



Von der Schaltung zur Leiterplatte

Teil 3

Die Herstellung von Leiterplatten nach dem Fotoverfahren beschreibt der vorliegende Artikel.

4. Das Fotoverfahren

Bei der Herstellung von Leiterplatten ist die Fototechnik ein wichtiger Prozeßschritt. Das gilt sowohl für die industrielle Fertigung als auch für die manuelle Herstellung von kleinen Serien und von Einzelplatinen (Prototypen).

Hierzu steht sowohl fotopositiv beschichtetes Basismaterial zur Verfügung als auch Fotolack in der Spraydose zur eigenen Aufbringung der Fotoschicht auf das kupferkaschierte Leiterplattenmaterial. Im Laufe dieses Artikels gehen wir auf beide Varianten des Fotoverfahrens ausführlich ein.

Um zu einer selbst hergestellten Leiterplatte zu kommen, die einer industriell gefertigten Platine nicht nachsteht, sind folgende Faktoren von ausschlaggebender Bedeutung, die wir nun nacheinander detailliert beschreiben:

- Vorlage mit gutem Kontrastverhältnis
- Belichtung
- Entwicklung
- Ätzvorgang

4.1 Die Vorlage

Auf die Erstellung der Layoutvorlage (Leiterbahnbild) sind wir bereits im zwei-

ten Teil dieser Artikelserie ausführlich eingegangen, so daß wir uns an dieser Stelle auf die Anforderungen an die Vorlage in bezug auf den Beleuchtungsvorgang konzentrieren können.

Das Leiterbahnbild der fertigen Platine ist immer ein korrektes Abbild der Vorlage. Deshalb kommt der Positiv-Vorlage große Bedeutung für das Gelingen der Schaltung zu.

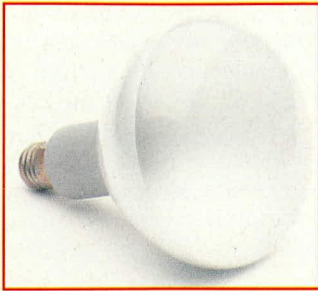
Wie der Name „Positiv-Vorlage“ bereits erwarten läßt, läuft der gesamte Belichtungs-, Entwicklungs- und Ätzvorgang in Positiv-Technik ab, d. h. diejenigen Flächen der Vorlage (Leiterbahnzüge), die geschwärzt sind, schützen die Fotoschicht vor den Lichtstrahlen. Beim folgenden Entwicklungsvorgang wird dann nur die vom Licht zersetzte übrige Fotoschicht entfernt und der anschließende Ätzvorgang entfernt die freiliegende Kupferschicht. Übrig bleiben die von der Fotoschicht geschützten Leiterbahnzüge als genaues Abbild der Zeichnung auf der Vorlage.

Doch nun zurück zur Vorlage. Das Leiterbahnbild muß vollkommen lichtundurchlässig sein, während das eigentliche Trägermaterial möglichst lichtdurchlässig sein sollte, damit die Lichtstrahlen nicht unnötig geschwächt werden. Entscheidend ist letztendlich jedoch das Kontrastverhältnis, d. h. der Unterschied zwischen dem lichtundurchlässigen und dem lichtdurchlässigen Teil der Zeichnung. Verständlich, daß hier ein möglichst hoher Kontrast angestrebt wird.

Da, wie bereits erwähnt, die Vorlage im Durchlichtbetrieb eingesetzt wird, d. h. die Lichtquelle durchstrahlt die Vorlage, ist eine Beurteilung der Vorlagenqualität am besten dadurch möglich, indem vor der Belichtung eine Überprüfung der Vorlage erfolgt.

Hierzu halten Sie die Vorlage in einem Abstand von 10 cm vor eine 60 bis 100 W-Glühlampe und betrachten die Vorlage dann aus einem Abstand von 0,5 m. Bei gutem Kontrastverhältnis darf die Glühlampe auch nicht ansatzweise durch die schwarzen Flächen hindurchschimmern, während der Rest der Vorlage erleuchtet ist. Dabei ist es von untergeordneter Bedeutung, ob das Trägermaterial glasklar oder transparent ist, wichtig ist allerdings ein weitgehend ungehinderter Durchlaß der für den Belichtungsvorgang wichtigen UV-Strahlen. Hier kann das falsche Glasklar-Material genauso ungeeignet sein wie z. B. ein Transparentpapier mit zu starkem Füllstoffanteil. Im Glasklar-Bereich (Folien) bieten sich hochwertige Acetatfolien an wie auch Trägermaterialien aus PVC. Letztere werden von ELV aus Umweltschutzgründen nicht mehr eingesetzt.

Im Transparentbereich ist es herstel-



300 W-UV-Lampe zum Belichten von fotopositiv beschichteten Platinen

lungstechnisch außerordentlich aufwendig, Papiere zu erstellen, die mit entsprechend geringem und fein verteiltem Füllstoffanteil arbeiten, so daß sich eine nahezu vollkommene Transparenz für UV-Strahlen ergibt.

„Normales“ Butterbrotpapier ist nicht allein aufgrund seiner geringen Maßhaltigkeit völlig ungeeignet, sondern auch aufgrund der unregelmäßigen inneren Struktur.

Für die ELV-Platinenfolien wird ab der Ausgabe 1/93 ein reflex-hochtransparentes Detailzeichnungspapier eingesetzt, das neben der hervorragenden UV-Lichtdurchlässigkeit den zusätzlichen Vorteil einer homogenen Lichtverteilung bietet.

Die hohe Lichtundurchlässigkeit der Leiterbahnzüge wird durch die Bedruckung der Vorlagen im Siebdruckverfahren, unter Einsatz einer hochpigmentierten Spezialfarbe erreicht, d. h. selbst starke Lichtquellen werden extrem abgedunkelt. Nur so kommt ein hinreichender Belichtungsspielraum zustande, der, bezogen auf eine 300 W-UV-Lampe, bei einem Abstand von 30 cm zwischen 1,5 bis 10 min. liegen kann.

Selbst wenn Sie versuchsweise die Belichtungszeit auf eine halbe Stunde erhöhen, entsprechend dem 20fachen Wert der Mindestbelichtungszeit, so bleiben die betreffenden Leiterbahnzüge noch stehen, allerdings bei einer leichten Unterstrahlung, bedingt durch die diffuse Verteilung innerhalb der dünnen fotoempfindlichen Schicht. Im allgemeinen wird man sich jedoch sicherlich an die empfohlene Belichtungszeit von 3 min. (1,5 bis 10 min.) halten, wodurch sich optimale, konturenscharfe Belichtungsergebnisse einstellen.

Sehen Sie sich im Gegensatz dazu einmal Platinenvorlagen an, die manche Zeitschriften im Offset-Verfahren auf Transparentpapier oder teilweise sogar auf Normalpapier abdrucken. Gegen eine Lichtquelle betrachtet, ist hier das Kontrastverhältnis nur sehr schwach ausgeprägt, wodurch sich entsprechende Vorlagen zur direkten Herstellung von hochwertigen Leiterplatten nicht eignen.

Sollen entsprechende Vorlagen aus Zeitschriften dennoch zur Herstellung von

Leiterplatten dienen, empfiehlt es sich, davon mit Hilfe einer Reprokamera eine 1 : 1-Filmvorlage zu erstellen, die dann für den Belichtungsvorgang einsetzbar ist. Die Filmschicht weist im allgemeinen einen guten Deckungsgrad auf, der jedoch geringer ist als bei den im Siebdruckverfahren hergestellten ELV-Platinenvorlagen, so daß die optimale Belichtungszeit gegebenenfalls experimentell zu ermitteln ist.

In diesem Zusammenhang sei noch kurz angemerkt, daß die z. B. in Druckereien eingesetzten Reprokameras vielfach nur eine begrenzte Genauigkeit hinsichtlich des Vergrößerungsfaktors besitzen, der zwar für die üblichen Anforderungen im Druckbereich genügt, bei Leiterplatten hingegen manchmal nicht ausreicht, speziell dann, wenn große Leiterplatten plötzlich um mehrere Millimeter breiter werden und nicht mehr ins Gehäuse passen. Hier empfiehlt sich gegebenenfalls auch zunächst ein Test, bevor wohlmöglich mehrere Filme von verschiedenen Leiterplatten nacheinander angefertigt werden sollen.

Grundsätzlich sei an dieser Stelle angemerkt, daß es sich im allgemeinen nicht lohnt, Kompromisse bei den Vorlagen einzugehen, denn letztendlich kann die Leiterplatte selbst nur so gut werden wie ursprünglich die Vorlage war.

Von Verfahren zur Gewinnung von Vorlagen mittels Klarpauschspray aus Zeitschriften oder über Kopieren auf Filmen mittels Normalpapierkopierer ist abzuraten, da dies im allgemeinen außer Frust wenig einbringt, mit Sicherheit jedenfalls keine hochwertige Leiterplatte. Und wenn Sie die Kosten an Materialien für die erforderlichen Experimente einmal objektiv zusammenzählen, lohnt es sich erst recht nicht, an der Vorlage zu sparen, frei nach dem Motto „Wir können es uns nicht leisten eine billige Vorlage einzusetzen“.

Zum Abschluß dieses Kapitels stellen wir die wichtigsten Punkte rund um die Vorlage kurz zusammen:

1. Das Kontrastverhältnis zwischen Zeichnung und Trägermaterial muß möglichst hoch sein und die gezeichneten Linien und Flächen sollten eine hohe Deckung besitzen.
2. Die Vorlage muß faltenfrei sein und absolut plan aufliegen.
3. Die Vorlage sollte spiegelbildlich erstellt worden sein, damit diejenige Seite der Vorlage, die das Leiterbahnbild trägt, der Fotoschicht des Basismaterials zugewandt ist. Bei seitenrichtig erstellter Vorlage befindet sich das Trägermaterial der Vorlage zwischen dem gezeichneten Leiterbahnbild und der Fotoschicht des Basismaterials. Hier kann dann eine Unterstrahlung entstehen, die ungefähr der doppelten Trägermaterialdicke der Vorlage entspricht.

4.2 Belichten

Die fotoempfindliche Schicht sowohl der werksseitig beschichteten Leiterplatten als auch der selbst beschichteten Platinen besitzt ihre Fotoempfindlichkeit in einem Wellenlängenbereich zwischen 370 und 440 nm, d. h. zur Belichtung ist nur UV-Licht geeignet. Die übrigen Spektralanteile der verwendeten Lampe tragen zur Belichtung nicht bei, stören andererseits auch nicht nennenswert, vorausgesetzt, die Wärmeentwicklung hält sich in Grenzen.

Zur Erzielung einer optimalen Qualität und Konturenschärfe bei der Herstellung von Leiterplatten, z. B. auch mit Hilfe der ELV-Platinenvorlagen, gehen Sie bitte wie folgt vor:

1. Die transparente Platinenvorlage so auf die fotopositiv beschichtete Platine legen, daß die bedruckte Seite zur Leiterplatte weist, d. h. die auf der Vorlage aufgedruckte Zahl (bei den ELV-Platinenvorlagen) ist lesbar und **nicht** seitenverkehrt.
2. Glasscheibe darüberlegen, damit sich ein direkter Kontakt zwischen Platinenvorlage und Leiterplatte ergibt. Hierbei darf kein „normales“ Fensterglas Einsatz finden, sondern ausschließlich Kristall- oder Plexiglas mit einer Dicke von 3 bis 5 mm. Die Schnitt- oder Abbruchkanten der verwendeten Glasplatte müssen sauber geschliffen und gerundet sein, um einer Verletzungsgefahr vorzubeugen. Damit man sich nicht an den Kanten schneidet, können grundsätzlich auch mehrere Schichten Isolierband um die Kanten gelegt werden.
3. Die Belichtungszeit hängt von der Leistung der verwendeten UV-Lichtquelle ab und ist in Tabelle 1 angegeben. Normale Glühlampen haben nur einen

Tabelle 1: Beispiele für Belichtungszeiten

Lichtquelle	Belichtungszeit	Abstand
300 W-UV-Lampe	3 min. (1,5-10 min.)	30 cm
500 W-UV-Lampe	3 min. (1,5-10 min.)	40 cm
Heimsonne	3 min. (1,5-10 min.)	30 cm
Sonnenlicht	5 min. (3-15 min.)	-
UV-Belichtungsgerät	5 min. (3-15 min.)	-

Achtung
Die Platinen erst dann dem UV-Licht aussetzen, wenn die Lampe das volle Licht entwickelt hat (ca. 2 min. nach dem Einschalten). Bei Verwendung von UV-Licht bitte Schutzbrille tragen!

geringen Anteil an kurzwelligem Licht und sind daher für den hier beschriebenen Zweck ungeeignet. Grundsätzlich wäre zwar auch hier ein Belichtungsvorgang möglich, bei ausreichend langer Bestrahlungszeit und kurzem Abstand, jedoch kann sich dabei die Vorlage so stark erhitzen, daß sich ein nicht mehr vertretbarer Verzug der Vorlage einstellt. Auch hier gilt: Sparen an der falschen Stelle kann unterm Strich letztendlich mehr kosten.

4.3 Die Entwicklung

Die belichtete Leiterplatte wird bei normalem Tageslicht (Sonne darf nicht in das Zimmer scheinen), besser noch bei abgedunkeltem Raum, in eine flache Schale mit Entwicklerflüssigkeit gelegt. Sofern es sich um eine einseitige Leiterplatte handelt, empfiehlt es sich, die Platine mit der Schichtseite nach oben einzulegen, zur Vorbeugung von Kratzspuren auf der Unterseite.

Bei der Entwicklerflüssigkeit handelt es sich um eine Natronlauge mit einer Konzentration zwischen 0,7 % bis maximal 1 %.

Hierzu nehmen Sie ein ausreichend großes Meßglas und geben genau 1 l kaltes Leitungswasser hinein.

Anschließend wiegen Sie 7 g bis maximal 10 g Ätznatron (NaOH) ab und geben es unter vorsichtigem Rühren mit einem Glasstab in das Wasser. Während sich die aus milchigen, linsenförmigen Perlen bestehende Substanz im Wasser auflöst, erhöht sich die Temperatur aufgrund der chemischen Reaktion. Der Temperaturanstieg ist jedoch nur geringfügig, da die Wassermenge mit 1 l groß ist, gegenüber der kleinen Ätznatronmenge.

Zur Aufbewahrung der 0,7 bis 1%igen Natronlauge, ist eine möglichst lichtun-

durchlässige Kunststoff-Flasche erforderlich, da Natronlauge zum einen lichtempfindlich ist und zum anderen langfristig Glasgefäße angreift und winzige Teilchen ablöst. Da Kunststoff-Flaschen jedoch nicht völlig gasdicht sind, empfiehlt es sich, nur soviel Natronlauge anzusetzen, daß eine Lagerzeit von einigen Wochen nicht überschritten wird. Danach sollte die Lösung neu hergestellt werden.

Zur Entwicklung einer einseitig beschichteten Europlatine (100 x 160 mm) sind ca. 100 ml (0,1 l) Natronlauge erforderlich. Bei doppelseitigen Leiterplatten erhöht sich der Flüssigkeitsbedarf entsprechend. Es empfiehlt sich die Entwicklerflüssigkeit nur einmal zu verwenden, um gleichbleibende Ergebnisse sicherzustellen.

Sobald die Leiterplatte in die Entwicklerflüssigkeit eingelegt wird, löst sich der belichtete Teil der fotoempfindlichen Schicht wolkenartig auf, und die belichteten Flächen werden frei. Während des Entwicklungsvorgangs empfiehlt es sich, die Flüssigkeit etwas zu bewegen durch leichtes Hin- und Herkippen der Entwickler-schale. Alternativ kann auch mit einem weichen Pinsel (keine harten Borsten) die Flüssigkeit über der fotoempfindlichen Schicht leicht bewegt werden.

Es ist darauf zu achten, daß das Leiterbahnbild sauber und schleierfrei aufentwickelt wird, da sonst beim anschließenden Ätzen Störungen auftreten können.

Der Entwickler sollte beim Einsatz eine Temperatur zwischen +20°C und +25°C aufweisen. Niedrigere Temperaturen verzögern die Entwicklung, während zu hohe Temperaturen eine Beschleunigung herbeiführen, allerdings unter dem Verlust feinsten Bildpartien.

Unterbelichtete Schichten lassen sich

schwer oder gar nicht entwickeln und führen zu störenden Restschleiern. Nach dem Entwickeln ist zur Beseitigung anhaftender Schicht- und Entwicklungsreste kräftig mit Wasser nachzuspülen.

Zeigen sich speziell bei selbstbeschichteten Leiterplatten kleine Fehlerstellen durch Staubkörnchen an den Leiterbahnen, können diese mit einem ätzfesten Stift überdeckt werden.

Die Entwicklungszeit bei einer frisch angesetzten Entwicklerlösung liegt üblicherweise zwischen 30 und 60 Sekunden.

Sicherheitshinweise:

Natronlauge selbst in verdünnter Form zählt zu den starken Laugen. Sie zerstört Kleidungsstoffe, verätzt die Haut und reizt als Dampf stark das Atmungssystem.

Beim Umgang mit der aus Natronlauge bestehenden Entwicklerlösung ist unbedingt eine Schutzbrille zu tragen und der Arbeitsraum ausreichend zu lüften.

Aufgrund der zur Drucklegung dieses Artikels im August 1993 geltenden Gesetzeslage ist sowohl frische als auch verbrauchte Natronlauge als Sondermüll zu entsorgen. Auf gar keinen Fall darf eine Einleitung, auch nicht in verdünnter Form, in das städtische Abwasserkanalsystem erfolgen.

Entsprechende Chemikalien müssen als Sondermüll behandelt und bei den Schadstoffsammelstellen des jeweiligen Landkreises abgegeben werden. Die entsprechende Adresse ist beim Umweltamt zu erfahren.

Im vierten Teil dieser Artikelserie beschreiben wir ausführlich das Ansetzen von Ätzlösungen sowie den Ätzzvorgang selbst. Hinweise zur eigenen Beschichtung von Basismaterial runden dieses Kapitel ab.

ELV