

Vakuum-Ätztechnologie

- verbesserte Technik für feinste Strukturen

Anlagenbauer Pill mit revolutionärem Gesamtkonzept
- Absaugung verhindert „Pfützeneffekt“

(as) Beim Leiterbahnätzen handelt es sich insbesondere, wenn es um die Erzeugung von Feinstleiterstrukturen geht, um einen äußerst sensiblen Prozessschritt innerhalb der Leiterplattenfertigung. Besonders kritisch ist z.B. die oft unkontrollierbare Unterätzung, die zu abweichenden Leiterbahnbreiten führen kann. Ideal sind möglichst steil geätzte Leiterbahnflanken, die den Layoutvorgaben genau entsprechen. Um dieses Ziel zu erreichen, war bisher ein hoher anlagentechnischer Aufwand nötig. Trotz aller Finesse bei der Konzeption der Düsenstöcke blieb aber ein Grundproblem bestehen: In der Mitte des Leiterplattennutzens bildet sich in horizontalen Durchlaufanlagen auf der Platinenoberseite fast schon zwangsläufig eine Ätzmittel-Pfütze. Dieser Effekt führt zu höchst unterschiedlichen Ätzraten auf der Plattenoberseite auch im Vergleich zur Plattenunterseite, wo sich naturgemäß keine Pfütze bilden kann. Gerade für die Erzeugung von Feinstleiterstrukturen kommt es oft zu inakzeptablen Toleranzüberschreitungen. Der renommierte Anlagenbauer Pill mit Sitz in Auenwald bei Stuttgart hat sich den Ursachen dieser Problematik angenommen und mit der so genannten Vakuum-Ätztechnologie ein völlig neuartiges Ätzkonzept entwickelt, das den Pfützeneffekt von vornherein vermeidet und so eine extrem gleichmäßige Leiterbahnätzung ermöglicht.

Der Ätzprozess gehört zu den grundlegenden Arbeitsschritten in der Leiterplattenfertigung. Das kupferkaschierte Basismaterial wird zunächst mit einem ätzbeständigen Resist beschichtet, der in den darauf folgenden Arbeitsschritten fototechnisch strukturiert wird. Anschließend wird das



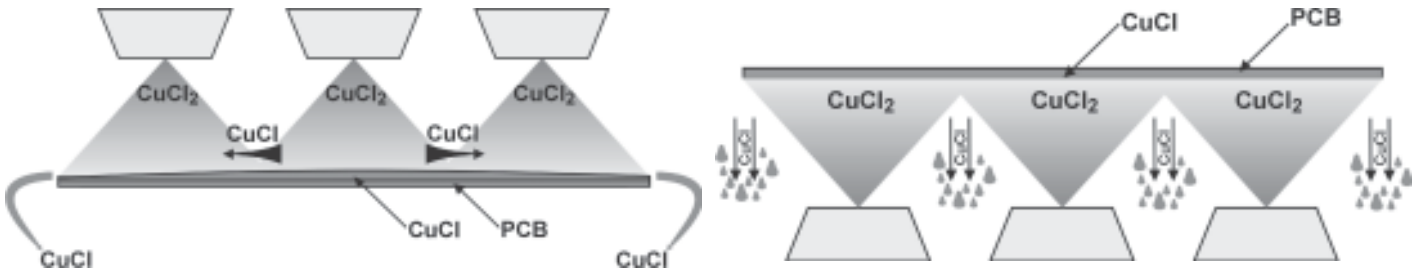
kompaktes Ätzmodul
für die Feinleiter-Produktion:
Vacu-Etch von Pill

gewünschte Leiterbild erzeugt indem das überflüssige, ungeschützte Kupfer abgeätzt wird. Übrig bleiben die Leiterbahnen und Bauteillandeflächen. Was sich allerdings in wenigen Worten beschreiben lässt, ist in der Praxis alles andere als einfach. Insbesondere bei feinen Leiterbildstrukturen sind die Toleranzgrenzen so eng gesteckt, dass eigentlich kein Spielraum mehr bleibt – ein möglichst gleich-

mäßiges Ätzergebnis ist deshalb oberstes Ziel. Dem stehen jedoch einige grundlegende physikalische Hemmnisse im Wege. Da aus Kostengründen – Stichwort Automatisierung – vorwiegend horizontale Durchlaufanlagen zum Einsatz kommen, weisen die Plattenober- und die Plattenunterseite in der Regel unterschiedliche Ätzergebnisse auf. Nimmt man auch die Plattenoberseite genauer unter die Lupe



Blick in die Ätzkammer: oben Düsenstöcke, unten Absaugeinheiten zwischen den Transportrollen



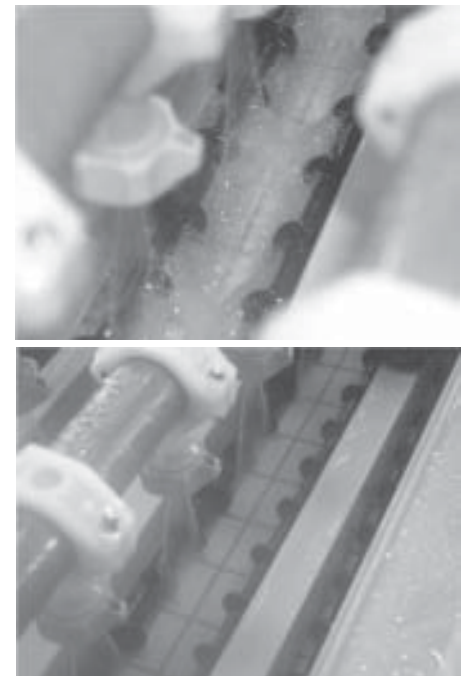
Die Verhältnisse beim konventionellem Ätzen: Auf der Mitte der Plattenoberseite (links) tritt der „Pfützeneffekt“ auf. Es kommt zu einem verzögerten Austausch der Ätzlösung, was zu ungleichmäßigen Ätzraten führt. Auf der Plattenunterseite (rechts) erfolgt dagegen ein schneller Austausch der Lösung mit Hilfe der Schwerkraft. Sowohl in der Plattenmitte als auch an den Rändern ist die Ätzrate dadurch gleichmäßiger.

so zeigen sich z.T. erhebliche Schwankungen hinsichtlich der Ätzrate zwischen Plattenrand und der Mitte des Nutzens – am Plattenrand erfolgt eine schnellere Ätzung als in der Plattenmitte. Das bleibt natürlich nicht ohne Folgen: Insbesondere die am Plattenrand verlaufenden Leiterbahnen weisen eine größere Unterätzung auf als die Strukturen in der Mitte des Fertigungsnutzens. Selbst die aufwändige Layoutkorrektur, durch die die unterschiedlichen Ätzraten ausgeglichen werden sollen (die Leiterbahnen an den Plattenrändern, werden hierbei leicht verbreitert) versagt angesichts der engen Toleranzen im Feinleiterbereich.

Die Ursache für diese unterschiedlichen Ätzraten liegt auf der Hand. Der Lösungsaustausch ist am Rand der Leiterplattenoberseite besser, da hier das Ätzmedium leichter wieder abfließen kann. In der Plattenmitte bildet sich hingegen ein „Ätz-

mittelsee“. Der Lösungsaustausch ist dort deutlich geringer mit der Folge, dass auch die Ätzrate an diesen Stellen geringer als am Rand oder auf der Plattenunterseite ist, wo das Ätzmedium einfach abfließen oder abtropfen kann. Dieser Pfützeneffekt lässt sich in der Praxis kaum vermeiden, denn schließlich sorgen schon die Transportrollen dafür, dass die Ätzflüssigkeit schwieriger abfließen kann und sich zwischen den Rollen staut. Diese Tatsache wirkt sich insbesondere in der Großnutzenfertigung und bei der Erzeugung von Feinleiterstrukturen negativ aus. Selbst durch besondere anlagentechnische Maßnahmen wie z.B. individuell regelbare Düsenrohre parallel zur Transportrichtung, oszillierende Düsenstöcke bzw. korrigierende Nachätzsysteme lässt sich diese Problematik nur mit großem technischen Aufwand in den Griff bekommen. Ziel muss es also sein, den Pfützeneffekt von vornherein zu vermeiden. Der

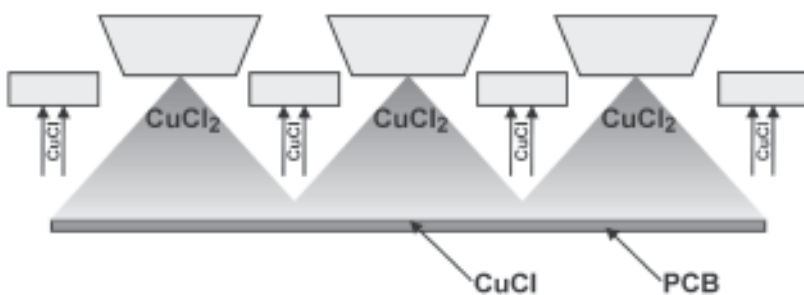
renommierte Anlagenbauer Pill mit Sitz in Auenwald im Südwesten Deutschlands bietet seit Ende letzten Jahres ein anlagentechnisches Gesamtkonzept, das den Flüssigkeitsaustausch auf der Plattenober-



oben: ohne Absaugung; unten: mit Vakuumentchnik - keine Pfützen auf der Leiterplattenoberfläche

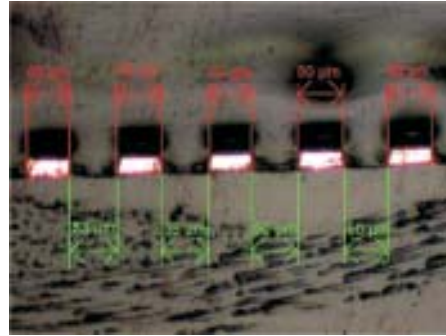
seite dadurch verbessert, indem das überschüssige, gebrauchte Ätzmedium einfach abgesaugt wird, so dass sich erst gar keine Pfütze bilden kann – das so genannte Vakuum-Ätzen war eingeführt. Die erste Anlage wurde auf der letzten Productronica in München dem Fachpublikum vorgestellt. Untersuchungen durch Leiterplattenhersteller haben in der Zwischenzeit gezeigt – mit der Vakuum-Ätztechnik lässt sich mit relativ geringem steuerungstechnischen Aufwand ein hervorragendes Ergebnis erzielen. Über die gesamte Ätzfläche hinweg aber auch beim Vergleich von Plattenober- zu Plattenunterseite konnten extrem gleichmäßige Ätzraten realisiert werden.

Vakuum Ätz-Technologie Hydrodynamische Effekte

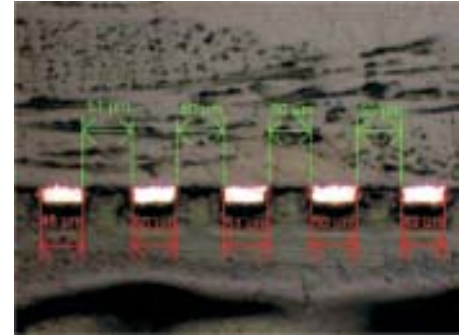


- Keine Pfützen mehr in der Mitte
- Gleichmäßiger Austausch der Lösung
- Einheitliche Ätzraten in der Mitte/am Rand

Das Prinzip der Vakuum-Ätztechnologie ist so einfach wie bestechend. In der Ätzkammer sind nicht nur die Sprühdüsen angeordnet sondern zwischen den Düsenrohren, in relativ geringem Abstand zur Leiterplattenoberfläche zusätzlich auch Absaugeinheiten, die das verbrauchte Ätzmedium aufnehmen und in einem geschlossenen Kreislauf wieder dem Modultank zuführen. Der Begriff Vakuum führt dabei etwas in die Irre, denn das System arbeitet lediglich mit einer relativ geringen Saugleistung – der so erzeugte Unterdruck ist gerade ausreichend um Ätzmittelpfützen, wie sie in üblichen Durchlaufanlagen zwischen den Transportrollen immer entstehen können zu verhindern. Selbst dünnste Innenlagen werden nicht



Ätzergebnisse auf der Plattenober- bzw. Unterseite: Leiterbahnbreiten/-abstände 50 µm - einheitliches Ätzen der Platinen in einem Ätzdurchgang



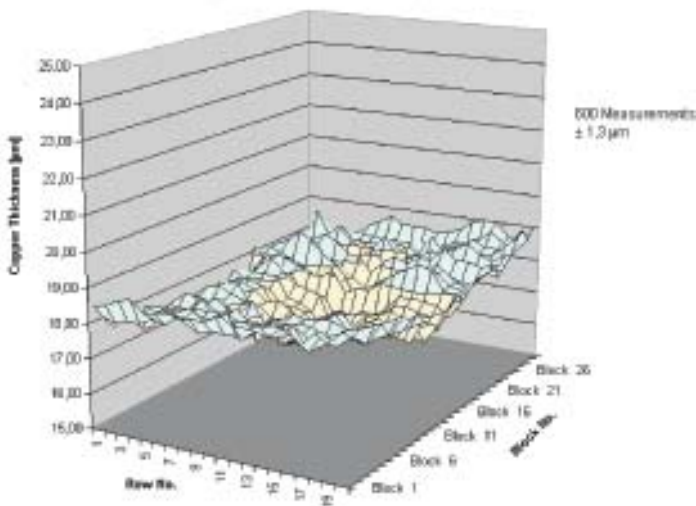
ditionellen Anlagenkonzepten – kaum noch feststellbar.

Auch die Qualität der auf diese Weise erzeugten Leiterzüge kann sich sehen lassen: Umfangreiche Untersuchungen durch Pill gemeinsam mit verschiedenen Leiterplattenherstellern haben gezeigt, dass die neue Vakuum-Ätztechnologie steilere Ätzflanken ermöglicht, die damit noch genauer den Layoutvorgaben entsprechen. Sowohl der Schrumpffaktor, der den seitlichen Angriff des Ätzmediums unter dem Resist wieder spiegelt als auch der Ätzfaktor, der die Steilheit der Leiterflanken beschreibt, weisen hervorragende Werte auf. Freilich wirken sich auf das eigentliche Ätzergebnis eine ganze Reihe zusätzlicher Faktoren aus, die sich durch die Anlagentechnik kaum beeinflussen lassen. So spielen

insbesondere die Dicke des Resists, die Qualität des Belichtungs- und Entwicklungsprozesses eine große Rolle sowie selbstverständlich auch die Dicke der zu ätzenden Kupferkaschierung. Letztlich wird nach Einschätzung von Pill nur rund 50 Prozent des Ätzergebnisses von der Ätzanlage bzw. dem Medienaustausch beeinflusst. Projektleiter Oliver Briel betont jedoch: „Diese 50 Prozent haben wir im Griff, wie die ersten Praxisergebnisse eindrucksvoll zeigen.“

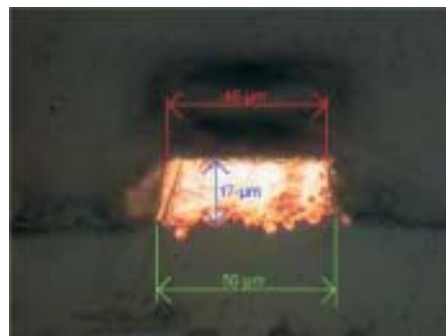
Die Vakuum-Ätztechnologie hat aber noch weitere Vorteile. Zum einen kann die Kapazität der Ätzanlage besser ausgenutzt werden. Die Produktivität des Ätzprozesses steigt, da die höhere Ätzgeschwindigkeit auch zu kürzeren Durchlaufzeiten führen kann. Zusätzlich entfällt auch das ansonsten oft übliche Nachätzen, da gleich beim ersten Durchlauf gleichmäßige Ätzergebnisse erzielt werden. Auf der anderen Seite kann gleichzeitig der steuerungstechnische Anlagenaufwand reduziert werden. Feinstleitertaugliche Ätzsysteme lassen sich auf einfache Weise realisieren, da nunmehr keine oszillierenden Düsenstöcke mehr nötig sind. Auch intermittierende Sprühdüsenkonzepte mit unterschiedlich geregelten Sprühdrukken entfallen beim Einsatz der Vakuumtechnik. Die oft üblichen unter-

Etching with extraction system



Schichtdickenschwankungen unter 1 µm

angesaugt und können mit höchster Präzision bearbeitet werden. Da Pill die Absaugleisten mit den oberen Fixierrollen des Transportsystems gekoppelt hat, wird sichergestellt, dass automatisch der optimale Abstand zwischen Absaugung und Leiterplattenoberfläche eingehalten wird – unabhängig davon ob gerade besonders dicke oder besonders dünne Schaltungen bearbeitet werden. Dadurch lässt sich unabhängig vom Leiterplattentyp eine gleichmäßige Absaugrate erzielen, die naturgemäß auch die besten Ätzergebnisse bringt. Über die gesamte Nutzenfläche hinweg (650 x 650 mm) wurden auf der Plattenoberseite lediglich Schichtdickenschwankungen von $\pm 1 \mu\text{m}$ festgestellt. Ähnlich fällt auch der Vergleich der Plattenober- mit der Plattenunterseite aus: Unterschiede sind – im Gegensatz zu tra-



Ätzfaktor in Abhängigkeit von der Lage: links ein Leiterzug im „Leiterbündel“ auf der Leiterplattenoberseite und rechts ein Leiterzug in exponierter Lage



schiedlichen Sprühdreie sollen schließlich ebenfalls dafür sorgen, dass der Pfützeffekt minimiert wird – diesen Part übernimmt nun die auf relativ einfache Art und Weise zu realisierende Ab-



Elektronische Durchflussmengenmessung: Elektronische Kontrolle aller Sprührohre mit Alarmmeldung bei Abweichungen außerhalb der zulässigen Toleranz

saugung. Damit lassen sich besonders kompakte, kurze Anlagenmodule bauen, zumal Absaugung und Ätzung simultan in derselben Kammer erfolgen. Ein wichtiger Nebeneffekt des Pill-Systems ist, dass nun die Sprührohre auch quer zur Durchlaufrichtung angeordnet werden können. Bei konventionellen, feinleitertauglichen Düsenstocksystemen mussten die Sprührohre in der Regel längs zur Durchlaufrichtung

angeordnet sein, um unterschiedliche Sprühdreie am Plattenrand im Vergleich zur Plattenmitte zu ermöglichen. Quer zur Durchlaufrichtung angeordnete Düsenrohre lassen sich jedoch erheblich einfacher warten und innerhalb kürzester Zeit austauschen. Auch lässt sich durch diese Anordnung problemlos eine elektronische Überwachung der Durchflussmenge für jedes einzelne Sprührohr realisieren. Der Anwender kann sofort erkennen, an welchem Sprührohr ggf. Abweichungen auftreten und entsprechend zielgerichtet und schnell reagieren. Verstopft im Alltagsbetrieb doch einmal eine Düse, lässt sich das Problem innerhalb weniger Sekunden, und da

die Sprührohre mit einem praktischen Bajonettverschluss versehen sind auch ohne große Umbaumaßnahmen beheben.

Das Zukunftspotenzial der Vakuum-Ätztechnologie ist enorm, denn das Verfahren eignet sich insbesondere für Fein- und Feinstleiterstrukturen. Erste Versuche mit Leiterbildstrukturen unter 50 μm verliefen vielversprechend. Inwiefern sich diese

Technik auch für Dickkupferschaltungen eignet, wird zur Zeit noch untersucht, jedoch spricht bislang nichts dagegen. Interessant sind die Untersuchungen, die Pill nicht nur mit konventionellem Kupferchlorid-Ätzmedium durchgeführt hat sondern auch mit Eisen(III)chlorid. Dieses vor allem in Asien zunehmend wieder eingesetzte Medium erfordert zwar längere Behandlungszeiten, weist aber Vorteile hinsichtlich der Flankensteilheit auf – sicher eine interessante Alternative zum bislang üblichen Verfahren, gerade im Feinstleiterbereich. Die Anlagen können auf Wunsch zudem mit einem besonders umweltfreundlichen Regenerationssystem ausgestattet werden: Anstatt mit Peroxid wird die Kupferchloridlösung mit dem Verfahren der Fa. Humleitec mit Luftsauerstoff, d.h. ohne Zugabe von reinem Sauerstoff, reoxidiert - entsprechende Anlagen haben sich in der Praxis bereits seit längerem bewährt.

Pill
Industriestrasse 7
D-71549 Auenwald
Tel. +49 71 91 35 52-0
Fax +49 71 91 35 52-35
info@pill-germany.com
www.pill-germany.com