

報 文

プリント配線板作成システムの試作

青森職業訓練短期大学校 工藤光昭・佐竹正敏

A Trial Fabricating System of Printed Circuit Boards

Mituaki Kudo, Masatosi Satake

要 約 電子回路関連の教育訓練において、実験および提示実験教材は、一般にプリント配線板を作成して回路を構成する場合が多い。

プリント配線板の作成は、配線アートワークから始まり複雑な行程を経て仕上がることになるから、非常に時間を要する作業であり、訓練の過程では簡略化の必要性も生じる。

産業界におけるプリント配線板のアートワークには、パーソナル・コンピュータによる CAD を活用することが一般化している。そこで、本研究では、CAD データを用い、ポジ（またはネガ）フィルムの作成・露光・プリント配線板現像・エッチングという行程を省き、銅箔の不必要箇所を機械的に切削する方法でプリント配線板作成システムを試作した。

本システムは、機械的切削のためプリント配線板の基材を余分に削り込むことになったが、教育訓練の実験に十分活用できるプリント配線板を作成できる。

本システムによる卒業研究等の電子回路試作は、CAD でアートワークするだけで済むことから、容易に修正ができ、きめの細かい指導をしながら行うことができた。

このように、本システムは、電子回路の試作および教育訓練に十分貢献できることが明らかになった。

I はじめに

プリント配線板（以下、プリント板という。）は、受動部品であり他の電子部品を実装してはじめて機能する。教育訓練においてもプリント板は、デバイスの実装・接続のために必要とするもので、電子回路の組立には欠くことのできない材料となっている。

電子回路関連の教育訓練の実験および提示教材にプリント板を用いる目的としては、複数の同一仕様教材が提示できること、それらの信頼性の維持向上ができることがあげられる。

一般的に、プリント板は、パターンのアートワークから始まり複雑な行程を経、更に化学処理行程を経て仕上げる。

今日、パーソナル CAD を用いたプリント板のアートワークは、電子回路の実験・実習において一般的になっているようであるが¹⁾、それをプリント・アウトしカメラで撮りポジ（またはネガ）フィルムをつくる、或は直

接フォト・エッチング用のマスクフィルムを得ている。したがって、プリント板として完成するまでには、この後に露光・現像・エッチングの工程がある。

電子回路の実験・実習・卒業研究において作成する同一パターンのプリント板枚数は、通常 1～2 枚程度で多数必要とすることは殆どなく、全ての製造作業工程を実習工程に入れる必要性がない場合がある。

そこで、アートワーク後の処理を省くために機械的な方法でプリント板を作成するシステムを試作した。

それは、パーソナル・コンピュータ（以下、パソコンという。）と小型彫刻マシンを組合せ、パーソナル CAD でアートワークし、彫刻マシンで銅箔を削り取るものであり、露光のための暗室やエッチング液の廃液処理も必要ない。この方法でのプリント板作成のための加工は、多少切削音ができるものの実験室の片隅で簡単に行うことができる。

現在、この方法で電子回路の実験教材・卒業研究等のプリント配線板を作成し、プリント板作成システムとして一定の成果を納めたので報告する。

II システム構成

このプリント配線板作成システムは、パソコンと小型彫刻マシン（Roland DG 株式会社製を改修）およびパーソナルCAD（ASCII 株式会社製）で構成している。

図1は、その構成を示す。図2は、プリント板切削機構成部分の外形を示す。

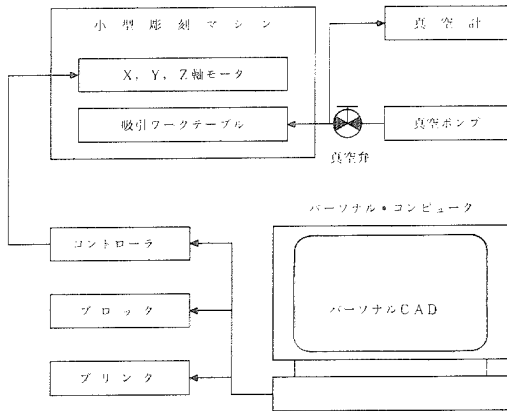


図1 プリント板作成教材システム構成

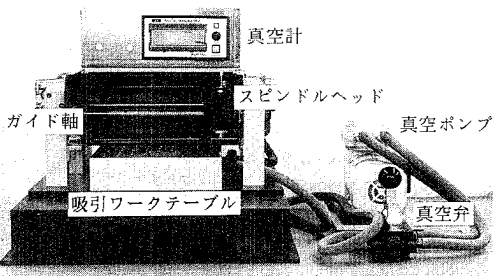


図2 プリント板切削機構部

パソコンによる処理は、CADを用いてプリント板のアートワークを行い、データを保存する。

アートワークが正確に行われているかどうかのチェックは、プリンタまたはプロッタに出力し、回路図と比較しながら行う。プリント出力は、基本的に原寸で行うが、必要があれば1/2および2倍にもできる。

アートワークの完成が確認できれば、プリント板の切削に移る。プリント板の寸法は、小型彫刻マシンの切削範囲で限定されるので、最大140×200 [mm] となっている。

彫刻マシンへの基板の固定は、基板を吸引ワーク・

テーブルに置いて真空弁を吸引に切り換えて行う。

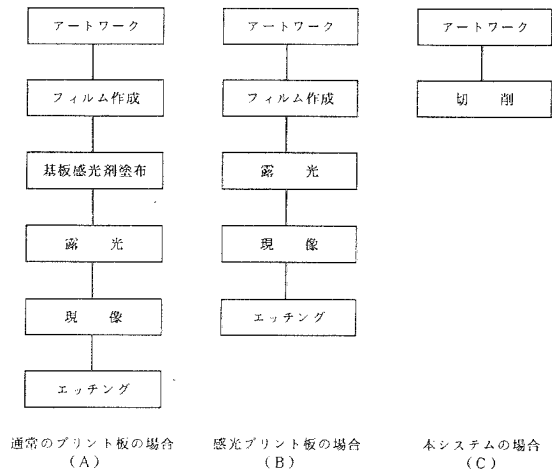
プリント板の切削は、パソコンからアートワーク・データを転送して行う。切削を終えたら必要箇所に穴あけ作業をし、プリント板として完成する。

アートワーク法は、高周波回路やアナログ回路の一部で行われているディスタンス法を用いると、切削時の時間が短縮できる。

このあと、プリント板に部品を実装する。実装は、プリント板のアートワークを行うとき、併せてレイヤーの階層を替えて部品配置図(カラー指定を行うと見やすい)を作成しておくことと容易になる。

図3にプリント板を作成するための従来の作業工程と本システムの作業工程を示す。

本システムを用いると、図3に示すように簡単な手続きでプリント板ができ、電子回路を組み上げることができる。



(注) それぞれの工程における前処理、後処理の記述は省略してある。

図3 プリント板作成作業工程の比較

1 小型彫刻マシンとパソコンのインターフェース

小型彫刻マシンは、パソコンとのインターフェースが容易にできるように、コントローラが標準で整備されている。コントローラには、RS-232Cとセントロニクス準拠のインターフェースがあり、さらに、バッファとスピンドル動作回路(ステッピング・モータとDCモータの駆動回路)を内蔵している。

バッファは、彫刻マシンの動作速度がパソコンの処理速度に比べて遅いので、パソコンから送られてくるデータを貯えるI/Oバッファ(1Kバイト)とパソコンから送られてきたデータを何度も出力させることができるよ

うにリプロット・バッファ (8K バイト) がある。

図4は、コントローラの構成を示す。小型彫刻マシンは、これらのデータで行われるスピンドル動作信号で駆動されている。

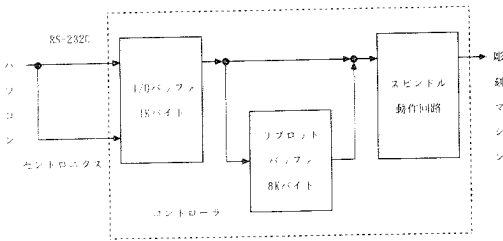


図4 コントローラの構成

2 精度

市販されている小型彫刻マシンの X, Y, Z 軸の最小ピッチは、0.01 [mm] であり教育訓練用プリント板の切削も十分できる能力をもっている。しかし、テーブルと切削ツールにおける寸法精度、剛性等が不十分でそれぞれの軸で最小ピッチの再現性は、保たれていない。

そこで、小型彫刻マシンは、各軸に強度の剛性を必要とするので、アルミニウム支柱を4隅に施し、定盤(400×400×70 [mm])の上に設置した。この方法によって、吸引ワーク・テーブルの各所と切削ツールの刃先で5/1000 [mm] 精度を得ている。

3 吸引ワーク・テーブル

プリント板の厚さは1.6 [mm] 程度で、万力で締め付ける等の固定処理では、そりを生じ平面を維持できない。さらに、プリント板自体ある程度そりおよびねじれを持っている。

そこで、プリント板の固定は、真空ポンプで吸引しテーブルに密着させ、そり、ねじれを吸収させる方法を用いた。

吸引ワーク・テーブルの構造は、140×200 [mm] の面に直径5.4 [mm] の穴が48箇所あり真空ポンプの負圧でプリント板を吸着させる。140×200 [mm] のプリント板の受ける力は、ゲージ圧が500 [mmHg] の場合、単位面積あたり0.516 [Kgw/cm²] を得るので5.66 [Kgw] となる。

吸引ワーク・テーブル (材質はアルミニウム) とプリント板の最大摩擦力は、接触面に垂直な全圧力に比例し、接触面の大小には関係しないという Coulomb または Morin の法則²⁾があるが、基材樹脂面の精度が一定し

ないことから特定することはできない。

この吸引ワーク・テーブルへの固定による実際の切削においては、回転数11000 [rpm] の1枚歯エンドミルを30 [mm/s] の速度で移動させた場合、1.00 [mm] の切削に対しても十分耐えられる。

プリント板のそれぞれの寸法に対しては、不必要な吸引穴にメクラ蓋を施すことで処理している。

III プリント配線板の品質

本システムでのプリント板の作成方法は、光学および化学的処理によらない機械的処理だけで行うのでプリント板の外形寸法が重要となる。

プリント板の厚さおよび厚さ許容差の JIS 規格は、第1種、第2種に区分され、第2種はより厳しい許容差になっている。プリント板の厚さおよび厚さ許容差を表1に示す。それによると厚さ1.6 [mm] で1種の紙基材エポキシ樹脂、ガラス布基材エポキシ樹脂、紙基材フェノール樹脂の厚さ許容差は、最大でそれぞれ±0.14, ±0.19, ±0.14 [mm] となっている³⁾⁴⁾⁵⁾。

表1 プリント板厚さ許容差の JIS 規格

単位: [mm]

厚さ	厚さの許容差 (銀箔0.035mm 片面)					
	紙基材エポキシ樹脂		ガラス布基材エポキシ樹脂		紙基材フェノール樹脂	
	第1種	第2種	第1種	第2種	第1種	第2種
1.2	±0.13	±0.11	±0.19	±0.11	±0.13	±0.11
1.6	±0.14	±0.13	±0.19	±0.13	±0.14	±0.13
2.0	±0.16	±0.14	±0.21	±0.14	±0.16	±0.14

参考文献 3), 4), 5) から抜粋

銅箔の厚さおよび厚さ許容差の JIS 規格は、公称厚さ0.035 [mm] のもので+0.010, -0.005 [mm] となっている⁶⁾。

これらの規格は、プリント板を作成する一般的な光学的処理、化学的処理に対して十分な品質の規格であり、機械的処理での品質まで考慮されたものではない。

さらに、そり率およびねじれ率の問題があるが、ワーク・テーブルに吸引密着できるものとして無視できる。

IV プリント配線板の作成結果

エッチング処理でプリント板を作成する場合は、基材に傷を付けないのでプリント板の機械的強度を維持することができる。しかし、切削でプリント板を作成する場合は、厚さおよび銅箔厚さの許容差を考慮し切削の深さを設定することから基材を削り込むことは避けられない。

厚さ1.6 [mm] で1種のガラス布基材エポキシ樹脂の厚さ許容差は、 ± 0.19 [mm] あり、銅箔の厚さおよび厚さ許容差は、厚さ 0.035 [mm] のもので $+0.010$ 、 -0.005 [mm] となっている。

このことから1種のガラス布基材エポキシ樹脂の場合は、Z軸の原点をワーク・テーブル面上 $1.6+0.19$ [mm] の点に置かなければならぬので銅箔を最大 0.05 [mm] 切削するものとして 0.43 [mm] の移動量をZ軸に与え

なければならない。その結果、厚さ $1.6+0.19$ [mm] で銅箔の厚さ $0.035-0.005$ [mm] の場合は、基材を 0.40 [mm] も切削することになる。いずれの場合も基材残部の厚さは、 1.36 [mm] しか保証されない。この様子を図5に示す。ここで、有効数字が一定していないのは、公称値・許容値・切削ステップの有効数字を同一図上で表したことによる。

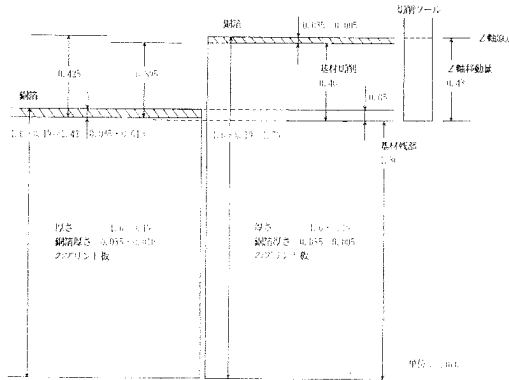


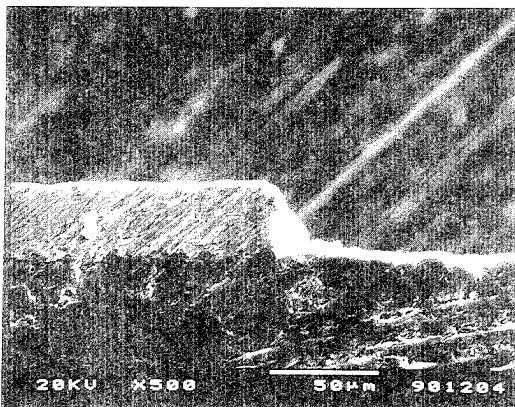
図5 プリント板の厚さ許容差、銀箔厚さ許容差を考慮したZ軸原点の設定

実際の切削においては、プリント板の厚さを計り、その都度Z軸原点の設定を行っていることから、基材を大幅に削り込むことはない。

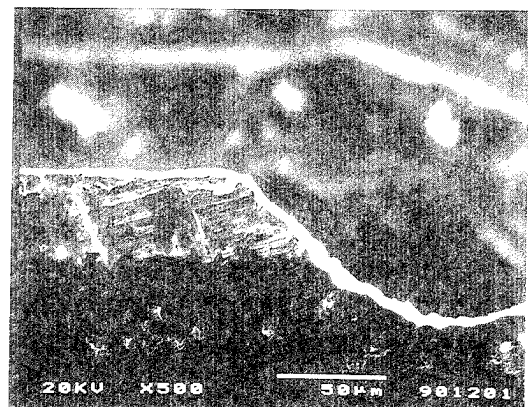
図6は、エッチングと切削によるプリント板断面の顕微鏡写真を示す。エッチングによるものは基材がそのまま残っているが、切削によるものは厚さ許容差および

ツールのセッティング等の理由から基材を余分に切削している。

通常の実験・実習電子回路の作成では、この程度の基材が残れば問題としないが、もっと基材を残したい場合は、2種のプリント板を用いる必要がある。



(A) エッチング処理のプリント板断面



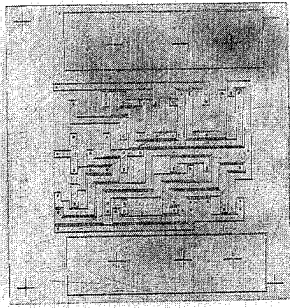
(B) 切削処理のプリント板断面

図6 エッチングと切削によるプリント板断面

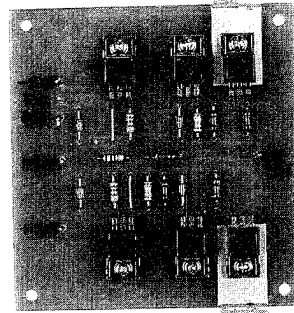
図7は、ディスタンス法でアートワークし、切削したプリント板とそれに部品を実装し完成したプリント板を示す。使用ツールは、刃先幅0.32 [mm]の超硬カッター

を用いた。

このように部品の実装密度を期待しなければ、実習および教材の作成に十分活用できる。



(A) 切削後のプリント板



(B) 部品実装後のプリント板

図7 切削後のプリント板（配線面）と部品実装後のプリント板（部品面）

V おわりに

複雑な手続きを省いて短時間に実験用試作プリント板を作成するために、機械的方法を用いたプリント配線板作成システムを試作した。

本システムの仕様を以下に示す。

XYテーブルサイズ：	200×140 [mm]
動作範囲	： X軸 200 [mm]
	Y軸 140 [mm]
	Z軸 10 [mm]
動作速度	： X Y軸 1.8 [m/min]
	Z軸 0.6 [m/min]
分解能	： 0.01 [mm/step]
ツール回転数	： 11000 [rpm]
吸引負圧	： 500 [mmHg]
インターフェース	： セントロニクス・RS-232C

プリント板は、光学的処理・化学的処理を施して作成するのが一般的であり、機械的処理のための品質まで保証されていない。そのことによる過度の切削を強いられるものの実験・実習等に用いるプリント板としては、十分に機能を果たす。

本システムによるプリント板作成上の効果は、次のようなことが列挙できる。

- 1) 露光・現像・エッチング等の処理がないため作業時間が短縮できる。
- 2) エッチング処理が不要なため、廃液処理の問題がない。

3) アートワークの修正が容易なことから、きめ細かい指導ができる。

4) 部品配置図も同時に作成しておくことで部品の実装が容易にできる。

このように、今後の電子回路の試作および教育訓練に十分に貢献しうるシステムを試作することができた。

謝辞 このシステムを試作するにあたり適切な助言を頂いた当校教官葛西清和・種市隆三・花田英夫・佐藤勇治四氏にあらためて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 樋口正人, パソコンを用いた電子工作法の指導について, 富山職業短期大学校紀要第4号1989年3月
- 2) 井上安之助, 庄司不二男, 木村三郎, 技術者のための力学入門, 産業図書株式会社, 昭和55年3月 第12刷
- 3) JIS C 6482-1986, (財)日本規格協会
- 4) JIS C 6484-1986, (財)日本規格協会
- 5) JIS C 6485-1986, (財)日本規格協会
- 6) JIS C 6480-1989, (財)日本規格協会
- 7) CAMM-2 OPERATION MANUAL, (株)ROLAND DG
- 8) 笠松勇, 佐野京亮, 機械設計, パワー社, 昭和63年4月
- 9) 山本研二, プリント基板におけるCAD設計のプロセス, 電子技術 1983 vol.25 No.4 P26~38, 日刊工業新聞社
- 10) 清水和男, アートワーク技法, CQ出版株式会社, 1973