

Vakuum-Ätz-Technologie

Von Volker Feyerabend, APROS Int. Consulting + Firmenservices, Eningen

Mit der von Pill entwickelten Vakuum-Ätz-Technologie kann der so genannte Pfützeneffekt vermieden werden, wodurch sich gleichmäßigere Ätzergebnisse ergeben. Eine intelligente Anlagenkonstruktion ermöglicht sowohl eine fein abstimmbare Regelung als auch wartungsfreundlichkeit.

Den Feinststrukturen auf der Spur

Mit der Vakuum-Ätz-Technologie ist die *Pill GmbH*, Auenwald, seit Jahren technologisch einer der wichtigsten Technologie-Entwickler für Durchlaufanlagen in der Leiterplattenindustrie (*PLUS 6/07*, S. 1099). Bei der Technologieentwicklung für die Herstellung von Leiterbahnen steht die Verhinderung des so genannten Pfützeneffekts ebenso im Mittelpunkt wie die Verbesserung der Leiterbahnflanken im Feinststrukturenbereich.

Eine geniale Lösung für viele Probleme

Die gleichmäßige Aufbringung des Ätzmittels stellt eines der größten Probleme bei der Herstellung von Leiterplatten dar. Die Anforderungen vom Markt an immer feinere Strukturen sind in den letzten Jahren immer weiter gestiegen, so dass technologische Verbesserungen im Leiterplatten-Produktionsprozess unabdingbar waren.

Beim Ätzprozess, einem der zentralen Vorgänge bei der Herstellung von Leiterplatten, wird das meist kupferkaschierte Basismaterial mit einem ätzmittelbeständigen Resist beschichtet, der anschließend fototechnisch strukturiert wird. Das gewünschte Leiterplattenbild entsteht durch die Abätzung des ungeschützten Kupfers. Allerdings ergeben sich in der Praxis im Ablauf dieses Prozesses einige physikalische Probleme.

In der Regel werden horizontale Durchlaufanlagen eingesetzt. Hierbei kann oft ein Manko festgestellt werden: Es können häufig sehr unterschiedliche Ätzergebnisse auf der Plattenober- und der Plattenunterseite beobachtet werden. Die genauere Untersuchung der Plattenoberseite zeigt hinsichtlich der Ätzrate starke Differenzen zwischen Plattenrand und Plattenmitte, wobei die Ätzung am Plattenrand schneller vonstatten geht als in der Plattenmitte. Die Leiterbahnen am Plattenrand weisen dem gemäß eine größere Unterätzung auf, als die Leiterbahnen

in der Mitte der Platte. Versuche, durch eine Verbreiterung der Leiterplattenbahnen an den Rändern einen Ausgleich im Layout zu schaffen, brachten für den Feinstleiterbereich eher unbefriedigende Ergebnisse und dieser Weg wurde daher wieder verworfen.

Das Phänomen der Unterätzung der Leiterbahnen am Rand ist relativ einfach erklärt: Der Lösungsmittelaustausch funktioniert am Rande der Leiterplattenoberseite besser, weil das verwendete Ätzmedium hier leichter abfließen kann. Durch verschiedene technische Hemmnisse kommt es in der Plattenmitte zum so genannten „Pfützeneffekt“ oder zu Ätzmittelseen. Vor allem die Transportrollen verhindern ein gleichmäßiges Abfließen des Ätzmediums und es bilden sich regelrechte Staus zwischen den Rollenreihen. Auswirkungen hat dies vor allem auf die Großnutzenfertigung sowie auf die Erzeugung von Feinstleiterstrukturen. Technische Grenzen und Produktionsausbeute beschränken daher das Angebotsportfolio und die Wirtschaftlichkeit der Leiterplattenproduktion.

Verschiedene Entwicklungsansätze versuchten diesem Problem zu begegnen. Anlagentechnische Maßnahmen etwa, wie individuell regelbare Düsenrohre parallel zur Transportrichtung, oszillierende Düsenstöcke oder korrigierende Nachätzsysteme brachten zwar Verbesserungen, dies allerdings nur mit einem erheblichen technischen Aufwand, der sich daher auch im Preis für die Anlagensysteme und der Produktion niederschlägt.

Aber warum aufwändige Korrekturen? Die *Pill GmbH* hat einen anderen Weg beschritten und ist mit ihrer Vakuum-Ätz-Technologie das Problem zentral angegangen.

Innovation: Vakuum-Ätz-Technologie

Eine praktikable und wirtschaftlichere Lösung des Verteilungsproblems des Ätzmediums brachte



Abb. 1: Anlagenbeispiel der Vakuum-Ätz-Technologie

vor einigen Jahren die *Pill GmbH* auf den Markt (Abb. 1). Mit der erfolgreichen Entwicklung der Vakuum-Ätz-Technologie erreicht man eine gleichmäßige Absaugung des Ätzmediums, was zu hervorragenden Ergebnissen auf der Leiterplatte führt. Bereits bei den ersten Untersuchungen und Testreihen wurde festgestellt, dass sowohl der Verlauf auf der Plattenoberseite, als auch der Vergleich zwischen Oberseite und Unterseite gleichmäßigere Ätzraten zeigten.

Die Idee ist so einfach wie bestechend: Zwischen den Düsenrohren sind in geringem Abstand zur Leiterplattenoberfläche Absaugereinheiten installiert, die das verbrauchte Ätzmedium aufnehmen und in einem geschlossenen Kreislauf dem Modultank wieder zuführen (Abb. 2). In diesen Absaugereinheiten wird ein angepasster Unterdruck erzeugt und somit die Bildung von Seen und Pfützen zwischen den Transportrollen verhindert. Um dabei immer den optimalen Abstand zwischen Absaugleisten und Leiterplatte zu gewährleisten, sind die Absaugvor-

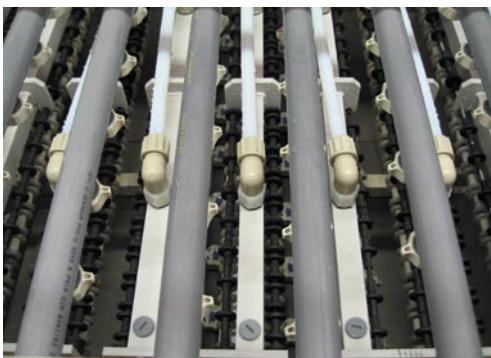


Abb. 2: Parallel zu den querverlaufenden Düsenrohren sind die Absaugrohre angeordnet

richtungen mit den oberen Fixierrollen des Transportsystems gekoppelt.

Das Ergebnis und die Kundenerfahrungen können sich sehen lassen: Bei jedem Leiterplattentyp kann eine optimale Absaugrate erzielt werden, was natürlich folgerichtig zu den besten Resultaten führt. Über die gesamte Nutzenfläche (650 mm x 650 mm) hinweg, konnten auf der Plattenoberseite lediglich Schichtdickenschwankungen von ± 1 um festgestellt werden. Auch Differenzen zwischen Plattenober- und -unterseite sind kaum mehr feststellbar. Die Produktionsausbeute, Angebotsportfolio und Produktivität des Leiterplattenherstellers wird daher direkt und positiv beeinflusst.

Steilere Ätzflanken

Gemeinsame Untersuchungen mit führenden Leiterplattenherstellern zeigten vor allem, dass mit dieser neuen Technik steilere Ätzflanken erzeugt werden können. Damit kann auch im Bereich der Feinststrukturen den immer anspruchsvolleren Layoutvorgaben entsprochen werden.

Einer der maßgeblichen Faktoren, hierbei ist der Ätzfaktor, ein Wert, der die Steilheit der Leiterflanken widerspiegelt. Wie bekannt ist, erreicht der Ätzfaktor bei reinem Tauchätzen den Wert 1 und erhöht sich durch Strömungsmaßnahmen, z.B. beim Sprühätzen, auf 2 bis 3. Durch die innovative Vakuum-Ätz-Technologie bewegt sich dieser Wert jedoch deutlich Richtung 4. Auch der Schrumpffaktor, der den seitlichen Angriff des Ätzmediums unter dem Resist beschreibt, erreicht hervorragende Werte.

So gut diese Ergebnisse und Erkenntnisse auch sind, es lässt sich damit nur etwa 50 % des Ätzergebnisses beeinflussen. Weitere Faktoren spielen eine wichtige Rolle: die Dicke des Resists, die Qualität des Belichtungs- und Entwicklungsprozesses und schließlich natürlich auch die Dicke der zu ätzenden Kupferkaschierung.

Erhöhung der Produktivität

Ein weiterer Vorteil der Vakuum-Ätz-Technologie besteht in der Verbesserung der Kapazitätsausnutzung und Produktionsausbeute. Denn die höhere Ätzgeschwindigkeit führt zu einer deutlichen Erhöhung der Produktivität des Ätzprozesses und die Durchlaufgeschwindigkeit kann somit hoch gehalten



Abb. 3: Die quer eingebauten Düsenrohre lassen sich zu Wartungsarbeiten einfach und schnell ausbauen

ten werden. Auch intensive laufende Qualitätskontrollen bezüglich dieser Thematik und das sonst oft noch notwendige Nachätzen als gesonderter Durchlauf entfallen.

Mit einher geht eine deutliche Vereinfachung der Anlagen. Vor allem im Bereich der Feinstleiter können mit dieser neuen Technologie verschiedene bisher notwendige steuerungstechnische Ergänzungen eingespart werden. Es sind keine oszillierende Düsenstöcke mehr notwendig, auch auf intermittierende Sprühdüsenkonzepte mit unterschiedlich geregelten Sprühdrukken kann mit der Vakuumtechnik verzichtet werden. Vor allem die Bauweise der Anlagenmodule ließ sich mit der Vakuumtechnik vereinfachen. Da die Absaugung und die Ätzung simultan in derselben Kammer erfolgen, können die Düsenstocksysteme nun quer eingebaut werden. Das vereinfacht zum einen die Handhabung, denn durch einen Bajonettverschluss lassen sich diese Düsenrohre problemlos und schnell wechseln (Abb. 3). Diese Anordnung ist konstruktiv bedingt wartungsärmer, da auch keine Oszillation mehr benötigt wird. Damit erübrigen sich längskonstruierte Düsenstöcke mit ihren jeweils einzeln zu regelnden Sprühdrukken. Dies war in der Vergangenheit notwendig, um eine ausgeglichene Verteilung des Ätzmediums, auf der Platte zu gewährleisten.

Somit liegen die Vorteile dieser neuen Technologie auf der Hand: Keine Pfützenbildung, gleichmäßige Verteilung des Ätzmediums, vereinfachte Bedienung und vor allem eine praktische Modulbauweise und erhöhte Wirtschaftlichkeit.

Elektronische Überwachung der Durchflussmenge

Durch die quer zur Durchlaufrichtung installierten Düsenrohre lässt sich jetzt auch problemlos eine elektronische Überwachung der Durchflussmenge für jedes einzelne Düsenrohr realisieren. Für den Anwender ist sofort erkennbar, an welchem Düsenrohr eventuell Abweichungen auftreten. Entsprechend schnell und zielgerichtet kann er reagieren. Wenn im Alltagsbetrieb doch einmal eine Düse verstopft, dann lässt sich dieses Problem innerhalb weniger Sekunden beheben. Da alle Düsenrohre mit Bajonettverschlüssen versehen sind, sind dafür auch keine aufwändigen und damit auch zeitraubenden Umbaumaßnahmen erforderlich.

Die Zukunft der Vakuum-Ätz-Technologie

In der Vakuum-Ätz-Technologie liegt für die Zukunft der Leiterplattenherstellung ein enormes Potential. Sie wird umso wichtiger, weil Fein- und Feinstleiterstrukturen immer höhere Ansprüche an die Ätztechnologie stellen und stellen werden. Versuch mit Leiterbildstrukturen $<50 \mu\text{m}$ zeigten beachtliche Resultate. Hier bestehen noch Möglichkeiten für den inländischen und vor allem den ausländischen Markt, die sich im Augenblick kaum überschauen lassen.



Dietmar Seifert

Ein Entwicklungsteam der *Pill GmbH* arbeitet stetig an der Weiterentwicklung der Technologie und versucht zum Beispiel herauszufinden, inwieweit sich die Grenzen der Technologie bei Dickkupferschaltungen, verschiedener Chemie und verwendeten Materialien weiter verschieben

lassen. „Leitziel unserer Entwicklung ist die Leiterplattenherstellung durch die Vakuum-Ätz-Technologie im Einsatz mit verschiedener Chemie immer sauber zu kontrollieren und dabei eine Gleichmäßigkeit bei allen Kupferschichtdicken und höchste Qualität zu für unsere Kunden zu erreichen.“, so der zuständige Entwicklungsleiter *Dietmar Seifert*.

Eisen(III)chlorid als Trend?

Als weiteres Ätzmittel im fototechnischen Strukturierungsprozess stellt Eisen(III)chlorid eine zukunftssträchtige Erweiterung des Spektrums dar. Versuche mit diesem Ätzmedium sind daher auch ein sehr interessanter Ansatz von *Pill*. Untersuchungen und individualisierte Kundenprojekte werden von dem Entwicklungsteam derzeit weiter forciert. Vor allem in Asien wird dieser Werkstoff wieder vermehrt eingesetzt und nachgefragt. Erste Forschungsansätze und Versuche sind gemacht, und an der Perfektionierung hinsichtlich einer breiteren Markteinführung wird mit Nachdruck gearbeitet.

Kostenvorteile

Die beiden Hauptvorteile der Vakuum-Ätz-Technologie – korrekturfrees Ätzen und vor allem die daraus resultierende kompakte Bauweise – haben einen

positiven preislichen Effekt auf die Gesamtsysteme. Bisher stehen dem Technologieverfahren nur aufwändige Prozessschritte beziehungsweise Korrekturverfahren gegenüber, die in Sachen Wirtschaftlichkeit den Kürzeren ziehen. Die Nachfrage nach der Vakuum-Ätz-Technologie steigt und vor allem auf dem asiatischen Markt hat sich die Technologie inzwischen etabliert. Sie gilt als eine optimale Standardlösung für sauberes und genaues Ätzen auch im Großdurchlauf. Vor allem die praktische Modulbauweise mit einzeln entnehmbaren und natürlich auch auswechselbaren Düsenrohren, kommt einer industriellen Fertigung entgegen.

Kontaktadressen

Dietmar Seifert, Pill GmbH, Industriestraße 7, 71549 Auenwald, Tel. 07191/3552-0, Fax -35, info@pill-germany.com, www.pill-germany.com
Dipl.-Ing., Dipl.-Betriebswirt Volker Feyerabend, APROS Int. Consulting + Firmenservices, Brühlstraße 32, 72800 Eningen u. d. Achalm, Tel. 07121/98099-11, Fax -19, www.APROS-Consulting.com, www.APROS-Services.de