

Laserdirektbelichtung

A. Süllau, A. Wiemers

Zusammenfassung

Die erheblich gestiegene Verdrahtungsdichte auf der Leiterplatte hat zu einem Innovationsbedarf in der Fertigungstechnologie von Leiterplatten geführt.

Einer der wichtigsten Fertigungsschritte ist die fototechnische Strukturierung des Leiterbildes. Allgemein üblich ist das klassische Verfahren der Filmbelichtung. Doch die Grenzen dieser Technologie sind bei Leiterbahnbreiten und Leiterbahnabständen $< 120\mu\text{m}$ erreicht.

Um diese Grenzen zu überwinden, war es erforderlich, modernere Verfahren in den Produktionsprozeß zu integrieren, von denen das wichtigste die direkte Belichtung von Fotolaminaten durch Lasersysteme ist.

Schlagworte

DP40, Filesyntax, Filmbelichtung, Fotolaminat, Gerber-Format, Laser-Direkt-belichtung, Leiterplattentechnologie, Mikrofeinstleiterechnik

Laserdirektbelichtung

1.0 Einleitung: Die Probleme mit Filmen

Die Evolution elektronischer Bauteile hat eine Chiptechnologie hervorgebracht, die sich durch eine hohe Integration von Funktionen auszeichnet.

Der Träger der einzelnen Komponenten und der Kern der Baugruppe ist die Leiterplatte. Sie sorgt dafür, daß nichtautonome Chips zu einer gemeinsamen Leistung fähig werden.

Eine besondere Bedeutung im Produktionsprozeß kommt der Herstellung der Fertigungsfilme zu. Die Strukturbelichtung bestimmt die Leiterbildauflösung und legt damit die Grenzen für eine wirtschaftlich und technologisch herstellbare Leiterplatte fest.

Ursprünglich wurden für die Belichtung des Leiterbildes Diazofilme eingesetzt. Diese Filme waren nicht zufriedenstellend, weil durch das Kopieren der Diazofilme vom Fotoplott-Original Einbußen in der Qualität hingenommen werden mußten.

Die Aufgabe des Diazofilmes hat der Schwarzfilm übernommen, das ist im Normalfall der Fotoplott-Film. Dieser Film ist schärfer in der Kontur und bietet einen besseren Kontrast. Für die Produktion steht er schneller zur Verfügung, weil die Zwischenschritte für die Erstellung der Diazos entfallen.

Die üblichen Probleme, die mit der Handhabung von Filmen auftreten, sind damit jedoch nicht gelöst.

Filme reagieren sehr empfindlich auf die Umgebungstemperatur und die Luftfeuchtigkeit. Bei der Anwendung kommt es häufig zu Beschädigungen und verkratzte Filme führen zu Serienfehlern in der Produktion. Dann müssen Filme nachgeplottet, geprüft und neu vermessen werden.

Die Räume, in denen mit Filmen gearbeitet wird oder in denen Filme gelagert werden, müssen klimatisiert sein.

Die Registrierung der Filme und die spätere Passung des Leiterbildes zum Bohrbild ist aufwendig und im Ergebnis dennoch nicht perfekt.

Der Schwarzfilm bringt zwar einen direkten Zeitvorteil im Vergleich zum Diazofilm. Die ultimative Lösung ist er nicht.

Mehrfach wurde deshalb der Versuch unternommen, das Leiterbild direkt per Laser auf das fotosensitive Laminat zu belichten, ein Prozeß, der Laser-Direct-Imaging (LDI) genannt wird.

Der Fa. Zeiss/Jenoptik ist es als erstem Unternehmen 1992 gelungen, ein Maschinenkonzept zu realisieren, das die gewünschten Vorstellungen in die Praxis umsetzen kann.

Das System hat den Namen „DP40“ (Direct-Printer mit 40ym-Auflösung).

Laserdirektbelichtung

Die Maschinensteuerung liest die CAM-Daten lagenweise ein, konvertiert sie und schreibt die Bildstruktur mit einem Laser zeilenweise auf die mit Fotolaminat beschichtete Platine.

2.0 Die Leiterbild- strukturierung

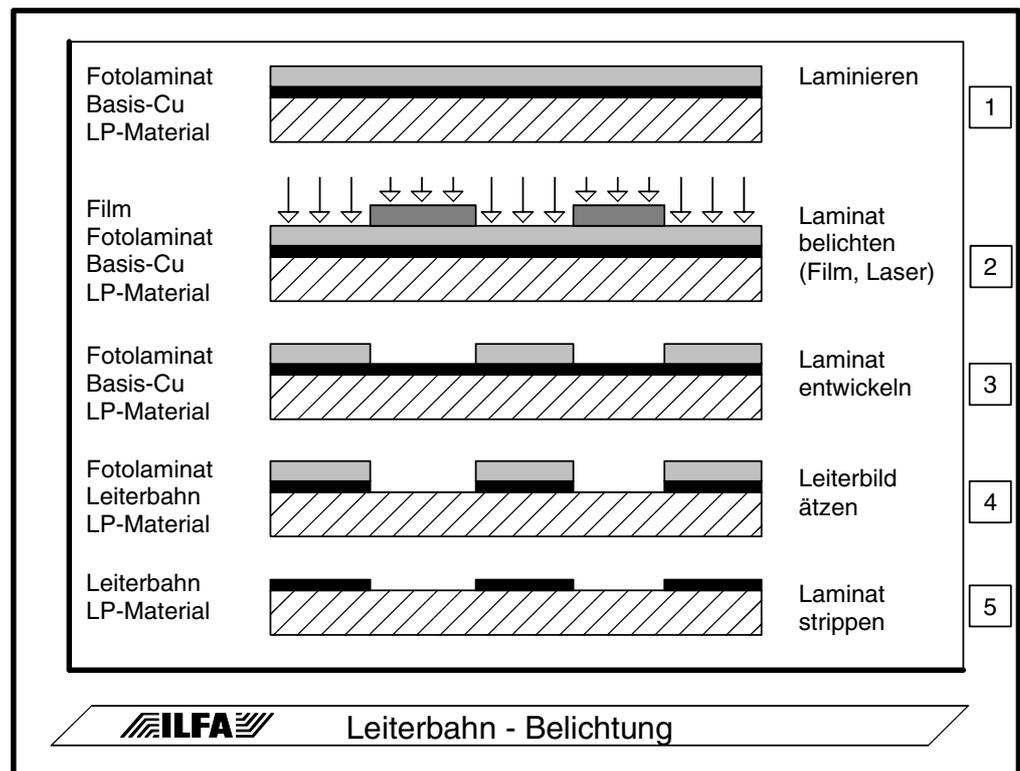
Leiterplatten bestehen immer aus einem Trägermaterial, auf das eine Kupferschicht aufgebracht ist. Zu Beginn des Produktionsprozesses ist diese Kupferschicht über die ganze Fläche des Materialzuschnittes durchgängig geschlossen.

Für die Strukturierung des Leiterbildes wird die Materialoberfläche mit einem fotosensitiven Laminat beschichtet, das aufgegossen oder von der Rolle aufgewalzt wird (Laminat = dünne Schicht).

Durch die Belichtung polymerisieren die betroffenen Laminatbereiche, das Laminat härtet aus. Im anschließenden Entwicklungsprozess werden nicht belichtete Laminatbereiche entfernt (Bild 1). Das darunter befindliche Kupfer liegt dann frei und zeigt bereits das Bild der späteren Leiterbahnen.

Die Belichtung kann positiv erfolgen, dann ist nach dem anschließenden Ätzen die Leiterbildstrukturierung abgeschlossen. Während des Ätzprozesses wirkt das stehengebliebene Fotolaminat als Resist (Resist = Schutzschicht). Ist die Belichtung negativ, dann folgt erst noch ein galvanotechnischer Arbeitsgang, bei dem eine zusätzliche Metallisierung erfolgt, zum Beispiel eine Verzinnung der freiliegenden Kupferoberfläche, bevor geätzt werden kann. In diesem Fall wirkt das Zinn als Resist.

**Bild 1: Leiterbild-
belichtung**



Laserdirektbelichtung

3.0 Leiterplatten der nächsten Generation

Warum der Strukturbelichtung eine derart entscheidende Bedeutung zukommt, wird verständlich, wenn die Anforderungen an das Produkt „Leiterplatte“ offengelegt werden.

Die Leiterplatten-Technologie muß mit der Entwicklung der Bauteiltechnologie mithalten, die geprägt ist von der Miniaturisierung der Bauteilkörper und der Zunahme der Pindichte auf engstem Raum.

Entsprechend ihrem Produktionsaufwand und ihrem Anspruch werden Leiterplatten in verschiedene Klassen eingeteilt.

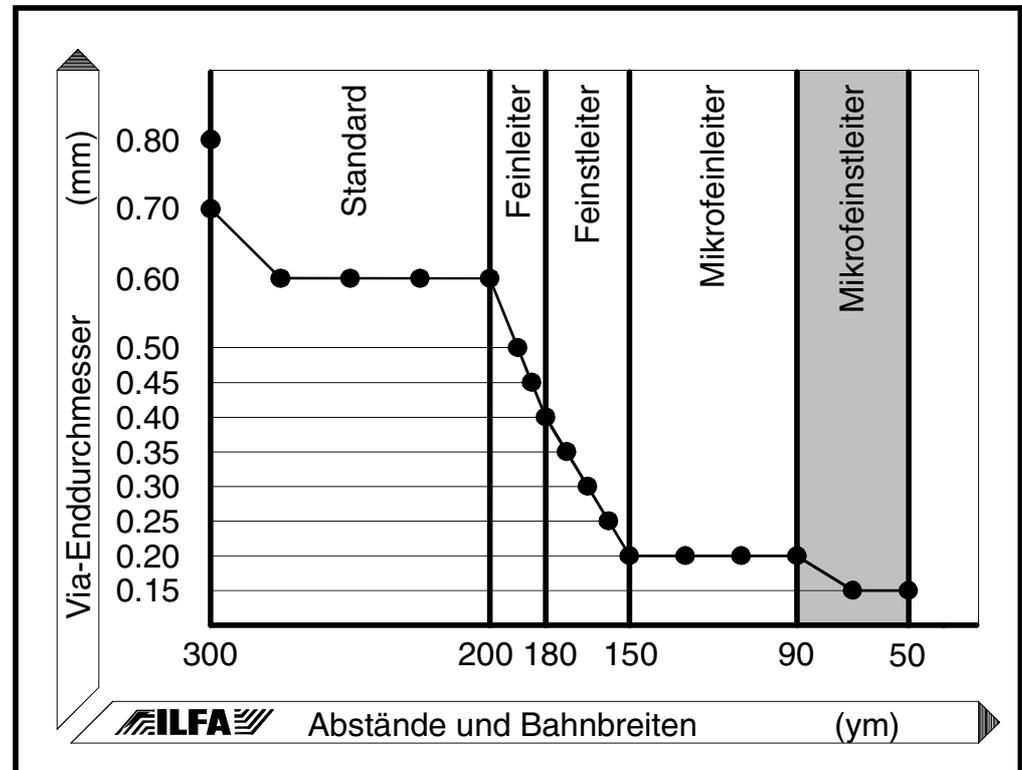
In der Übersicht zu diesen Klassen (Bild 2) fällt auf, daß sich die Leiterbahnbreiten und Leiterbahnabstände sehr markant verändern im Übergang von „Standard“ zu „Feinleiter“.

Um die Hürde „200µm“ zu nehmen, sind durch die Leiterplattenhersteller umfangreiche Investitionen in allen Bereichen erforderlich gewesen.

Dazu gehörte der Wechsel oder die Ergänzung des Maschinenbestandes.

Mit den neuen Maschinen war es nun möglich, „150µm“-Bildstrukturen und Vias mechanisch bis auf ein Mindestmaß von 0.20mm herzustellen.

Bild 2:
Leiterplatten-Klassen



Laserdirektbelichtung

Alle Maschinenkonzepte bauten bis zu diesem Zeitpunkt auf hergebrachten mechanischen Technologien auf, waren dabei natürlich genauer und in engeren Toleranzen zu betreiben.

Für den Übergang in die Klasse „Mikrofeinstleiter“ (MFT) mit Strukturen von „90 μm “ bis „50 μm “ reicht die nochmalige, ausschließlich mechanische Verbesserung bestehender Maschinenkonzepte nicht aus.

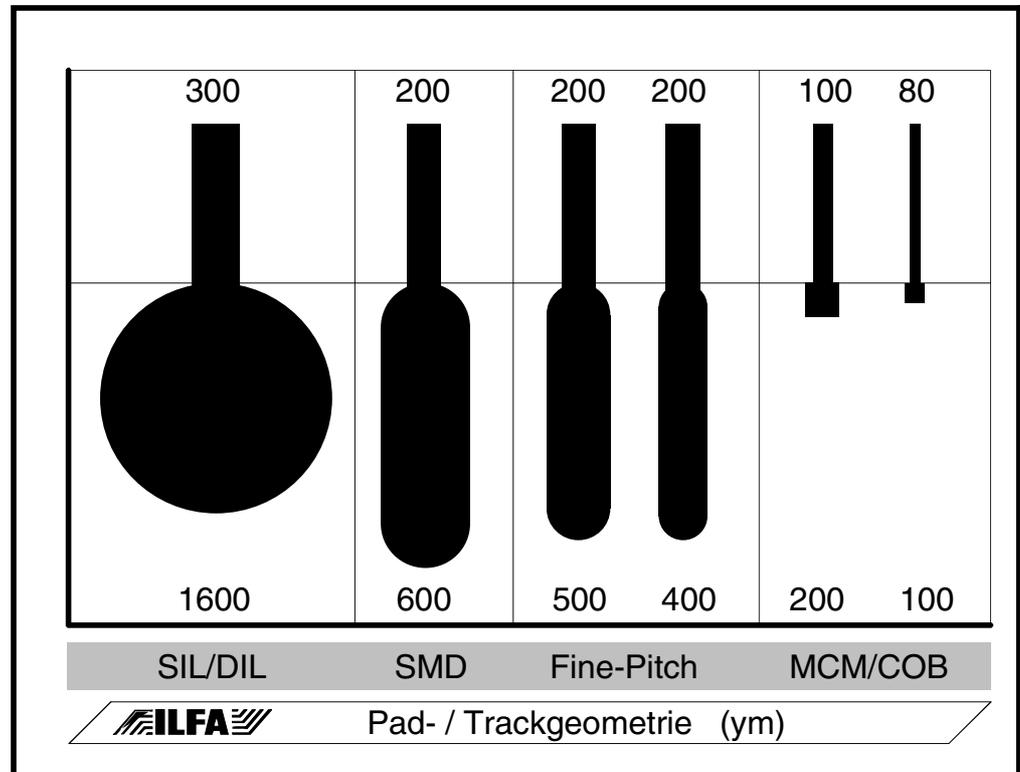
Um den Sprung in diese qualitativ wichtige Produktklasse zu schaffen, ist eine vollständig neue Maschinengeneration erforderlich, die auf der Lasertechnologie aufbaut.

Die Ansprüche an elektronische Baugruppen sind sonst nicht zu erfüllen.

Die Gegenüberstellung der geometrischen Anforderungen zeigt am ehesten, welche Vorgaben heute an die Leiterbildstruktur gestellt werden (Bild 3).

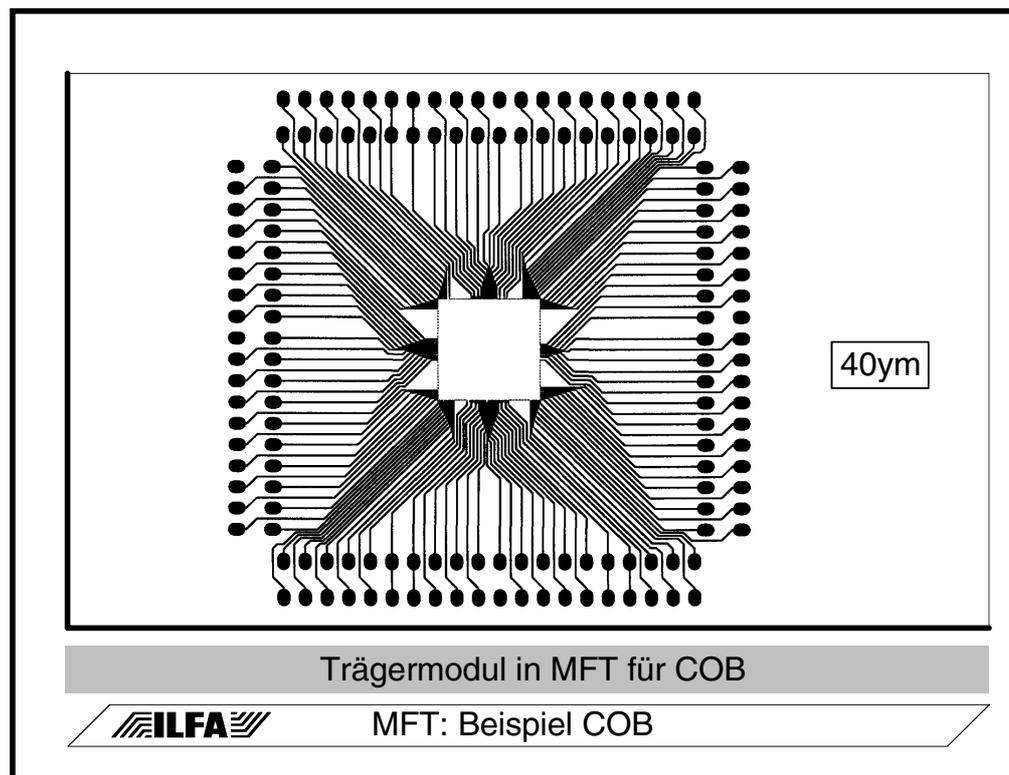
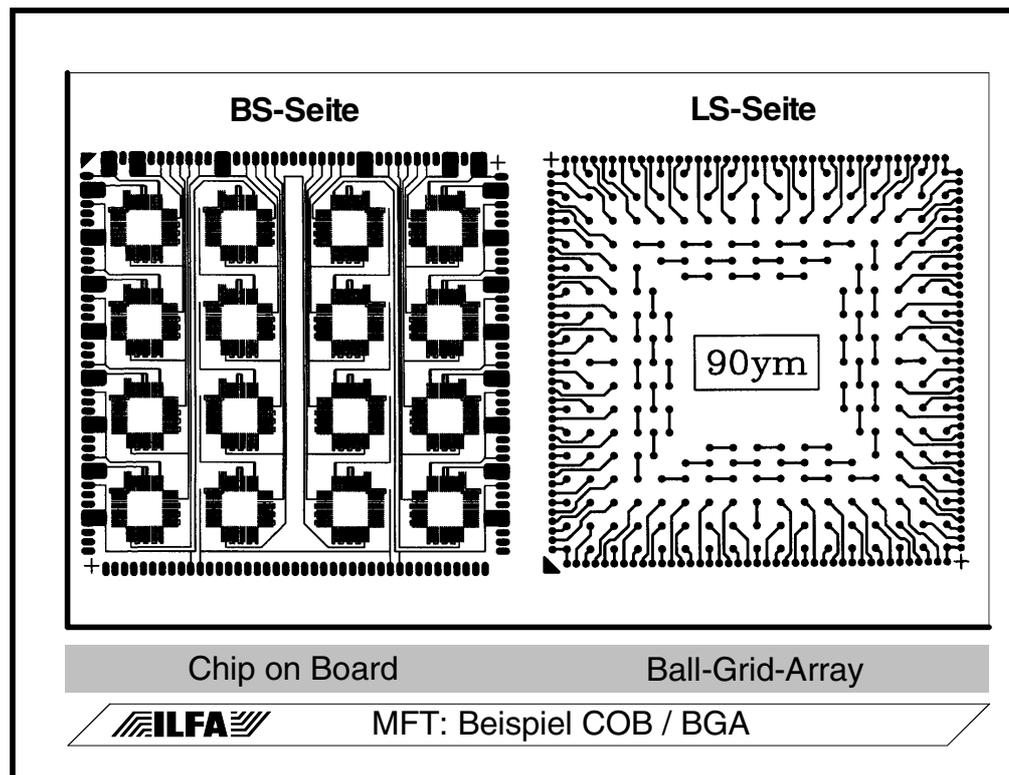
Das sich die Laser-Direktbelichtung inzwischen bereits konkurrenzlose Anwendungsbereiche erobert hat, zeigen zwei praktische Beispiele (Bild 4).

Bild 3:
Pad- und Track-
Geometrien für
elektronische
Bauteile



Laserdirektbelichtung

Bild 4:
Moduln in Laser-
Direktbelichtung



Laserdirektbelichtung

4.0 Laserdirektbelichtung: das DP40-System

Die DP40 belichtet über einen Laser direkt die Oberfläche fotosensitiver Laminare und Resiste.

Die Resistbelichtung durch den Laserstrahl erfolgt in horizontaler Richtung mit einer Geschwindigkeit von 240m/s. Während der Scanbewegung sorgt ein Belichtungstakt für die Hell-/Dunkelastung des Laserstrahls.

Die vertikale Bewegung des zu belichtenden Materials zum Scan hin führt zum zeilenweisen Bildaufbau über die gesamte Belichtungsfläche. Das Belichtungsrastrer beträgt 10 μ m. Bei einer maximalen Belichtungsfläche von 340 x 600mm ist eine Datenmenge von zirka 2 Milliarden Pixel zu bewältigen.

Die wichtigsten Komponenten des Maschinensystems sind der Laser, die Optik, die Mechanik und die Datenverarbeitung.

Bild 5: Das DP40-Maschinensystem



4.1 Der Laser

Als Lichtquelle kommt ein wassergekühlter Argon-Ionen-Laser mit einer Leistung von 1.5 W zum Einsatz (Hersteller: Fa. Coherent). Der Laser ist eigentlich der Laserschutzklasse 4 zuzuordnen. Durch konstruktive Schutzmaßnahmen kann das gesamte Maschinensystem jedoch in die Laserschutzklasse 1 eingeordnet werden. Die Strukturbelichtung erfolgt im UV-Bereich mit zwei Wellenlängen, 351.1 nm und 358.2 nm, weil in diesem Bereich das Empfindlichkeitsmaximum herkömmlicher Fotoresiste liegt.

Der Pixeldurchmesser beträgt eigentlich 28 μ m. Da aber innerhalb des Pixels die Intensität unterschiedlich ist, verbleibt ein belichtungsfähiger Pixeldurchmesser von 10 μ m.

Laserdirektbelichtung

4.2 Die Optik

In der optischen Achse des Laserstrahls liegt der akustooptische Modulator, ein Quarz, in dem eine rechtwinklig zum Laserstrahl liegende akustische Welle generiert wird (Bild 5). An der Wellenfront erfolgt eine Beugung des einfallenden Laserlichtes, wobei sich die Ausbreitungsrichtung des Laserstrahles in Abhängigkeit von der Frequenz der akustischen Welle ändert.

Das Licht gelangt entweder in eine Strahlenfalle oder in den optischen Strahlengang der DP40. Das Scannen erfolgt durch die Ablenkung über ein 10-flächiges Polygon, dessen Spiegelflächen einen Winkelfehler kleiner 2" zueinander aufweisen. Je Spiegelfläche wird eine Zeile von 340mm belichtet.

Um eine hohe Laufruhe und eine präzise Drehzahl zu erreichen, ist das Polygon auf einem Luftspalt von 10µm luftgelagert. Zusätzlich ist das Polygon mit dem Tischantrieb synchronisiert. Mit jeder neuen Spiegelfläche bewegt sich der Tisch 10µm weiter.

Das optische System besteht aus insgesamt 8 Linsen. Diese ermöglichen einen telezentrischen Strahlengang und damit ein eindeutig abbildbares Pixel.

Nachdem der Laserstrahl das Linsensystem durchlaufen hat, wird er über einen halbdurchlässigen Spiegel nach unten auf die mit Resist beschichteten Leiterplatten oder Innenlagenlamine geführt.

Für die maßhaltige Positionierung des Pixels sorgt das X-Meßsystem. Dieses besteht aus einer Laserdiode (mit 685nm Wellenlänge), einem Glasmaßstab, mehreren Umlenk- und Filtereinheiten sowie einem Referenzgitter.

Der rote Laserstrahl des Meßsystems wird parallel zum blauen Laserstrahl des Belichtungssystems über das Polygon durch das Linsensystem und durch einen 50%-Spiegel auf einen geätzten X-Maßstab geschickt. Dort wird das Bild reflektiert, zurück durch den Spiegel und das Linsensystem bis zum Polygon, wo es schließlich ausgekoppelt und auf ein Referenzgitter geworfen wird.

Bei der Drehung des Polygons läuft das Bild des X-Maßstabes am Referenzgitter vorbei und erzeugt hier ein Lichtsignal, von dem sich der Belichtungstakt ableiten läßt. Durch Impulzzählung des Belichtungstaktes in Verbindung mit einer zusätzlichen Nullmarke am Anfang des X-Maßstabes kann die genaue Position des roten Lasers bestimmt werden. Und durch die Kopplung des blauen Laserstrahles mit dem roten ist auch die Position des blauen Laserstrahles bestimmt.

Laserdirektbelichtung

Bild 6:
Das optische
System der DP40

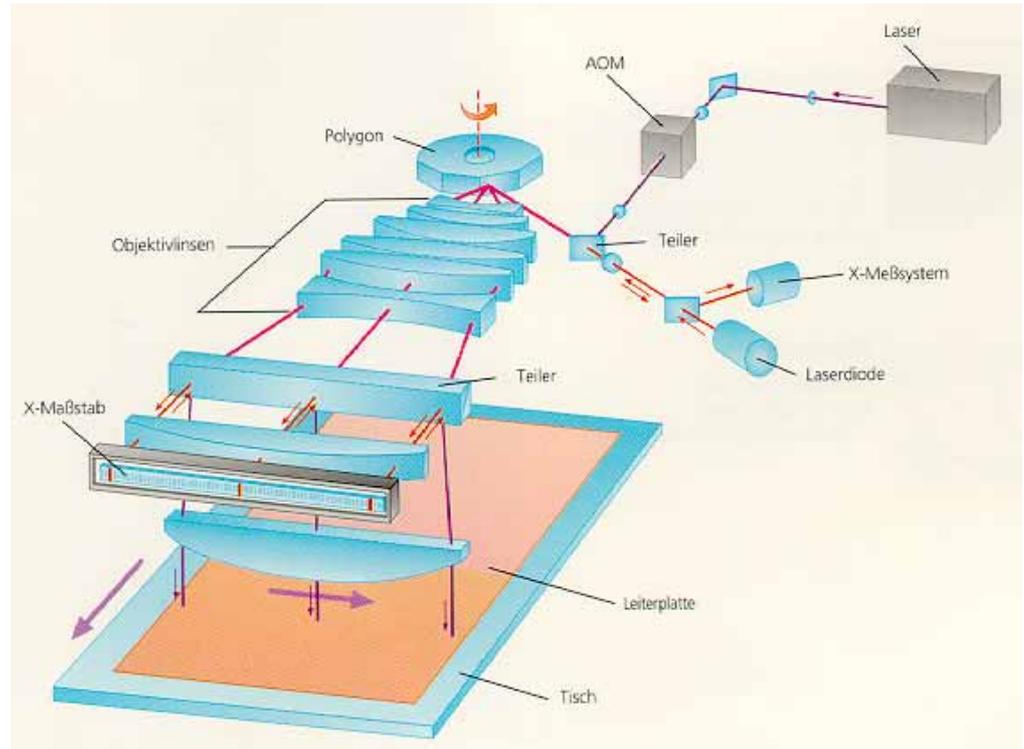


Bild 7:
Einsatz unter
Betriebs-
bedingungen im
Reinraum



Laserdirektbelichtung

4.3 Die Mechanik

Die wichtigsten mechanischen Komponenten sind das Y-Meßsystem, die Z-Stellung, die Registrierung und die Luftkühlung in Verbindung mit einem Reinraumfilter.

An das Y-Meßsystem ist der Arbeitstisch direkt gekoppelt. Da die Tischbewegung und das Polygon synchronisiert sind, erhält der Tisch nach jeder Spiegelfläche einen Stellimpuls. Dieser wird an einen Schrittmotor weitergeleitet, der an einer Kugelgewindespindel sitzt, die ihrerseits mit dem Arbeitstisch verbunden ist. Die Positionierung erfolgt über das Abzählen von Inkrementen mit Bezug zu einer Referenzmarke.

Bevor eine Belichtung stattfinden kann, muß die Leiterplatte in die Focusebene gehoben und registriert werden. Für diese Z-Stellung ist der Arbeitstisch mit drei Schrittmotoren ausgestattet. Von diesen Motoren wird der Tisch solange angehoben, bis ein Näherungssensor auf die Kupferkaschierung der Leiterplatte reagiert. Der Tisch steht dadurch immer in der Focusebene und ist rechtwinklig zum Laserstrahl ausgerichtet.

Für die Registrierung der Leiterplatten, daß heißt, den Abgleich der Passung für die Bildstruktur zu dem später zu fertigenden Bohrbild, befinden sich in dem Leiterplattenzuschnitt zwei Servicebohrungen. Unterhalb des Zuschnittes sind Leuchtdioden, oberhalb sind Vierquadrantensensoren angebracht.

Die Sensoren messen die Lichtmenge pro Quadrant und vermitteln über die Stellmotoren in X-, Y- und Phi-Richtung solange, bis jeder Quadrant dieselbe Lichtmenge erfaßt.

Erwähnenswert ist außerdem noch das Schwingungsdämpfungssystem.

Der Arbeitstisch mit Optik und Lasereinheit ist luftgelagert, um Störungen von außen (Straßenverkehr, andere Produktionsmaschinen) zu eliminieren und eine einwandfreie Belichtungsqualität zu garantieren.

4.4 Die Datenverarbeitung

CAD-, respektive CAM-Daten liegen in der Regel im GERBER-Format vor und werden üblicherweise zur Erstellung der Fotoplotts benutzt. Zur Vereinfachung und aus Gründen der Kompatibilität verarbeitet auch der DP40-Laserdirektbelichter dieses Datenformat.

Die DP40 ist bei ILFA in ein Serversystem eingebunden. Die externen Daten der CAD-Systeme erreichen uns heute in der Regel über ISDN oder eMail. CAM liest diese Daten aus dem Modem, bereitet sie auf und stellt sie über ein internes LAN der DP40 zur Verfügung (Bild 6).

Laserdirektbelichtung

Innerhalb der Maschine werden die CAM-Daten als „Job“ weiterverarbeitet.

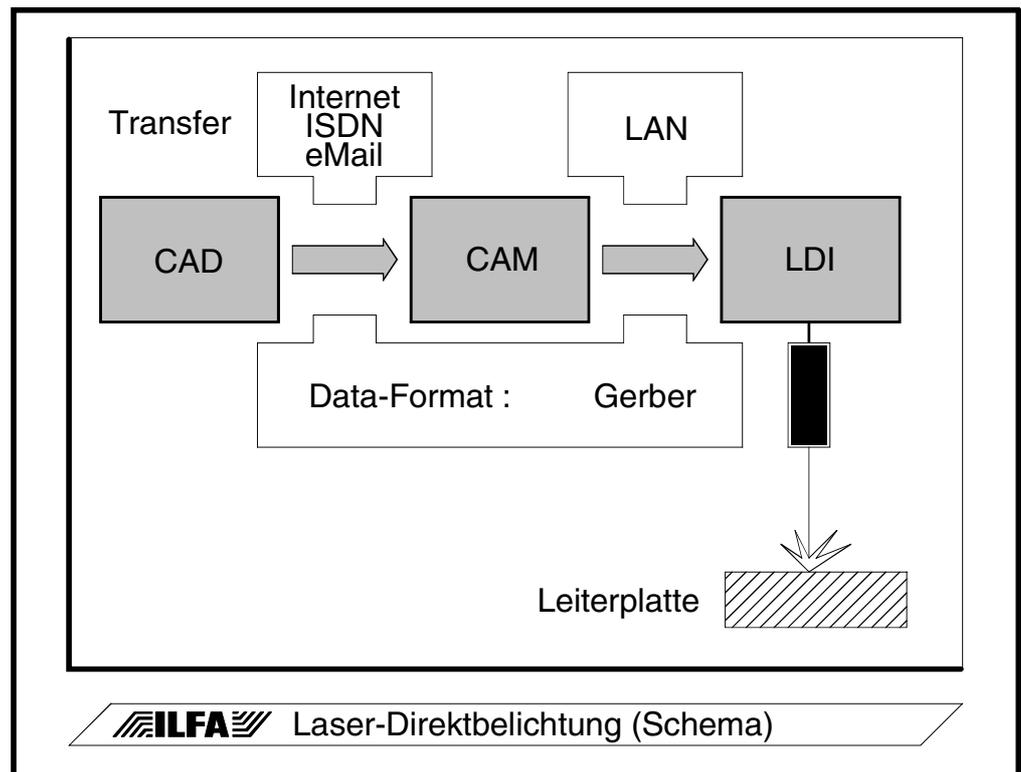
Zu jedem Job gehört ein zusätzlicher Parametersatz, der die spezifischen Daten für die Belichtung enthält, mit denen die Laserleistung gesteuert wird oder der Pixelstatus (invertiert, nicht invertiert).

Da im GERBER-Format Vektoren beschrieben werden, was für eine zeilenweise Darstellung ungeeignet ist, müssen die Daten vor der Belichtung in Informationen für 10µm-Rasterpixel aufgerastert (compiliert) werden.

Die ursprüngliche Datenmenge wird dadurch vervielfacht. Über insgesamt 13 parallel arbeitende Transputer erfolgt die Compilation der Daten in Echtzeit.

Die Daten werden zeilenweise gelesen, weitergeleitet, komprimiert, wieder weitergeleitet, erneut komprimiert und schließlich auf einem 250MB RAM gespeichert. Das RAM reicht aus, um die Belichtungsdaten für zirka 5 doppelseitige Leiterplatten zu speichern.

Bild 8:
Data für Laser-
Direktbelichtung



Laserdirektbelichtung

5.0 Ein Vergleich Film kontra Laser

Die Gegenüberstellung von Film- und Laserbelichtung bringt offensichtliche Unterschiede in der Qualität, der Produktionstoleranz und der Zeit bis zur Belichtungsbereitschaft der Leiterplatten in der Fertigung (Bild 7).

Bereits der konventionelle Übergang vom Diazo- zum Schwarzfilm hat Vorteile erbracht. Mit der Laserbelichtung entfällt jedoch jegliche Filmerstellung.

Die Zeitersparnis von 10h (Film) auf 3h (Laser) ist in der Produktion von Prototypen und kleineren Serien wichtig.

Noch bedeutender ist das Erreichen einer qualitativ anderen Toleranzklasse. Der Branchenstandard von 0.1mm zulässiger Abweichung von Bohrbild zu Leiterbahnbild kann im Idealfall auf 0.03mm reduziert werden.

Gegenüber dem Film ist die Laserbelichtung paßgenauer, sie löst feinere Strukturen auf und eliminiert Fehler, die durch den Einsatz von Filmen üblicherweise entstehen.

Bild 9: Zeiten und Toleranzen für unterschiedliche Leiterbildbelichtungen

Zeit	24h	10h	3h
Toleranz	0.1mm	0.1mm	0.03mm
Leiterbild belichten	●	●	●
Film registrieren	●	●	○
Platinen laminieren	●	●	●
Platinen kontaktieren	●	●	●
Platinen bohren	●	●	●
Diazoform retuschieren	●	○	○
Diazoform erstellen	●	○	○
Film vermessen	●	●	○
Film prüfen	●	●	○
Film entwickeln	●	○	○
Fotoplotts erstellen	●	●	○
Dokumentation	●	●	●
CAM-Bearbeitung	●	●	●
● erforderlich ○ nicht erforderlich	Diazoform	Schwarzfilm	Laser

Laserdirektbelichtung

6.0 Filesyntax

Die Einbindung des Laser-Direktbelichters hat zu einer neuen Infrastruktur auf den internen LAN's geführt. Dem Bezeichnungssystem (Filesyntax) für Datensätze kommt eine zentrale Bedeutung zu. Die Automaten sollen selbst in der Lage sein, die Files zu einem Auftrag zu selektieren, mit den erforderlichen Parametersätzen zu kombinieren und eigenständig abzuarbeiten (Bild 8).

Bild 10:
Filesyntax für
Archiv und LAN

ILF5D044.MB

Filename

Extension

ILF5D044.MB

ILF5D044.I2

Beide Files gehören zum gleichen Layout (Lötstopmaske und Innenlage).

WIE6B124.LS

ABC4H069.LS

Die Files gehören zu verschiedenen Layouts, beschreiben aber jeweils das Leiterbild für die Lötseite

Extension	Inhalte	Format
AB	Abziehlack	BS-Seite
VB	Viadruk	BS-Seite
DB	Bestückungsdruck	BS-Seite
MB, MBN	Lötstopmaske	BS-Seite
BS, BSN	Leiterbild	BS-Seite
I2, I2N	Leiterbild	Innenlage
I3, I3N	Leiterbild	Innenlage
I4, I4N	Leiterbild	Innenlage
I5, I5N	Leiterbild	Innenlage
I6, I6N	Leiterbild	Innenlage
I7, I7N	Leiterbild	Innenlage
I8, I8N	Leiterbild	Innenlage
I9, I9N	Leiterbild	Innenlage
LS, LSN	Leiterbild	Lötseite
ML, MLN	Lötstopmaske	Lötseite
DL	Bestückungsdruck	Lötseite
VL	Viadruk	Lötseite
AL	Abziehlack	Lötseite
Z1/Z2	Bohrprogramm	Gerber 3.3mm
UM	Umschnittplan	Gerber 3.3mm
ZZM	Bemaßter Umschnittplan	Gerber 3.3mm
DRI/NDK	Bohrprogramm	Gerber 3.3mm

Laserdirektbelichtung

7.0 Zukunftsaussichten

Es ist aus unserer Sicht beeindruckend, welche grundlegenden Veränderungen durch den Laserbelichter in unserem Haus ausgelöst worden sind. Die Ablauforganisation, die Logistik und die Archivierung mußten komplett geändert werden. Das Spektrum der von uns hergestellten Produkte hat sich erweitert, neue Aufgabenstellungen sind dazugekommen.

Es ist jetzt schon abzusehen, daß die Laser-Direktbelichtung eine Reihe von zukünftigen Entwicklungen provozieren wird.

7.1 Filmlose Produktion von Leiterplatten

Die Direktbelichtung führt geradewegs in die „Filmlose Produktion von Leiterplatten“.

Resiste für den Lötstoplack sind als Folie oder Lackfilm verfügbar. Würden diese Substrate auf eine Lichtempfindlichkeit von $<100\text{mJ/qcm}$ reagieren, dann könnten sie mit einem Lasersystem belichtet werden. Es entfallen Aufwand, Kosten und Zeit für Film- und Sieberstellung. Fast gleiche Bedingungen gelten für den Bestückungsdruck, für den Viadruck und den Carbonlack.

7.2 Multifunktionelle Maschinensysteme

Prinzipiell könnte ein Laser-Direktbelichter alle Belichtungssysteme in der Produktion einer Leiterplattenfertigung ersetzen. Sowohl die Aufgaben der unterschiedlichen, aktuell eingesetzten konventionellen Filmbelichter (Printer) als auch die eines Fotoplotters können übernommen werden.

Die softwaregesteuerte Anpassung der Maschine an die geforderte Aufgabenstellung ist leicht zu vermitteln (Filesyntax, Barcodes). Das Maschinensystem selbst kann durch Be- und Entladestationen automatisiert werden.

7.3 Einbindung in externe Netze

Stellen wir uns vor, alle CAD-Systeme würden mit einer einheitlichen D-Code-Tabelle arbeiten und alle Leiterplatten hätten gleiche Materialspezifikationen. Bei Integration eines Laser-Belichtungssystem in ein ISDN-Netz könnten Leiterplatten bei Bedarf durch eine externe Anforderung automatisch belichtet werden.

Mit ein bißchen Organisation von Seiten des Platinenherstellers würde das funktionieren wie ein Copy-Service. Die Daten, die Sie mittags an den Hersteller abschicken, liegen am nächsten Tag als Prototyp fertig vor Ihnen auf dem Tisch.

Das klingt nach Utopie, wäre aber bei den inzwischen drastisch sinkenden Entwicklungszeiten für elektronische Baugruppen eine - sensationelle - und vor allem mögliche Lösung.

Laserdirektbelichtung

7.4 Die nächste Maschinen- generation

Die nächste Maschinengeneration, die momentan entwickelt wird, soll folgende Anforderungen erfüllen:

- Eine maximale Belichtungszeit von 60 Sekunden pro Panel
- Eine Überdeckungsgenauigkeit von $\pm 10\mu\text{m}$ für Vorder- und Rückseite
- Eine minimale Auflösung von $50\mu\text{m}$
- Eine Online-Skalierung von gebohrten Leiterplatten
- Eine stabilere Maschinenverfügbarkeit > 95%
- Ein automatisches Handling
- Ein Preisgefüge im Rahmen automatischer Kontaktbelichter
- Den Einsatz von Diodenlasern zur Kostenminimierung
- Für Multilayer-Innenlagen ein Registriersystem ohne Bohrungen
- Geringere Wartungskosten

Autoren

Alexander Süllau, ILFA Hannover, ist verantwortlich für die Integration und Inbetriebnahme der DP40 in der Produktion.

Arnold Wiemers, ILFA Hannover, ist zuständig für CAD, CAM und technische Auftragsvorbereitung.

Weitere technische Informationen und Kontakte sind über unsere Internet-Homepage (<http://www.ilfa.de>) verfügbar.

Nachwort

Das Konzept der DP40 ist Ende der 80er Jahre durch die Zusammenarbeit der Firmen Zeiss/Jenoptik und ILFA entstanden. Durch den politischen Hintergrund jener Jahre ist die Entwicklung der DP40 auch eine kleine Episode in unserer Zeitgeschichte geworden.

Das Unternehmen ILFA bedankt sich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Firma Zeiss/Jenoptik dafür, daß aus einer Vision heraus eine zukunftsweisende Technologie entstanden ist.