

Ätzen und Umwelt

Sauberes Ätzen und Spülen

Der vorliegende Artikel behandelt die Auswahl, das Gefahrenpotential, die Umweltverträglichkeit, die Eigenschaften, Anwendungen und die Vor- und Nachteile von Ätzmitteln für die Labor- und Kleinserienfertigung von Leiterplatten.

Quelle:
Firmenschrift Bungard Elektronik



Aus chemischer Sicht lassen sich allgemein zwei Gruppen von Ätzmitteln unterscheiden, nämlich saure und alkalische Medien. Im Bereich der Labor- und Kleinserienfertigung von ein- und doppelseitigen, nicht durchkontaktierten Leiterplatten dominieren bis heute Ätzmittel auf saurer Basis. Die bekanntesten Vertreter dieser Gruppe sind Eisen(III)-Chlorid, Ammonium- und Natriumpersulfat sowie Mittel auf der Basis von Salzsäure/Wasserstoffperoxid. Insbesondere bei der Herstellung von doppelseitigen, durchkontaktierten Leiterplatten in Metallresisttechnik haben die aus Großanlagen bekanntesten ammoniakalischen Medien in jüngerer Zeit auch im Laborbetrieb an Bedeutung gewonnen.

EISEN(III)-CHLORID
Eisen(III)-Chlorid (FeCl_3) ist eines der ältesten Ätzmittel für Leiterplatten. Obwohl es mit der Zeit an Bedeutung verloren hat, scheint es sich heute wegen seiner vergleichsweise unproblematischen Handhabung wieder zunehmender Beliebtheit zu erfreuen, sofern mit ihm ein- oder zweiseitige,

nicht galvanisch durchkontaktierte Leiterplatten hergestellt werden.

Das Produkt vereint die Vorteile einer schnellen und konturenscharfen Ätzung und einer akzeptablen Kupferkapazität. Eisen(III)-Chloridlösung ätzt bereits im kalten Zustand, neigt nicht zur Zersetzung und ist bei Nichtbenutzung nahezu unbegrenzt haltbar. Als größter Nachteil von FeCl_3 gelten die Schlamm- und Verschmutzungsbildung und die Verschmutzung von Anlagen, Kleidung und Arbeitsplatz. Dem wurde jedoch durch konstruktive Maßnahmen an den Ätzmaschinen und durch die Einführung eines Fleckentferners so weit wie möglich und wirtschaftlich vertretbar Rechnung getragen.

Eisen(III)-Chlorid wird in verschiedenen Formen angeboten, sei es als gebrauchsfertige Lösung, als Granulat oder als hochreines und hochreaktives Sublimat. Die gebrauchsfertige Lösung hat meist einen Gehalt von bis zu 45% FeCl_3 . Die im Bezug auf die Kupferkapazität und die Ätzgeschwindigkeit optimale Konzentration liegt erfahrungsgemäß bei 30...35%. Der einfachen Handhabung gebrauchsfertiger Lösung stehen vor allem das hohe Ver-

sandgewicht und Gefahrgutaspekte beim Transport nachteilig gegenüber. Vorteile bieten hier nur spezielle Rezepturen, die auf niedrigem Temperaturniveau und ohne jede Schlamm- und Verschmutzungsbildung arbeiten. Das Sublimat ist mit einem Gehalt von 98...99% FeCl_3 die reinste und ergiebigste Form von Eisen(III)-Chlorid. Seine Handhabung erfordert jedoch erhöhte Vorsicht. Das Produkt ist ausgesprochen hygroskopisch, und neigt stark zur Aufnahme von Wasser (zum Beispiel Luftfeuchtigkeit). Gleichzeitig verläuft die Lösereaktion stark exotherm, das heißt unter Hitzeentwicklung. Bei Hautkontakt besteht Verbrennungs- und Verätzungsgefahr. Das Tragen von säurefesten Handschuhen, Gesichtsschutz sowie einer Schürze sind hier zwingend notwendig. Der Lösevorgang muß schrittweise in einem hitze- und korrosionsbeständigen Gefäß außerhalb der Ätzmaschine erfolgen. Wegen seiner hohen Reinheit und Ergiebigkeit (300...350 g/l Lösung) wird das Sublimat trotz dieser Nachteile gerne verwendet. Das Granulat besteht zu etwa 60% aus FeCl_3 und zu etwa 40% aus Kristallwasser und anderen Stoffen. Der geringere Gehalt an aktiver

Substanz erfordert zwar einen größeren Mengeneinsatz als beim Sublimat, das Granulat reagiert jedoch beim Lösen in Wasser nicht exotherm und ist daher weitaus einfacher zu handhaben. Aus 800 g Granulat 56 %ig und 1 l Wasser erhält man etwa 1,4 Liter 32 %ige Lösung.

In einer wässrigen Lösung von Eisen(III)-Chlorid wird Kupfer zu Kupfer(II)-Chlorid oxidiert, während das Ätzmittel in das geringwertige Eisen(II)-Chlorid übergeht. Bei einer Ansatzmenge von etwa 35 Gewichtsprozent FeCl_3 beträgt das Aufnahmevermögen der Ätzlösung rechnerisch etwa 50 Gramm Kupfer pro Liter. Die Ätzdauer in einer frischen Lösung von etwa 45° C liegt unter optimalen maschinellen Voraussetzungen im Bereich von etwa 2 Sekunden pro 1 μm Kupfer. Sie nimmt mit zunehmendem Verbrauchsgrad zunächst nur langsam, vor Erreichen des Sättigungspunkts aber rapide zu. Die rechnerisch mögliche Kupferaufnahme wird in der Praxis wegen des stark verlangsamten Ätzprozesses und der zunehmenden Unterätzung des Leiterbildes nicht realisiert. Nahe der Sättigungsgrenze neigt das Ätzmittel verstärkt zur Bildung von Eisen- und Kupferchloridschlamm, so daß auch der Zeitaufwand zur Reinigung der Maschine erheblich anwächst. Das Ansteigen der Ätzdauer auf etwa den doppelten Anfangswert markiert daher den wirtschaftlich günstigsten Zeitpunkt, um das Ätzmittel zu erneuern.

Verbrauchte Eisen(III)-Chlorid-Lösung kann mit vertretbarem Aufwand nicht wiederaufbereitet werden. Die Möglichkeit, die Lösung durch Zugabe von Salzsäure zu strecken und gleichzeitig die einsetzende Schlammbildung herauszuzögern, wird in der Praxis kaum angewandt, da dieses Verfahren nur kurzfristig wirksam ist. Ein denkbarer Ansatz zur der nach neuester Sachlage gesetzlich gebotenen Wiederverwertung wären einzig das Eindampfen oder die Fällung der Schwermetalle aus der Lösung und deren anschließende Verhüttung. Diese Verwertungsmöglichkeit ist jedoch erfahrungsgemäß nur in sehr beschränktem Maße anzutreffen. Mangels anderer Alternativen ist die verbrauchte Lösung folglich als Sondermüll zu entsorgen. Um eine Belastung des Arbeitsplatzes durch Ätzmitteldämpfe zu vermeiden, ist auch bei Verwendung von Eisenchlorid eine ausreichende Raumentlüftung notwendig. Die besonders in Sprühätzmaschinen auftretende Aerosolbildung kann zu Schleimhautreizungen führen. Zudem wirken Ätzmitteldämpfe auf im Raum befindliche Metallgegenstände stark korrosiv.

Die Handhabung von Eisen-III-Chlorid in Granulatform ist problemlos. Die

Verwendung des Sublimats unterliegt beim Neuanfang der Ätzlösung einer strengen Sorgfaltspflicht. Das Sublimat empfiehlt sich wegen seiner Ergiebigkeit und seines unproblematischen Ätzverhaltens für die Verwendung in häufig genutzten oder quasi-kontinuierlich betriebenen Laboranlagen. Bezüglich der 'Gefährlichkeit' des eigentlichen Eisen(III)-Chlorids sei am Rande erwähnt, daß es zum Beispiel in Kläranlagen als Flockungshilfsmittel eingesetzt wird. Wegen des Kupfergehalts in der verbrauchten Lösung muß diese jedoch als Sondermüll eingestuft werden. Die Entsorgung ist nach momentaner Sachlage als einfach zu bezeichnen, obwohl bisher keine nennenswerte Möglichkeit für ein Recycling besteht.

AMMONIUM PERSULFAT (APS)

Dieses Ätzmittel wurde Mitte der siebziger Jahre als saubere Alternative zu Eisen(III)-Chlorid propagiert und erlebte so einen regen Aufschwung. Heute ist es im Laborbereich fast vollständig durch das chemisch ähnlich wirkende Natriumpersulfat verdrängt worden, da APS einige gravierende Nachteile im Betrieb und in der Entsorgung mit sich bringt. So neigt APS-Lösung unterhalb bestimmter Temperaturen zur Bildung nahezu unlöslicher kristalliner Ablagerungen. Bei der Entsorgung sowohl des verbrauchten Ätzmittels als auch der Spülwässer behindern die entstehenden Komplexsalze eine Neutralisation und Schwermetallfällung erheblich. Nicht umsonst sind die Entsorgungskosten für Ammoniumpersulfat bis zu zehn mal so hoch wie die für Eisen(III)-Chlorid.

NATRIUM PERSULFAT (NaPS)

Als Ersatz für Ammoniumpersulfat eingeführt, behauptet sich Natriumpersulfat bis heute neben Eisenchlorid als eines der im hier diskutierten Rahmen am weitesten verbreiteten Ätzmittel.

Ein herausragendes Argument für NaPS ist, daß es als eines der wenigen Produkte auf saurer Basis das Ätzen lotplattierter Schaltungen ohne wesentlichen Angriff auf den Zinn/Blei-Resist erlaubt. Auch neigt NaPS nicht zu Schlamm- oder Kristallbildung und hinterläßt als wasserklare, blaßblaue bis grünliche Lösung auch keine grobe Verschmutzung von Anlagen und Arbeitsplatz. Nachteilig wirkt sich aus, daß NaPS praktisch nur im warmen Zustand ätzt und in seiner Leistung hinter anderen Ätzmitteln zurückbleibt. NaPS wird auch gerne zum Desoxidieren von Kupfer verwendet.

Natriumpersulfat wird als weißes kristallines Pulver geliefert. Der die Ätz-

leistung bestimmende Persulfatgehalt unterliegt je nach Lagerungsbedingungen gewissen Schwankungen.

Das Produkt löst sich nur langsam und endotherm in Wasser. Um Klumpenbildung zu vermeiden, sollte es stets außerhalb der Maschine und unter kräftigem Rühren in warmem Wasser (ca. 40 °C) gelöst werden. Die Ansatzmenge beträgt etwa 250 g/l. Die Lösung ätzt praktisch nur im warmen Zustand. Der Reaktion liegt die Umwandlung von Natriumpersulfat in Natriumsulfat und von Kupfer in Kupfersulfat zugrunde. Die optimale Betriebstemperatur liegt bei etwa 45 °C. Bei Badtemperaturen über 60 °C zersetzt sich NaPS unter Abspaltung von Sauerstoff und verliert seine Reaktivität. Obwohl die Lösung rechnerisch etwa die selbe Menge Kupfer wie Eisen(III)-Chlorid aufnehmen kann, zeigt sie in der Praxis eine geringere Standzeit. Dies hat hauptsächlich zwei Gründe. Zum einen sind dies häufige Aufheiz- und Abkühlzyklen in der Ätzmaschine. Diese können durch lokale Überhitzung im Bereich der Heizelemente schnell zu unerwünschtem Reaktivitätsverlust führen. Zum anderen verläuft die Sättigungskurve von Natriumpersulfatlösung steiler. Die Zeit, nach der ein Austausch der Lösung sinnvoll ist, wird daher früher erreicht. Eine unmodifizierte Natriumpersulfatlösung ätzt Kupfer auch in hochwertigen Maschinen nur recht langsam. Die Ätzrate kann unter Umständen nur etwa 5...7 Sekunden pro μm Cu betragen. Ohne weitere Maßnahmen führt diese geringe Ätzgeschwindigkeit zu einer starken Unterätzung der Leiterplatten. Abhilfe ist durch Zugabe eines Katalysators möglich. Dieser reduziert die Ätzdauer der frischen, warmen Lösung auf etwa 3 s/ μm Cu.

Leider kehrt sich an dieser Stelle der große Vorteil des sauberen Arbeitens mit NaPS in seinen größten Nachteil: Ohne Katalysator ist dieses Ätzmittel in modernen Maschinen kaum brauchbar. Der Katalysator hingegen, es handelt sich um etwa 5 mg Quecksilber(II)-Chlorid pro Liter Ätzmittel, ist hochgradig giftig und umweltgefährdend. Er kann nur bedingt und nur unter Inkaufnahme anderer Nachteile durch ungefährlichere Substanzen ersetzt werden. Gleichzeitig beschleunigt der Katalysator auch die thermische Zersetzung der Lösung.

In der neueren Literatur wird zunehmend auf die Möglichkeit verwiesen, das Kupfer elektrolytisch aus der verbrauchten Natriumpersulfatlösung abzuscheiden. Dieser ernstzunehmende Ansatz stellt den kleineren Anwender jedoch hauptsächlich vor anlagentechnische Probleme. Wegen der zum Ende des Vorgangs immer schlechter werdenden Stromausbeute

ist außerdem eine chemisch-physikalische Nachbehandlung unabdingbar, um den Restkupfergehalt der Lösung sicher zu eliminieren. Bei diesem Verfahren muß auf die Verwendung des Katalysators verzichtet werden. Die theoretisch gegebene Verwertbarkeit des zurückgewonnenen Kupfers kann sich in der Praxis als schwierig erweisen. Daher ist zu prüfen, ob es nicht sinnvoller und wirtschaftlicher ist, die verbrauchte Lösung einem spezialisierten Recycling unternehmen zuzuführen. Das verbrauchte Ätzmittel, ob mit oder ohne Katalysator, ist bei fehlender Wiederverwendbarkeit als Sondermüll zu entsorgen. Die Anwesenheit von Quecksilber in der Lösung führt dabei mit Sicherheit zu erheblichen Komplikationen. Die Frage einer angemessenen Luftabsaugung reduziert sich bei sachgemäßer Verwendung von NaPS und bei Betriebstemperaturen um etwa 40 °C vornehmlich darauf, eine Korrosionswirkung auf Metallgegenstände zu verhindern. Die Reizwirkung auf die menschlichen Schleimhäute ist unter diesen Bedingungen eher schwach, der Geruch schwimmbadähnlich. Natriumpersulfat ist eine eher harmlose Substanz. Dies trifft natürlich nur auf die Chemikalie selbst, nicht aber auf das verbrauchte Ätzmittel mit dem

in ihm gelösten Kupfer zu! Absolut kritisch wird die Situation jedoch bei Verwendung von Quecksilber(II)-Chlorid als Katalysator. Dem Vorteil einer sauberen Arbeitsumgebung stehen folglich abfall- und umwelttechnische Nachteile entgegen, denen bei Einführung des Produkts als Ersatz für Ammoniumpersulfat im Laborbereich noch nicht die gebührende Beachtung geschenkt wurde. Übrigens wurde auch dem APS oft derselbe Katalysator zugesetzt. In der Labor- und Kleinserienfertigung ist die Verwendung von NaPS kaum mehr praktikabel. Dies trifft unter Entsorgungsaspekten besonders auf die mit Hg₂Cl aktivierte Lösung zu. Ohne Katalysator fällt NaPS weit hinter problemlosere Chemikaliensysteme zurück. Ausnahmen sind das Anätzen und Desoxidieren der Kupferflächen und die begrenzte Anwendung in der Metallresisttechnik.

**ANDERE
CHEMIKALIENSYSTEME**
Vor allem im Bereich der Großserienfertigung existieren einige weitere, bedeutende Chemikaliensysteme, die im Laborbereich bisher nur wenig verbreitet sind.

○ Kupferchlorid
Dieses auf der Basis von Salzsäure und

Wasserstoffperoxid arbeitende Ätzmittel zählt zu den regenerierbaren Chemikaliensystemen. Das heißt, daß die Lösung durch Zudosieren von Chemikalien im optimalen Arbeitsbereich gehalten werden muß. Die erforderliche automatische Badführung steht aber in keinem wirtschaftlich akzeptablen Verhältnis zu den Investitions- und Betriebskosten einer Labor- oder Kleinserienätzmaschine.

○ Ammoniakalische Ätzmedien
Auch bei der Einführung dieser auf der Basis von Ammoniak und Ammonsalzen aufgebauten, sehr leistungsfähigen Ätzmittel standen anwendungstechnische Belange der Großserienfertigung im Vordergrund. So eignen sich diese Systeme als einzige ohne Einschränkungen für die Herstellung durchkontaktierter Leiterplatten in Metallresisttechnik. Die ammoniakalischen Ätzmittel erfordern zwingend eine vollautomatische Badführung, die sich erheblich auf die Anlagenkosten auswirkt.

(990049-1)rg

Im zweiten Teil des Artikels steht die Behandlung der Spülwässer im Mittelpunkt. Neben dem Einsatz von Spülmaschinen wird eine Methode demonstriert, wie man „abwasserfrei“ spülen kann.

Ätzen und Umwelt

Teil 2: Abwasserbehandlung

Die Bewertung der Umweltverträglichkeit verschiedener Ätzmitteln muß auch die Aufbereitung des beim Spülvorgang anfallenden Abwassers einschließen. Dies gilt um so mehr, als nach neuestem Recht die Grenzwerte für Schwermetalle im Abwasser weiter erheblich gesenkt wurden und konkrete Anforderungen an die abwassertechnische Ausgestaltung der Anlagen gestellt werden.

Die für den Betreiber einer Laborätzmaschine maßgeblichen kommunalen Kleininleiterverordnungen und die Landeswassergesetze orientieren sich bezüglich der Schwermetallkonzentration im Abwasser der Kanalisation weitgehend an der Vorgabe des WHG für direktes Einleiten in ein Gewässer oder fordern sogar schärfere Grenzwerte als den dort etwa für Kupfer genannten Wert von 0,5 mg/l. Unbeschadet dieser Tatsache und der hieraus abzuleitenden Konsequenzen zeigt das folgende Beispiel, wie bedenklich der Versuch wäre, den Kupfergehalt im Spülwasser durch bloßes Verdünnen zu verringern. Unter Berücksichtigung einer Kupfergrenzkonzentration von 0,5 mg/l werden zum Spülen einer mit nur 1 cm³ verbrauchter Eisenchloridlösung benetzten Platine mehr als 100 Liter Wasser benötigt. Darüber hinaus ist auch der Eisengehalt des Abwassers limitiert.

Im Vordergrund stehen bei der Spültechnik nach neuester Gesetzgebung Einrichtungen und Verfahren, die Sonderabfall vermeiden und die Abwassermenge verringern. Hierzu zählen unter anderem Anlagen zur elektrolytischen Spülwasserentgiftung sowie Anlagen, die eine Kreislaufführung des Spülwassers ermöglichen, wie zum Beispiel Ionenaustauscher.

○ **Hauseigene Wasseraufbereitung**
In vielen Unternehmen bestehen im Zusammenhang mit der Herstellung von Leiterplatten oder mit Galvanikanwendungen bereits Installationen zur Abwasserbehandlung. Die Spülwässer aus sauren, nicht jedoch solche aus ammoniakalischen Ätzlösungen können in der Regel einer solchen hauseigenen Anlage direkt zugeführt werden. Dort werden die Schwermetalle meist alkalisch gefällt und die Restkonzentrationen über Ionenaustauscher eliminiert.

○ **Standspüle**
Die Standspüle stellt eine der einfachsten, aber gerade für einen diskontinuierlichen Laborbetrieb geeignete Methoden dar, die Abwassermenge zu begrenzen und ihre Behandlung zu vereinfachen. Sie arbeitet, wie auch die meisten der im angesprochenen Rahmen üblichen Ätzmittel, chargenweise und stellt meist die erste Behandlungsstufe für die zu spülenden Platten dar. Das in der Standspüle befindliche Wasser wird zum Beispiel mit Natriumhydroxid oder Kalkmilch auf etwa pH 10 eingestellt. Die in das Spülwasser verbrachten sauren Ätzmittelreste fallen in der alkalischen Lösung als Hydroxide aus. Die Einhaltung ausreichender Verweilzeiten und ein konstanter pH-Wert in der Standspüle sind für eine abwassergerechte Entgiftung der Platten von entscheidender Bedeutung. Der Inhalt der Standspüle kann chargenweise zusammen mit der verbrauchten Ätzlösung entsorgt werden.

○ **Umlaufspüle**
Anders als in der Standspüle wird bei diesem besonders für Durchlaufätzanlagen geeigneten Verfahren das Spülwasser mit einer Pumpe im Kreislauf geführt. Wegen des höheren Aufwands zur Badpflege und Filtration der Fällungsprodukte erfordert eine Umlaufspüle oft bereits eine automatische Regelung. Das getrocknete und verdichtete Filtrat muß ebenso wie die verbrauchte Ätzlösung entsorgt werden.

Dünne Leiterbahnen!

Der Gebot der Abfallvermeidung ist elementarer Bestandteil der neueren Gesetzgebung. Auf diesen bisher kaum angesprochenen, weil auf den Entwurf der Leiterplatten zurückwirkenden Aspekt soll abschließend noch kurz eingegangen werden. Unter dem Gesichtspunkt einer Standzeitverlängerung der Ätzlösung und damit der Abfallvermeidung und der Reduzierung von Entsorgungskosten erlangt auch und gerade die Wahl eines Basismaterials mit möglichst geringer Kupferauflage erhebliche Bedeutung. Vielfach bleibt nämlich bei der Entwicklung einer

Schaltung unberücksichtigt, daß die zu erwartende Stromlast auf den Leiterbahnen weit hinter der für eine bestimmte Kupferauflage maximal vertretbaren zurückbleibt. So ist zum Beispiel schon eine 1 mm breite und 18 µm starke Leiterbahn mit 1 A belastbar, ohne daß sie sich im Betrieb nennenswert erwärmt (Temperaturanstieg gegenüber der Umgebung etwa 10 °C). Allein dadurch, daß man auch für ein- oder zweiseitige, nicht durchkontaktierte Schaltungen mit niedriger Stromlast Basismaterial mit 18 µm Cu-Auflage verwendet, verlängert sich die Standzeit des Ätzmittels erheblich. Hinzu kommt, daß sich unter sonst gleichen Arbeitsbedingungen auch die Ätzzeiten halbieren und wesentlich feinere Strukturbreiten reproduziert werden können.

○ Abwasserfreies Spülen

Diese etwas irritierende Bezeichnung steht für ein Verfahren, das gerade im Bereich der Labor- und Kleinserienfertigung mit einfachen Mitteln der Maßgabe, Spülwasser einzusparen, schon sehr nahe kommt. Es basiert auf der Idee, das Spülwasser so lange zu benutzen, bis die Spülqualität der Platten nicht mehr ausreicht. Das 'verbrauchte' Spülwasser wird gesammelt und zum Neuansatz von Ätzmittel sowie zur Ergänzung von Verdunstungsverlusten verwendet. Die Durchführbarkeit der abwasserfreien Spültechnik hängt von einigen elementaren Voraussetzungen ab. Zunächst ist es erforderlich, ein Ätzmittel zu verwenden, das durch Lösen in Wasser angesetzt wird. Flüssige

Rezepturen scheiden hier von vornherein aus, so daß im wesentlichen nur NaPS und FeCl₃ in Frage kommen. Der Grad der Verschmutzung des Spülwassers hängt stark von der in die Spüle eingebrachten Menge ab. Dies setzt eine verschleppungsarme Anlagentechnik beziehungsweise ausreichende Abtropfzeiten voraus. Zuletzt entscheidet auch die Kupferaufnahme und damit die Standzeit der Ätzlösung darüber, ob die Spülwassermenge in einem akzeptablen Verhältnis zur Wassermenge beim Ätzmittelneuansatz steht. Natürlich muß je nach Einsatzbedingungen und Anlagentechnik damit gerechnet werden, daß ein Überschuß an Spülwasser anfällt. Geringe Mengen können aber dem zu entsorgenden Ätzmittel beigegeben

werden. Größere Überschüsse können eingedampft oder unter Verwendung eines anorganischen Flockungshilfsmittels alkalisch entgiftet werden. Auch bei dieser Methode ist es erforderlich, den pH-Wert des Spülwassers und die Schwermetallkonzentrationen im neutralisierten Spülwasserüberschuß zu kontrollieren. Dazu existieren jedoch einfach zu bedienende, relativ preiswerte physikalische oder chemische Testmöglichkeiten. Eine aktuelle Form der abwasserfreien Spültechnik verwendet zur Entgiftung und zur Standzeitverlängerung des Spülwassers eine Elektrolysezelle.

○ Kaskadenspülung

Die Kaskadenspülung bedient sich des Konzentrationsgefälles von Schwer-

Leiterbahn- und Lötungen-Mindestabstände

Schutzart	Betriebsspannung in Volt		Isolationsgruppe									
	AC	DC	A ₀ L	A K	B L	C K	D L	K	L	K	L	K
Ohne nachträgliche Lackierung	125	150	0,25	0,35	0,4	0,5	1,0	2,0	1,6	3,0	2,5	5,0
	250	300	0,5	0,7	0,8	1,0	1,6	3,0	2,5	4,0	3,5	10,0
	380	450	0,8	1,1	1,2	1,5	2,4	4,0	3,5	6,0	5,0	10,7
Mit nachträglicher Lackierung	250	300					0,8	1,0	0,8	1,0		
	380	450					1,2	1,5	1,2	1,5		

Isolationsgruppen:

A₀: klimatisierte oder saubere und trockene Räume

A: gepflegte Räume

B: Räume mit wenig Staub und Feuchtigkeit

C: gewerbliche und industrielle Räume

D: starke Verschmutzung und Feuchtigkeit

Alle Abstände in mm

L = Luft, K = Kriechstrecke

metallionen in mehreren aufeinanderfolgenden Spülstufen. Das Verfahren ist im Bereich der Labor und Kleinserienfertigung nicht sehr weit verbreitet. Es eignet sich besonders für alkalische Ätzen, da es bei korrekter Anwendung verhindert, daß komplexierte Kupfersalze ins Abwasser gelangen.

RESUME

Der Zielkonflikt zwischen Umweltverträglichkeit und Effizienz ist beim Ätzen von Leiterplatten im Bereich der Labor und Kleinserienfertigung zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur unbefriedigend gelöst. Dies betrifft vor allem die Entsorgung der verbrauchten Ätzmittel. Für die Spülwasseraufbereitung saurer Medien existieren auch im Kleinmaßstab akzeptable Lösungen. Vollständig wieder aufbereitbare, aber ohne Dosier- und Regenerieraufwand zu betreibende Ätzmittel für die Labor- und Kleinserienfertigung sind am Markt nicht verfügbar. Es existieren jedoch Denkansätze und im Bereich der Großanlagen auch Lösungen für eine Rückgewinnung von elementarem Kupfer oder für eine Wiederverwendung von Kupfersalzen. Ein Durchbruch dieser teilweise recht eleganten, teilweise eher umständlichen Ätzmethoden ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht absehbar. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, daß die in solchen Ätzlösungen enthaltenen Kupfersalze oft nach entsprechender Aufbereitung durch Drittfirmen zum Beispiel als Zusätze für Tiernahrung oder als Mittel zur Schädlingsbekämpfung in Weinbergen vermarktet werden, von wo sie ungehindert ins (Ab-) Wasser gelangen!

Eine kritische Bewertung zeigt, daß Maßnahmen zum Umweltschutz beim Ätzen im Kleinmaßstab bisher eher passiver Natur sind. Aber auch die Fremdvergabe der Muster- und Kleinserienfertigung kann, von Fragen der schnellen Verfügbarkeit und des Preises abgesehen, zum jetzigen Zeitpunkt nur eine Verlagerung, aber keine Lösung des Problems darstellen.

In Ermangelung tragfähiger Innovationen bleibt dem Kleinanwender im Moment folglich nur die Entscheidung für oder gegen eines der etablierten Ätzmittel. Diese 'Wahl des kleineren Übels' wird neben der Forderung nach kurzen Ätzzeiten und präzisen Ergebnissen maßgeblich von folgenden Kri-

terien bestimmt:

- ✗ hohe Kupferaufnahme
- ✗ lange Standzeit der Lösung
- ✗ geringes Gefahrenpotential
- ✗ problemlose Spülwasserentgiftung
- ✗ einfache und preiswerte Entsorgung
- ✗ Eignung für alle Maschinentypen

Angesichts des Wandels im Problembewußtsein der Anwender ist anzunehmen, daß sich mittelfristig eine Form der direkten Kupferrückgewinnung aus einfach zu handhabenden Ätzmitteln auch oder gerade am Markt für Laboranlagen etablieren wird - die zunehmend strengeren Vorschriften und steigenden Entsorgungskosten

erfordern dies beinahe zwangsläufig. Unter diesem Aspekt verdienen schon heute die Ätzmittel auf der Basis von Kupferchlorid oder -sulfat als interessante Alternative zu nicht oder nur schlecht wiederverwertbaren Ätzmitteln wie Eisen(III)-Chlorid besondere Beachtung.

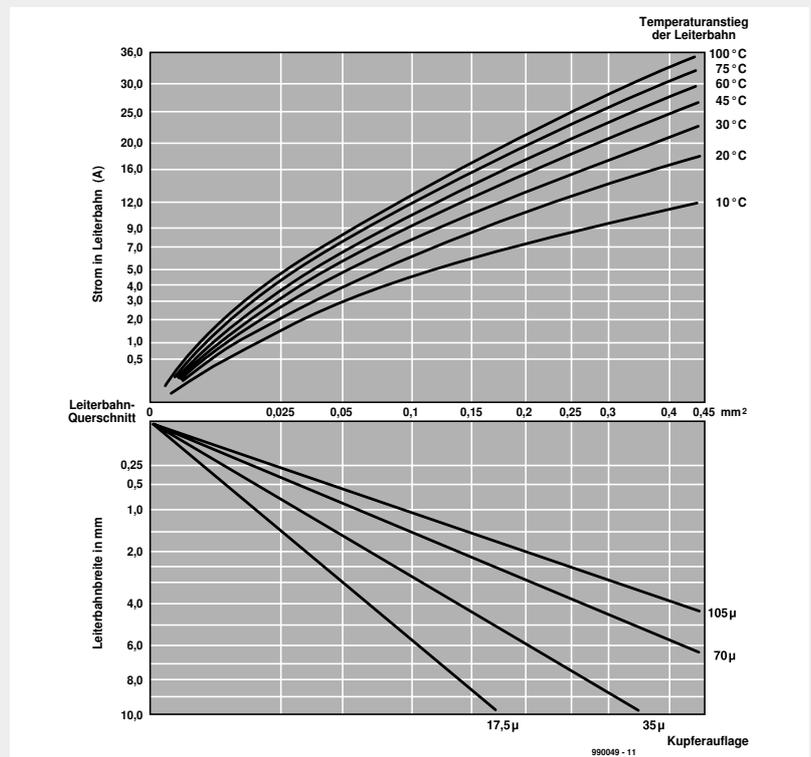
(990049-2)rg

Aus:

Ätzen und Umwelt
Firmschrift Bungard Elektronik
Rilkestraße 1
51570 Windeck
Tel.: 0 22 92 / 50 36
FAX: 0 22 92 / 61 75

Strombelastbarkeit von Cu-Leiterbahnen auf Basismaterial

Bei einer Leiterbahnbreite von 1,5 mm auf 35 µm Kupfer erwärmt sich die Bahn bei einem Strom von 3 A auf etwa 10 °C über Raumtemperatur. Die Werte können aufgrund von Einbaurage der Platine, der Umgebung und der Luftbewegung stark differieren.



Anzeige