大量生産始まる。セラミック板へペースト印刷。現在のセラミック配線板の元祖である。
		1950 年代前半	NBS の Tinkertoy プロジェクト。プリント配線モジュールの自動化生産。
普及期	1945～1960	1951 年	NBS のポケットラジオの 記事が National Geographic 誌の紙面を飾る。
		1959 年	Paul Eisler、銅箔エッチング法の技術の集大成を “Technology of Printed Circuits—The Foil Technique in Electronic Production” として出版。

特許はいろいろ出て来ているが、普及は進まない。種々のアイデアの熟成期間。

現在の銅箔エッチング工法の誕生。軍需技術が大量生産を可能に。

軍需技術の民間転用が進む。銅箔エッチング工法の普及。

発展期	1960 年代	両面板の時代	1961 年	Shipley のスルーホールめっきの特許。
			1968 年	DuPont がプリント配線板用の世界初のドライフィルムフォトレジスト Riston を開発。
	1970 年代	多層板の時代		
	1980 年代	表面実装の時代		注：表面実装技術自体は 1960 年ころから特殊な軍事情途に使われていたが、爆発的に普及したのは 1980 年代である。
転換期	1990 年代	ビルドアップ配線板の時代	1991 年	IBM が SLC (Surface Laminar Circuit) を発表。ビルドアップ配線板普及化がスタート。
	2000～現在	部品内蔵基板、光回路基板など		

迎えていたプリント配線板の大規模採用に結びついた。

しかし、この近接信管で用いられたプリント配線板は、銅箔をエッチングして回路形成したのではなく、セラミック基板の上に導電ペーストを印刷して作られたものだった。

1945 年に第二次大戦が終了し、それまで軍事機密であった技術が公開され、民間への転用が始まった。プリント配線板も非軍事情途に急速に広まっていった。しかしそのときに主導権を握ったのは、近接信管に使われた導電ペースト印刷法ではなく、銅箔をエッチングして回路形成する方法（エッチトフォイル法、プリントエッチ法）<sup>a</sup>であり、セラミック基板ではなく、フェノール樹脂やエポキシ樹脂を紙やガラスで強化した有機材料であった。

これは、1930～40 年代にすでにプリント板の製造技術を開発し、戦後の先駆的業績から “プリント回路の父” と称されるようになった発明家ポール・アイスラー Paul Eisler (1907～1995) を初めとする、先駆的な技術者たちが銅箔エッチング法を推進したからであった。

<sup>a</sup> 英語では Print and etch process と and が入る。

金属の必要部分をエッチングレジストで覆い、不必要部分をエッチングで除去するというこの方法は、銘板や印刷版の製造技術として19世紀から実用化されている伝統的な写真製版(photoengraving)技術を、電子回路へ転用したものであった。

プリントエッチ法で得られる同一平面上の接続回路では配線を交差することができないため、配線の交差する部分にジャンパー線をはんだ付けで取り付けるなどの手段を用いざるを得ず、複雑な回路には応用できなかった。

そこでプリント配線板の両面にエッチングで回路を形成し、穴を通したジャンパー線で表裏を接続する方法、あるいはハトメで表裏を接続する方法などが用いられたが、生産性や接続信頼性に乏しいものであった。そこで1950年代に登場したのがスルーホールめっき技術である。プリント配線板の表裏をつなぐ穴の壁面を銅めっきによって覆うことによって、表裏を導通させる方法である。これが今日までプリント配線板の層間接続方法の主流となっている。

なお、この本は、有機材料の板材にエッチングとめっきによって銅回路を形成するプリント配線板を対象としている。セラミック配線板に関しては他書を参照されたい。

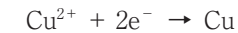
## 1.2 めっきの種類

プリント配線板製造には、スルーホールめっき(銅めっき)以外にも種々の金属が使われている。使われるめっき金属とめっきの種類を表1.2に示す。

表 1.2 プリント配線板製造に使われるめっきの種類

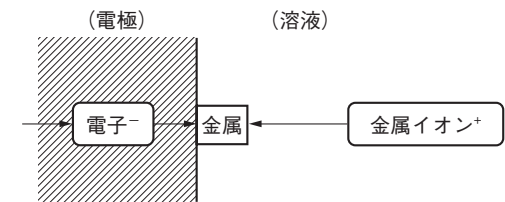
	電気めっき	無電解めっき	置換めっき
銅	○	○	
はんだ(錫合金)	○		○
錫	○	○	○
ニッケル	○	○	
金	○	○	○
銀	○		○
パラジウム	○	○	

ここで、めっきの種類(電気めっき、無電解めっき、置換めっき)の区別は、金属イオンが電子と反応して金属として析出する場合の電子の供給元によって定義する。例えば銅めっきの場合は銅イオン(Cu<sup>2+</sup>)が電子(e<sup>-</sup>)と反応して銅金属(Cu)として析出する、

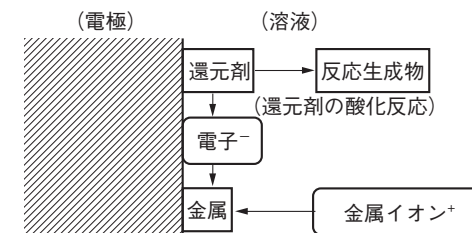


の反応となるが、この電子(e<sup>-</sup>)の供給元によって次のように分類される(図1.2参照)。

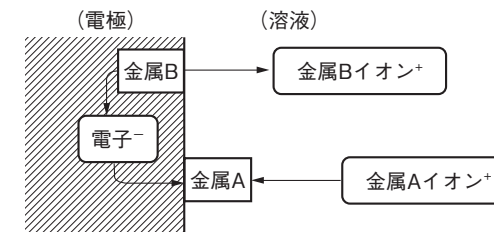
- 電気めっき(electroplating)：外部の電源から供給された電流(電子)に



(a) 電気めっき



(b) 無電解めっき



(c) 置換めっき

図 1.2 めっきのメカニズム

よる析出反応。金属イオンを含む溶液の中に正負の電極（アノードとカソード）を入れ、溶液中に電流を流してカソード（陰極）に金属を析出させる方法である。

- 無電解めっき（electroless plating）：めっき液内部の還元剤の反応で生成した電子による析出反応。金属イオンと還元剤を含む溶液の中で酸化還元反応を起こさせ、還元剤が酸化されると同時に金属イオンが金属に還元されるようにして、皮膜を形成する方法である。

- 置換めっき（displacement plating）：めっき下地金属が溶解したときに生成した電子による析出反応。下地金属が酸化溶解してイオン化すると交換に、溶液中の金属イオンが金属として還元析出する機構のめっきである。

ただし、慣用的にはこの電気めっき、無電解めっき、置換めっきの3分類ではなく、置換めっきを無電解めっきと同類と見なして、電気めっき、無電解めっきの2分類を使う場合もある。その場合でも、やはり区別が必要になった場合には（3分類法の）無電解めっきを「還元型無電解めっき」と呼び、置換めっきを「置換型無電解めっき」と呼ぶようである。

置換めっきは浸漬めっき（immersion plating）とも呼ばれる。無電解めっきと同意義で化学めっき（chemical plating）と呼ぶ場合もある。

### 1.3 めっきの用途・目的

プリント配線板製造におけるめっきの目的は次の三つが主なものである。

- 1) 回路形成用導電体としての金属（銅）を形成するもの
- 2) 回路形成用のエッチングレジストとして、一時的に形成されるもの
- 3) 外部との接続のための表面処理

外部接続のための表面処理はさらに次のように細分される。

- 3-1) はんだ接合のための表面処理
- 3-2) ワイヤーボンディングなど半導体接続のための表面処理
- 3-3) コネクタ嵌合のための表面処理
- 3-4) 異方性導電材料用接触面の表面処理
- 3-5) 導電性ゴム接点（キーボードなど）用の表面処理

1)～2)は第2章以降で説明し、3)は4.2節で説明する。

## 1.4 スルーホールとは

### 1.4.1 Z方向の接続方法

プリント配線板の相互接続構造としては、各層における銅回路パターンによるXY方向（水平方向）の接続と、ホール（穴または孔）<sup>a</sup>あるいはポスト（柱）によるZ方向（垂直方向）の接続が組み合わされた形が採用されている。XY方向は板の面方向、Z方向は各層を接続する方向である。

ホールによる接続とは、絶縁層に穴をあけ、穴内全体あるいは穴壁に導電層を形成する方法であり、ポストによる接続とは先に導電層の柱を形成しておき、その後に絶縁物質の層を形成する方法である。導電層と絶縁層のどちらが先にできるかの差である。現実にはホールによるZ方向接続が圧倒的に多いが、ポストによる接続を用いた工法（東芝が開発したB<sup>2</sup>itなど）も量産品で実用化されている。

### 1.4.2 ビアホールの種類と用語の説明

プリント配線板のホールには挿入型部品を取り付けるための部品穴（Component Hole）とZ方向の相互接続をするためのビアホール<sup>b</sup>（Via Hole）がある。ビアホールは単にビアと呼ばれることが多い。部品穴とビアホールを区別する必要がないときには単にホールと呼ばれる（ちなみに、ポストによるZ方向の接続の場合は、接続のためのポスト（柱）であるからビアポストと呼ばれる）。

ビアは構造上から3種類に分けられる。表面層と表面層（表と裏）を接続する貫通ビア（スルービア＝through via）、表面層と内層を接続するブラインド

<sup>a</sup>「孔」と「穴」は同じように用いられているが、本書では「あな」と訓読みするときは「穴」、「こう」と音読みするときは「孔」、「けつ」と音読みするときは「穴」を用いた。したがって「孔壁（こうへき）」、「穴壁（あなかべ）」となる。

<sup>b</sup>VIAに関してはビア、ヴィア、バイア、ヴァイアの表記があるが、この本では「ビア」を採用する。