

Diethard Kapp-Schwoerer

Doppelseitiger Walzauftrag zur Beschichtung von Fotoresist

In den letzten fünf Jahren hat sich der doppelseitige Walzauftrag von flüssigen Ätzresist zur Herstellung von Multilayer-Innenlagen als Fertigungsprozess weltweit als Alternative zum Laminieren von Trockenfilm etabliert. Dies wird durch über 100 installierte Anlagen, davon mehr als 32 in neuer HTDC- Technik, untermauert. Es handelt sich um ein eingeführtes Fertigungsverfahren bei mehr als 50 etablierten Leiterplattenherstellern weltweit.

Die Akzeptanz der Technologie des doppelseitigen Walzauftrages zur Beschichtung von Fotoresist war und ist in den einzelnen Märkten unterschiedlich und wurde durch wenige, große, namhafte Leiterplattenhersteller vorangetrieben. Die Tatsache, dass führende Leiterplattenunternehmen den doppelseitigen Walzauftrag im großen Stil erfolgreich – zumeist 3 oder mehr Fertigungslinien je Anwender sind keine Seltenheit – einsetzen, unterstützt das Argument, dass die konsequente Umsetzung von Flüssig-Ätzresist die Herstellungskosten von Innenlagen verringert.

Kritisch für den Erfolg von Flüssigresist-anwendung auf der Stufe des Leiterplattenherstellers war die konsequente Weiterentwicklung der Anlagentechnik. Im Vordergrund steht die flankierende, enge Zusammenarbeit zwischen Resist-Hersteller und dem Anlagenbau-Unternehmen, die dem Leiterplattenproduzenten das bestmögliche Systempaket zur Verfügung stellen können. Erfolgsentscheidend ist die richtige Auswahl der Anlagenkomponenten (Vorreinigung, Roller-Coater, Belichter, Entwickler, Ätzer und Entschichter) und die Verknüpfung der Fertigungsstufen, unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen für Flüssigresist. In vielen Fällen bedeutet dies ein Umdenken der Fertigungsmentalität von „trocken“ zu „flüssig“ mit all den damit verbundenen Problemen und Chancen, seien diese real oder Erwartungshaltungen.

Nach mehrjähriger Produktentwicklung und entsprechendem Erfahrungszuwachs, einschließlich signifikanter Erfolge und Misserfolge, steht dem zukünftigen Anwender heute ein ökonomisches und praktikables System bzw. Paket zur Verfügung, das auch für mittlere Volumen den Einsatz von Flüssigresist zur Herstellung von Innenlagen attraktiv macht.

Die heute vermarkteten Resist sind für die spezifischen Anforderungen ausgereift und entsprechend gut charakterisiert. Die Anlagentechnik ist automatisiert, bedienerfreundlich und in bezug auf Zuverlässigkeit einem Drei-Schichtbetrieb gewachsen.

Der Bildübertragungsprozess

Im weitesten Sinne betrachtet gleichen sich die Prozessschritte von Flüssigresist und Trockenfilm:

- ▶ Vorreinigung,
- ▶ Resist-Beschichtung,
- ▶ Belichtung,
- ▶ Entwicklung,
- ▶ Ätzen sowie
- ▶ Entschichten.

Der augenfällige Unterschied ist die zusätzliche Trocknung des Resistes nach der Flüssigbeschichtung. Eine Trocknung wird notwendig um das Lösungsmittel schnell und zuverlässig zu entfernen, um eine möglichst 100% physikalisch getrocknete Beschichtung zu erhalten. Die Trockenschicht hat in der Regel eine Dicke von 8 bis 10 µm. Die größten prozesstechnischen Unterschiede ergeben sich im Bereich des Handling, da der getrocknete Resist zwar klebfrei ist, aber im Gegensatz zum Trockenfilm keine Deckfolie (Schutzfolie) aufweist. Eine

konsequente Fließfertigung mit horizontalem, atmendem Speicher ist diejenige Maßnahme, die diesem Sachverhalt am besten Rechnung trägt. Wichtige Belange müssen auch bei den Belichtern und deren Einstellung, sowie beim Entwickeln berücksichtigt werden. Beim Ätzen und Entschichten gibt es keine signifikanten Änderungen im Vergleich zum Trockenfilm.

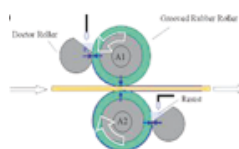


Bild 1: Prinzip der doppelseitigen Walzenbeschichtung



Die Analyse von mehreren erfolgreichen Anwendern zeigt, dass kleine signifikante Änderungen in der Prozessfolge und Prozesseinstellung gegenüber der Verarbeitung von Trockenfilm entscheidend sind.

Technische Vorteile des Flüssigresistverfahrens

Haftung

Für eine gute Haftung ist keine große Rauigkeit der Kupferoberfläche erforderlich. Chemische Vorreinigung mit geringen Abtragraten sind ausreichend. Flüssigresist zeichnen sich bei der Applikation durch eine hohe Benetzbarkeit aus. Bedingt durch die chemische Zusammensetzung und geringer Schichtdicke – im Vergleich zu Trockenfilm – treten nach der Belichtung auch keine Spannungen auf, so dass Flüssigresist auch auf sehr glatten Oberflächen eine gute Haftung zeigt.

Hohe Auflösung

Aufgrund der Schichtstärke (8 bis 10 µm trocken) und dem unmittelbaren Kontakt mit der Bildauflage (Abwesenheit der Deckfolie) ergibt sich aus rein physikalischen Gesetzmäßigkeiten eine präzise Bildübertragung. Auch bei Verwendung von nichtkollimierten Lichtquellen lassen sich Linienbreiten von 50 µm nach dem Entwickeln mit Standardgeräten realisieren. Die Verwendung von kollimierten Lichtquellen empfiehlt sich aufgrund der hohen Auflösung nicht, da die Fehlerrate durch Abbildung von Staub und anderen Partikeln unnötig erhöht wird. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass bis Mitte der 90er Jahre keine nichtkollimierten, automatischen Belichter im Markt angeboten wurden. Dies hat sich mit der stärker werdenden Akzeptanz von Flüssigresist deutlich verändert. Heute bieten mehrere namhafte Belichterhersteller aus Europa, USA und Japan nichtkollimierte, vollautomatische Belichter an, die den speziellen Anforderungen von Flüssigresist gerecht werden.

Bessere Ätzergebnisse

Die geringe Schichtstärke wirkt sich auch positiv auf das Ätzergebnis aus. Besonders ▶

bei feinen Linien zeigen sich die Vorteile eines schnelleren Austausches der Ätzlösung, bedingt durch das niedrigere Resistprofil. Im Vergleich zu einem 35 µm starken Trockenfilm lassen sich mit Flüssigresist beschichtete Innenlagen 10 bis 15 % schneller ätzen. Die Ätzqualität in bezug auf die Flankensteilheit ist entsprechend besser.

Ökonomische Vorteile von Flüssigresist

Grundsätzlich ergeben sich Kostenvorteile bei der Herstellung von Innenlagen.

Investitionskosten

Die Investition in eine neue Innenlagen-Linie für Flüssigresist ist mit geringeren Kosten verbunden. Durch die Tatsache, dass nicht-kollimierte Belichter zum Einsatz kommen und diese signifikant preiswerter sind, werden die etwas höheren Kosten für eine Roller-Coating-Anlage gegenüber einem Cut-Sheet-Laminator mehr als kompensiert. Zudem ist die Kapazität einer Roller-Coater-Anlage mit 6 bis 8 Platten pro Minute in der Lage, zwei Belichtungsautomaten zu speisen.

Geringere Prozesskosten

Da eine Flüssigresist-Linie kontinuierlich betrieben werden kann – es entstehen keine Unterbrüche wie beim Bestücken des Laminators – weist diese Anlage eine höhere Verfügbarkeit auf. Hinzu kommt, dass eine für Trockenfilm ausgelegte Entwicklungslinie bei Verwendung von Flüssigresist mit einer höheren Prozessgeschwindigkeit betrieben werden kann. Die genannten Faktoren tragen zu niedrigeren Produktionskosten pro gefertigter Innenlage bei.

Geringere Materialkosten

Aufgrund der geringeren Schichtstärke werden, bezogen auf den Quadratmeter, geringere Mengen Prozesschemikalien im Entwicklungs- und Entschichtungsprozess benötigt. Zudem ermöglichen die Kosten für den Resist selbst signifikante Einsparungen.

Die Walzbeschichtung (Roller-Coating)

Der Walzauftrag von flüssigen Beschichtungen und fotohärtbaren Lacken ist seit über 20 Jahren ein etabliertes Beschichtungsverfahren in der Möbelindustrie. Für die geforderten Anwendungen kommt mehrheitlich der einseitige Walzauftrag zur Anwendung. Auch in der Leiterplattenindustrie wurde in den 80er Jahren das einseitige Roller-Coater-Verfahren im Zusammenhang mit einem flüssigen Lack, mit annähernd 100% Festkörper, propagiert.

Einige Leiterplattenhersteller stützten ihre Innenlagenproduktionen mit durchwegs gutem Erfolg auf das von der Firma Grace entwickelte Verfahren. Das einseitige Konzept und die Notwendigkeit einer Off-Kontakt-Belichtung verhinderten eine weitere Verbreitung. Dieses Verfahren erlaubte in der Praxis maximale Auflösung von 100 µm Linien und Abständen und wurde von den Anforderungen in der Leiterplattentechnik eingeholt.

Der Durchbruch des Walzauftrages für die Innenlagenherstellung wurde durch eine kombinierte Anlage von doppelseitiger Walzbeschichtung und Trocknung erzielt. Die integrierte und geschlossene Anlage erlaubte die Beschichtung und Trocknung von Resist unter definierten Reinraumbedingungen. Die Anlage schaffte somit die Voraussetzungen für fehlerfreie Beschichtungen. Dies ist die Bedingung, dass die Resistbeschichtung direkt vom Leiterplattenhersteller selbst erfolgen kann, analog



Bild 2: Die Leiterplatten werden mittels Grippkette an den Kanten gehalten

der Herstellung von Trockenfilm. Kostendruck und die Notwendigkeit immer feinere Strukturen herstellen zu können, haben die Verbreitung und Entwicklung weiter beschleunigt. Seit 1992 wurden über 90 derartige Beschichtungs- und Trocknungssysteme installiert.

Der integrierte doppelseitige Walzauftrag, kombiniert mit Trocknung und Kühlung, wird

im allgemeinen Sprachgebrauch als Roller-Coating-System bezeichnet.

Doppelseitiger Walzauftrag

Ober- und Unterseite des Substrates werden gleichzeitig beschichtet (**Bild 1**). Resist wird aus einem kontinuierlich erneuerten Lackreservoir von der geriffelten Gummiwalze aufgenommen. Die Dosierwalze (Doctor-Roller) übernimmt die Aufgabe eines Rakels, indem sie überschüssigen Resist abstreift. Die Übertragung des Resist von der Gummiwalze (Grooved Rubber-Roller) auf das Substrat erfolgt durch einen definierten Anpressdruck zwischen der oberen und unteren Walze.

Bei der Gummiwalze handelt es sich um eine mit vulkanisiertem Gummi belegte Metallwalze. Für die Applikation von Resist, Lötstopplacken und flüssigen Dielektrika werden v-förmige, konzentrische Riffelungen verwendet. Der Nassgewichtsauftrag wird im wesentlichen durch die Riffelungstiefe bestimmt. Für Innenlagenresist wird im Allgemeinen mit einer 48-Gang-Walze gearbeitet. Das heißt, dass pro Zoll 48 rechtwinklige Einschnitte vorhanden sind. Die theoretische Schnitt-

tiefe beträgt somit 265 µm. Durch geeignete Wahl der Anpressdrucke (Dosierwalze-Gummiwalze und Gummiwalze-Substrat) erzielt man einen Nassgewichtsauftrag von 20 bis 25 µm.

Die Prozessparameter sind einfach zu beherrschen. Die Anlage ist so konstruiert, dass der Anpressdruck (Abstand der oberen zu unteren Gummiwalze) für verschiedene Substratstärken automatisch gleich gehalten wird. Die Schichtdickenverteilung quer und längs zur Beschichtungsrichtung, sowie die Wiederholbarkeit werden beim Roller-Coating erfüllt. Die Schwankungen sind kleiner als 10%, was bei einer Trockenfilmstärke von 10 µm einer Varianz von 1 µm entspricht.

Der im Kreislauf fließende Lack, wird nicht nur permanent gefiltert, sondern auch hinsichtlich seiner Viskosität gemessen und geregelt. Dies geschieht mit dem Ziel den Festkörpergehalt konstant zu halten.

Transportsystem

Die beidseitig beschichteten Platten werden von einer „Gripp“-Kette gefasst und dem Trocknungsprozess zugeführt. Im neuesten RC-System (Systronic 4000 HT-DC) läuft die Grippkette vertikal, mit dem Vorteil, dass die Kettenglieder über deren Rollen laufen. Dies ermöglicht einen nahezu reibungs- und verschleißfreien Transport der Kette. Die Kette ist ein wesentliches konstruktives Merkmal einer Roller-Coating-Anlage. Sie führt das Substrat vom Roller-Coater durch den angrenzenden Reinraum zum Trockner und in die anschließende Kühlzone, bevor das Substrat dem Rollentransport am Ausgang übergeben wird (**Bild 2**).

Trocknung

Der Trockner des Systems RC-4000 HTDC ist derart konzipiert, dass eine Vielzahl von Lacke, schnell und schonend trocknet. Das Herzstück des Trockners ist eine doppelwandige, isolierte Edelstahlmuffel. Im Ofen sind zwei separate Zonen mit jeweiliger Zu- und Abluft vorhanden. Die erste Zone ist die Flash-off-Zone in welcher der Hauptanteil des Lösungsmittels abdestilliert. In beiden Zonen wird eine genau definierte Zuluftmenge eingebracht. Diese wird individuell vorgeheizt.



Bild 3: Aufbau der Heizkammer

Innerhalb der Prozesszonen befinden sich zusätzlich regelbare Luftkreisläufe. Diese bestehen aus einem von außerhalb der Ofenmuffel angetriebenen Ventilator, der den Luftstrom über ein regelbares Heizregister führt (**Bild 3**). Die Luft wird durch einen großen Schlitz, quer zur Transportrichtung auf das Substrat geblasen. Die Luftkreisläufe sind ober- und unterhalb des Substrates identisch. Das be-

schriebene Konzept erlaubt eine effiziente Trocknung bei einer geringen Gesamtluftmenge. Dies verringert die Betriebskosten. Die durch die Luftkreisläufe zusätzliche Luftströmung erhöht die Genauigkeit des eingestellten Temperaturprofils und trägt in hohem Maße zur Effizienzsteigerung der Trocknung bei.

Die maximale Anschlussleistung von 70 kW für den RC 4000 HTDC zeigt den hohen Wirkungsgrad der Anlage.

Kühlung

Um eine sofortige Weiterverarbeitung der beschichteten und getrockneten Platten zu ermöglichen, werden diese in einer Kühlzone auf Raumtemperatur abgekühlt. Auf die konstruktiven Merkmale dieser Zone wurde ein besonderes Augenmerk gelegt. Die Luft wird vor Eintritt in die Kühlzone gefiltert und anschließend durch mehrere Schlitzdüsen auf die Substrate geblasen.

Die Abluft wird dem Trockner nach erneuter Filtration zugeführt. Das bedeutet, dass die gesamte Zuluftmenge zur Kühlung genutzt wird und sich somit nicht im Kreislauf befindet. Dieses Konzept verhindert, dass erwärmte, Lösungsmittel beladene Luft aus dem Trockner in die Kühlzone gelangen kann.

Reinraumkonzept

Der Reinraum erstreckt sich vom Einlauf in die Beschichtungsanlage bis zum Austritt der Substrate aus der Kühlzone. Mit diesem Konzept kann eine Reinraumklasse 1 000 innerhalb der gesamten Anlage erzielt werden.

Ausblick

Die Marktpenetration von Roller-Coating wird mit den einfach zu implementierenden Systemen weiterhin zunehmen. Auch

kleinere Betriebe werden sich aus technologischen und wettbewerblichen Gründen mit Flüssigresist vermehrt beschäftigen. Auf der anderen Seite wird das Roller-Coating-Verfahren in anderen Anwendungsbereichen zunehmend eingesetzt werden. In dem Zusammenhang sind vor allem Beschichtungen mit Lötstopplack und Dielektrika zu nennen. Neben der klassischen Anwendung in der Leiterplatte werden mittels Roller-Coating und Flüssigresist weitere Fortschritte im Bereich HDI erzielt werden. Das angestrebte Ziel sind 25 µm-Strukturen.

Fax 0 71 31/58 49 90

www.systronic.de

productronic **404**

Diethard Kapp-Schwoerer ist Global Marketing Manager der Systronic in Flein