

NASSCHEMISCHES ÄTZEN – GRUNDLAGEN

Bevor in weiter führenden Kapiteln auf spezifische Fragestellungen zum nasschemischen Ätzen bestimmter Stoffe eingegangen wird, möchte dieses Kapitel zunächst für ein besseres Verständnis die entsprechenden chemischen Grundlagen zu Säuren, Basen und dem prinzipiellen Ablauf des Ätzens erläutern.

Säuren und Basen: Oxidation und Reduktion

Die Autoprotolyse von Wasser

Reines Wasser enthält über die thermisch aktivierte endotherme Autoprotolyse $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ bei Raumtemperatur ca. 10^{-7} mol Oxonium- (H_3O^+) und Hydroxid- (OH^-) Ionen je Liter, was gemäß

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+]$$

einem als neutral definierten pH-Wert von 7 entspricht. Der Grad dieser Autodissoziation nimmt mit der Temperatur zu, so beträgt der pH-Wert von 100°C heißem Reinstwasser bereits ca. 6, entsprechend einer bezogen auf Raumtemperatur zehnfach erhöhten H_3O^+ -Konzentration.

Säuren

Säuren als Protonendonatoren erhöhen in wässrigen Lösungen über die Abgabe (Dissoziation) von Protonen (Bsp. Salzsäure: $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) die Konzentration an H_3O^+ -Ionen, wodurch der pH-Wert sinkt. Ein Maß für die Stärke einer Säure ist der Dissoziationsgrad in wässrigen Lösungen, der über den pK_s -Wert

$$\text{pK}_s = -\log_{10} \left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{dissoziierte Säure}^-]}{[\text{undissoziierte Säure}]} \right)$$

definiert ist. Sehr starke Säuren wie HClO_4 , HI, HCl oder H_2SO_4 sind als wässrige Lösung nahezu vollständig dissoziiert. Die starke Tendenz von H_3O^+ -Ionen, Protonen abzugeben bzw. Elektronen aufzunehmen, begründet die oxidierende Wirkung von Säuren.

Basen

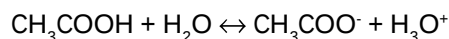
Basen als Protonenakzeptoren erhöhen in wässrigen Lösungen die Konzentration an OH^- -Ionen. Nach dem Massenwirkungsgesetz bleibt bei gegebener Temperatur das Produkt $[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ konstant, so dass die H_3O^+ -Konzentration sinkt, folglich der pH-Wert steigt. Analog zu Säuren lässt sich die Stärke einer Base in wässrigen Lösungen definieren gemäß

$$\text{pK}_B = -\log_{10} \left(\frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{dissoziierte Base}^+]}{[\text{undissoziierte Base}]} \right)$$

Die Tendenz der OH^- -Ionen, ein Elektron abzugeben, begründet die reduzierende Wirkung von Basen.

Konjugierte Säuren- und Basenpaare

Die Abgabe von Protonen durch Säuren bzw. die Aufnahme von Protonen durch Basen ist reversibel, wodurch sich ein konzentrations- und temperaturabhängiges Gleichgewicht einstellt, wie am Beispiel verdünnter Essigsäure über folgende Gleichung ausgedrückt:



Wasser als Base nimmt das Proton der Essigsäure auf, während bei der Rückreaktion das Acetat-Ion als Base das Proton des als Säure fungierenden Oxonium-Ions aufnimmt. Im System Essigsäure und Wasser stehen somit zwei konjugierte Säure-Base-Paare miteinander im Gleichgewicht.

Zahlenbeispiele für pH-, pK_s- und pK_b-Werte ausgewählter Substanzen

pH-Werte		pK _s -Werte von Säuren		pK _b -Werte von Basen	
Salzsäure (37 %)	-1	Perchlorsäure (HClO ₄)	-10	Lithiumhydroxid (LiOH)	< 0
Magensäure	2	Salzsäure (HCl)	-6	Natriumhydroxid (NaOH)	< 1
Flusssäure (50 %)	2	Schwefelsäure (H ₂ SO ₄)	-3	Kaliumhydroxid (KOH)	< 1
Cola (typ.)	2 - 3	Salpetersäure (HNO ₃)	-1,32	Mg(OH) ₂	1,2
Fruchtsäfte (typ.)	3 - 4	Phosphorsäure (H ₃ PO ₄)	2,13	Ca(OH) ₂	2,37
Leitungswasser	7 - 8,5	Flusssäure (HF)	3,14	Tetramethylammoniumhydroxid (TMAH)	4,2
Natronlauge (1 %)	13,5	Ameisensäure (HCOOH)	3,75	Ammoniak (NH ₃)	4,75
Natronlauge (30 %)	15	Essigsäure (CH ₃ COOH)	4,75	Adenin (C ₅ H ₅ N ₅)	9,8

Tab. 6: Beispielhafte pH-, pK_s- und pK_b-Werte verschiedener Substanzen. In der Spalte der pK_s-Werte nimmt die Säurestärke von unten nach oben zu, in der Spalte der pK_b-Werte analog die Basenstärke.

Chemische Puffer

Definition

Chemische Puffer sind Substanzen, welche den pH-Wert einer Lösung trotz Zugabe oder Entnahme von H₃O⁺- oder OH⁻-Ionen auf einem bestimmten Wert weitgehend konstant halten und so u. a. dafür sorgen, dass beim nasschemischen Ätzen die Ätzrate konstant bleibt. Die Puffer erfüllen diese Aufgabe, indem sie sowohl Oxonium- oder Hydroxid-Ionen freisetzen wenn deren Konzentration sinkt, als auch sie binden bzw. neutralisieren wenn deren Konzentration steigt.

Um beide Aufgaben erfüllen zu können sind Pufferlösungen schwache, also unvollständig dissoziierte Säuren oder Basen wodurch gleichzeitig deren konjugierte Basen bzw. Säuren in der Lösung vorliegen.

Beispiele

Neben dem bereits genannten Essigsäure/Acetat-Puffer sind der Ammoniumpuffer (NH₄ + H₂O ↔ NH₃⁺ + OH⁻) sowie der für die Aufrechterhaltung des intrazellulären pH-Wertes für den Organismus wichtige Phosphatpuffer (H₂PO₄⁻ + H₂O ↔ HPO₄²⁻ + H₃O⁺) bedeutende Puffersysteme.

Komplexbildner

Theorie

Mit fortschreitender Ätzdauer konzentriert sich das geätzte Material in der Lösung immer weiter auf, besonders in unmittelbarer Nähe der geätzten Oberfläche. Je geringer dessen Löslichkeitsprodukt im Ätzmedium ist, desto stärker wird dadurch der Wiedereinbau in den Festkörper gefördert und die Ätzrate damit verringert bzw. zum Erliegen gebracht.

Die stabile Bindung der geätzten Atome in einem im Ätzgemisch hinreichend löslichen chemischen Komplex ermöglicht eine konstant hohe Ätzrate. Ein Komplex ist eine Struktur, bei der ein Zentralatom (meist ein Metallion = das geätzte Element), das in seiner Elektronenkonfiguration Lücken aufweist, von einem oder mehreren Molekülen oder Ionen (den *Liganden*) umgeben ist, die freie Elektronenpaare für die Bindung zur Verfügung stellen.

Beispiele

Beim Ätzen von Gold in Königswasser wird die sehr gut wasserlösliche Tetrachloridogoldsäure (HAuCl₄) gebildet, mit cyanidischen Lösungen der Cyano-Komplex Au(CN)₂⁻. Beim Ätzen von Platin in Königswasser bildet sich Hexachloroplatinsäure H₂[PtCl₆].

Teilschritte beim Ätzen: Oxidation, Lösen, Diffusion und Konvektion

Oxidation

Der erste Reaktionsschritt beim nasschemischen Ätzen ist die Oxidation des zu ätzenden Mediums. Dies

kann entweder über die Komplexbildung oder durch oxidierende Bestandteile im Ätzmisch geschehen, wofür oftmals Wasserstoffperoxid oder Salpetersäure eingesetzt wird.

Lösen

Das oxidierte Material muss rasch genug von der Oberfläche in Lösung gehen, um ein rasches und gleichmäßiges Ätzen zu ermöglichen. Zum Ätzen der Oxide häufig eingesetzte Substanzen sind Salzsäure, Flusssäure, Ammoniumhydroxid oder Phosphorsäure.

Diffusion

Bei Raumtemperatur besitzen Atome und Moleküle mittlere Teilchengeschwindigkeiten von bis zu mehreren 100 m/s. Durch die in Flüssigkeiten geringe mittlere freie Weglänge resultiert daraus jedoch eine ungerichtete Zitterbewegung, welche Konzentrationsgradienten geätzter Stoffe nur sehr langsam abbaut.

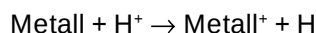
Konvektion

Entweder durch die Gasbildung beim Ätzen, durch die Wärmeentwicklung exothermer Ätzreaktionen, oder durch äußeren Einfluss wie Umwälzung induziert ist Konvektion eine Voraussetzung dafür, dass der geätzte Stoff rasch auch über makroskopische Distanzen abtransportiert und so eine räumlich und zeitlich homogene Ätzrate erzielt wird.

Ätzen von Metallen und Edelmetallen

Energie, Entropie und Enthalpie

Das saure Ätzen von Metallen beruht im Wesentlichen auf einer Oxidation des Metalls durch die von den H_3O^+ -Ionen abgegebene Protonen, welche dabei gemäß:



zu neutralem Wasserstoff reduziert werden. Würde man nur energetische Aspekte des Ätzens beachten, könnten nur Metalle geätzt werden, bei denen obige Reaktion exotherm abläuft, die Änderung der inneren Energie ΔU also negativ ist. Diese Bedingung erfüllen definitionsgemäß alle Metalle mit einem Normalpotenzial E_0 kleiner als das des Wasserstoffs welches auf Null festgelegt wird, also alle per Definition *unedlen* Metalle.

Dass jedoch auch Edelmetalle mit einem positiven Normalpotenzial wie z. B. das leicht ätzbare Kupfer mit einem $E_0 = +0.34$ eV geätzt werden können, liegt daran, dass – wie grundsätzlich bei allen chemischen Reaktionen – neben der Verringerung der Energie die Zunahme der *Entropie* eine Rolle bei der Frage spielt, ob eine Reaktion bevorzugt in der gewünschten Richtung abläuft. In physikalischen Größen ausgedrückt ist diese Bedingung dann erfüllt, wenn die Änderung der freien Enthalpie $\Delta F = \Delta U - T \cdot \Delta S$ negativ ist, d. h. das Produkt aus Temperatur T und Entropieänderung ΔS positiver als die Änderung der inneren Energie ΔU . Ein positives ΔS ist z. B. durch die Zunahme der Zahl der Translations- und räumlichen Freiheitsgrade durch den Übergang vom Festkörper in die Lösung oder der gelösten Stoffe in die Gasphase gegeben.

Elektronenschalen und Normalpotenzial

Sowohl die sehr reaktiven Alkalimetalle (Li, K, Na ...), als auch viele der inerten Edelmetalle (Au, Ag, Pt ...) besitzen ein s-Orbital mit einem ungepaarten Elektron. Während dieses Elektron bei Alkalimetallen sehr leicht an Reaktionspartner abgegeben werden kann (Oxidation), ist es bei Edelmetallen vergleichsweise stark an das Atom gebunden (positives Normalpotenzial).

Diese starke Bindung begründet sich u. a. darin, dass ein Edelmetallatom neben einem (im Falle von Au, Ag oder Pt) unvollständig gefüllten s-Orbital der Hauptquantenzahl („Schale“) n ein vollständig gefülltes d-Orbital der Hauptquantenzahl $n-1$ besitzt (Beispiel Elektronenkonfiguration Gold: $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^1$). Dieses d-Orbital ragt teilweise über das s-Orbital hinaus und schirmt es räumlich gegen mögliche Reaktionspartner ab. Hinzu kommt, dass der Atomkern aus Sicht des ungepaarten s-Elektrons elektrostatisch nur durch den weiter innen liegenden Anteil des d-Orbitals abgeschirmt ist und das s-Elektron somit stärker an den Kern gebunden wird.

Manche Edelmetalle besitzen keine ungepaarten Elektronen in ihrer Hülle. Das äußerste s-Orbital ist entweder leer (wie z. B. bei Palladium) oder vollständig mit einem Elektronenpaar gefüllt (z. B. bei Iridium), was die chemische Stabilität weiter erhöht. So löst sich Iridium erst in 100°C heißem Königswasser nennenswert.

Grundsätzliche Problemstellungen beim Nassätzen

Unterätzen und Lackablösung kleiner Strukturen

Lösen sich bei nasschemischen Ätzprozessen zunächst oder ausschließlich kleine bzw. schmale Lackstrukturen ab, deutet dies auf ein Unterätzen hin, beginnend von den frei entwickelten Bereichen.

Unterstützt von höheren Temperaturen oder/und Gasbildung aus der Ätzreaktion (z. B. beim Al-Ätzen), heben sich schließlich Lackstrukturen durch die Verringerung ihrer Kontaktfläche zum Substrat von diesem ab. Bei isotropen Ätzen lässt sich das Ausmaß des Unterätzens nicht beliebig verringern: Für jeden in die Tiefe zu ätzenden μm wird sich die Ätze im Ätzbecken auch mindestens einen μm lateral unter den Lack ätzen, lediglich Sprühätzen erlaubt eine gewisse Selektivität in die Tiefe. Ist das Ausmaß des Unterätzens jedoch stärker, deutet dies auf eine schlechte Lackhaftung hin.

Die Verbesserung der Lackhaftung kann über eine optimierte Substratvorbehandlung, angepasste Softbakeparameter oder/und einen Hardbake nach dem Entwickeln verbessert werden. Ein solcher Hardbake kann oberhalb des Erweichungspunktes des Fotolacks zu einem besseren Kontakt zum Substrat führen. Ab ca. 140 - 150°C stabilisiert eine thermische Quervernetzung des Harzes die Lackstrukturen zusätzlich, erschwert aber zunehmend deren spätere Entfernbarkeit.

Großflächige Lackablösung

Beim Ätzen in Flusssäure

Beim Ätzen mit HF oder HF-haltigen Gemischen zeigt sich oft eine großflächige Lackabhebung nach einer bestimmten Ätzdauer oder beim anschließenden Spülen. Grund hierfür sind zwei parallel ablaufende Mechanismen:

- Durch das Eindiffundieren der Flusssäure in die Lackschicht quellen die Lackstrukturen auf.
- Gelangt die HF bis zum Substrat und greift – wie z. B. bei SiO_2 oder Glas der Fall – dieses großflächig unter der Lackschicht an, hebt sich die Lackschicht ab (Abb. 116).

Somit liegt zumindest zur Erklärung dieses Effekts kein eigentliches Lackhaftungsproblem vor. Statt dessen muss die Barriere für in Richtung Substrat diffundierende F^- -Ionen erhöht werden, was z. B. über eine dickere Lackschicht möglich ist. Hierbei gilt in guter Näherung, dass eine Verdoppelung der Lackschichtdicke die mögliche Ätzdauer vervierfacht. Zudem hilft die Verwendung von gepufferter (BHF) statt ungepufferter HF, da im Falle von BHF die aktiven Ionen die in der Lackschicht weniger mobilen HF_2^- -Ionen für das Ätzen verantwortlich sind.

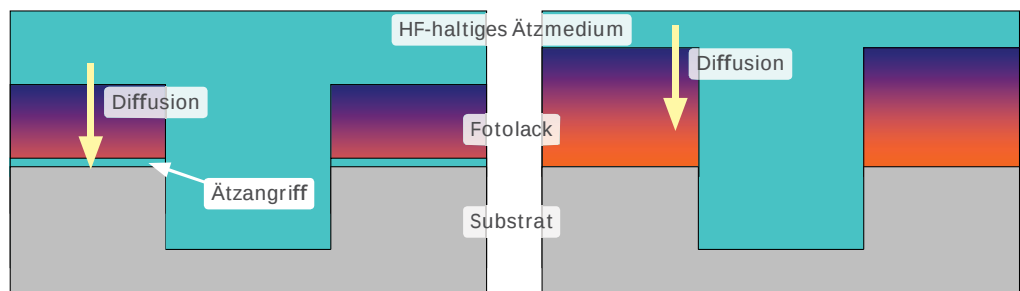


Abb. 116: Diffundieren die Fluorid-Ionen HF-haltiger Ätzen durch die Lackschicht bis zum Substrat, wird dieses großflächig angeätzt und die Lackstrukturen können sich abheben (links). Eine dickere Lackschicht (rechts) oder die Verwendung gepufferter statt ungepufferter Flusssäure kann die mögliche Ätzdauer deutlich verlängern.

Quervernetzende Negativlacke als Ätzmaske unterdrücken ebenfalls die Diffusion des Ätzmediums zum Substrat.

Sonderfälle

Im Falle beidseitig metallisierter Substrate bei denen beide Metalle ein unterschiedliches Normalpotenzial besitzen (z. B. Silber auf der einen Seite und Aluminium auf der anderen) bildet sich in wässrigen Lösungen ein galvanisches Element. Auf der einen Seite kann sich Wasserstoffgas an der Grenzfläche Metall/Lack bilden, welches die darüber liegende Lackschicht abheben kann.

In diesem Fall hilft eine ganzflächige, geschlossene Schutzlackschicht auf der jeweils gegenüber liegenden Seite des Substrats. Als Schutzlack dient prinzipiell jeder Fotolack oder die preiswerteren, Fotoinitiator-freien Lacke wie der AZ® 520D.

Stabilität von AZ® und TI Fotolackmasken gegenüber Ätzmedien

Organische Lösemittel

Nahezu alle organischen Lösemittel lösen Positiv- und Umkehrlacke in kurzer Zeit auf. Lediglich quervernetzende Negativlacke wie die AZ® nLOF 2000 Serie oder bei Temperaturen oberhalb 150°C thermisch quervernetzte Positiv- oder Umkehrlacke sind gegenüber organischen Lösemitteln in Grenzen stabil. Ein Auflösen der Lackstrukturen findet dann nicht mehr statt, jedoch kann sich die Lackmaske nach einer von der Lack-schichtdicke und vom Grad der Quervernetzung abhängigen Einwirkdauer des Lösemittels vom Substrat abheben.

Säuren

Salzsäure ist ein gegenüber Fotolacken meist unkritisches Ätzmedium.

Beim Ätzen mit Flusssäure ist deren Permeabilität in Fotolackschichten zu berücksichtigen. Ungepu fferte oder gepufferte Flusssäure lässt sich jedoch bei ausreichend dicken Fotolackschichten oder kurzen Ätzzeiten für viele Ätzprozesse problemlos einsetzen.

Stark oxidierende Säuren wie HNO₃-haltige Gemische oder Ätzmische aus H₂SO₄ und H₂O₂ greifen Fotolack stark an. Eine thermische Quervernetzung von Positivlacken oder der Einsatz quervernetzender Negativlacke kann die Stabilität der Lackmaske deutlich erhöhen.

Basen

In alkalischen Medien sind Fotolacke deutlich weniger stabil an in sauren Lösungen. Selbst 1 - 2 %ige Natron- oder Kalilauge greift Positivlackstrukturen an, bei höheren Konzentrationen neigen auch quervernetzte Negativlacke zur Ablösung vom Substrat.

Aus diesem Grund ist mit einer Maskierung durch übliche Positiv- oder Negativlacke ist z. B. weder anisotropes Silicium-Ätzen noch alkalisches Ätzen von dickeren Aluminium-Filmen möglich.

Unsere Fotolacke: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

Anwendungsbereiche ¹		Lackserie	Fotolacke	Schichtdicke ²	Empfohlene Entwickler ³	Empfohlene Remover ⁴
Positiv	Hohe Haftung für nasschemisches Ätzen, kein Fokus auf senkrechte Lackflanken	AZ [®] 1500	AZ [®] 1505 AZ [®] 1512 HS AZ [®] 1514 H AZ [®] 1518	≈ 0.5 µm ≈ 1.0 - 1.5 µm ≈ 1.2 - 2.0 µm ≈ 1.5 - 2.5 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] Developer	AZ [®] 100 Remover TechniStrip [®] P1316 TechniStrip [®] P 1331
		AZ [®] 4500	AZ [®] 4533 AZ [®] 4562	≈ 3 - 5 µm ≈ 5 - 10 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
		AZ [®] P4000	AZ [®] P4110 AZ [®] P4330 AZ [®] P4620 AZ [®] P4903	≈ 1 - 2 µm ≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 20 µm ≈ 10 - 30 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
		AZ [®] PL 177	AZ [®] PL 177	≈ 3 - 8 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
	Sprühbelackung	AZ [®] 4999		≈ 1 - 15 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
	Tauchbelackung	MC Dip Coating Resist		≈ 2 - 15 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
	Steile Flanken, hohe Auflösung und großes Aspektverhältnis für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ [®] ECI 3000	AZ [®] ECI 3007 AZ [®] ECI 3012 AZ [®] ECI 3027	≈ 0.7 µm ≈ 1.0 - 1.5 µm ≈ 2 - 4 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] Developer	
		AZ [®] 9200	AZ [®] 9245 AZ [®] 9260	≈ 3 - 6 µm ≈ 5 - 20 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF	
	Hoher Erweichungspunkt und hochauflösend für z. B. Trockenätzen	AZ [®] 701 MiR	AZ [®] 701 MiR (14 cPs) AZ [®] 701 MiR (29 cPs)	≈ 0.8 µm ≈ 2 - 3 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] Developer	
Positiv (chem. verstärkt)	Steile Flanken, hohe Auflösung und großes Aspektverhältnis für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ [®] XT	AZ [®] 12 XT-20PL-05 AZ [®] 12 XT-20PL-10 AZ [®] 12 XT-20PL-20 AZ [®] 40 XT	≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 10 µm ≈ 10 - 30 µm ≈ 15 - 50 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF	AZ [®] 100 Remover TechniStrip [®] P1316 TechniStrip [®] P1331
		AZ [®] IPS 6050		≈ 20 - 100 µm		
Image reversal	Hoher Erweichungspunkt und unterschrittene Lackprofile für Lift-off	AZ [®] 5200	AZ [®] 5209 AZ [®] 5214	≈ 1 µm ≈ 1 - 2 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF	TechniStrip [®] Micro D2 TechniStrip [®] P1316 TechniStrip [®] P1331
		TI	TI 35ESX TI xLift-X	≈ 3 - 4 µm ≈ 4 - 8 µm		
Negativ (quervernetzend)	Unterschnittene Lackprofile und dank Quervernetzung kein thermisches Erweichen für Lift-off	AZ [®] nLOF 2000	AZ [®] nLOF 2020 AZ [®] nLOF 2035 AZ [®] nLOF 2070	≈ 1.5 - 3 µm ≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 15 µm	AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	TechniStrip [®] NI555 TechniStrip [®] NF52 TechniStrip [™] MLO 07
		AZ [®] nLOF 5500	AZ [®] nLOF 5510	≈ 0.7 - 1.5 µm		
	Hohe Haftung, steile Lackflanken und große Aspektverhältnisse für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ [®] nXT	AZ [®] 15 nXT (115 cPs) AZ [®] 15 nXT (450 cPs) AZ [®] 125 nXT	≈ 2 - 3 µm ≈ 5 - 20 µm ≈ 20 - 100 µm	AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	TechniStrip [®] P1316 TechniStrip [®] P1331 TechniStrip [®] NF52 TechniStrip [™] MLO 07

¹ Theoretisch können alle Lacke für nahezu alle Anwendungen eingesetzt werden. Mit dem Anwendungsbereich sind hier die besonderen Eignungen der jeweiligen Lacke gemeint.
² Mit Standardausrüstung unter Standardbedingungen erzielbare und prozessierbare Lackschichtdicke. Manche Lacke können für geringere Schichtdicken verdünnt werden, mit entsprechendem Mehraufwand sind auch dickere Lackschichten erziel- und prozessierbar.
³ Metallionenfrie (MIF-) Entwickler sind deutlich teurer und dann sinnvoll, wenn metallionenfrie entwickelt werden muss.

Unsere Entwickler: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

Anorganische Entwickler

(typischer Bedarf bei Standard-Prozessen: ca. 20 L Entwickler je L Fotolack)

AZ[®] Developer basiert auf Na-Phosphat und Na-Metasilikat, ist auf minimalen Aluminiumabtrag optimiert und wird 1 : 1 verdünnt in DI-Wasser für hohen Kontrast bis unverdünnt für hohe Entwicklungsraten eingesetzt. Der Dunkelabtrag ist verglichen mit anderen Entwicklern etwas höher.

AZ[®] 351B basiert auf gepufferter NaOH und wird üblicherweise 1 : 4 mit Wasser verdünnt angewandt, für Dicklacke auf Kosten des Kontrasts bis ca. 1 : 3

AZ[®] 400K basiert auf gepufferter KOH und wird üblicherweise 1 : 4 mit Wasser verdünnt angewandt, für Dicklacke auf Kosten des Kontrasts bis ca. 1 : 3

AZ[®] 303 speziell für den AZ[®] 111 XFS Fotolack basiert auf KOH / NaOH und wird üblicherweise 1 : 3 - 1 : 7 mit Wasser verdünnt angewandt, je nach Anforderung an Entwicklungsrate und Kontrast.

Metallionenfrie Entwickler (TMAH-basiert)

(typischer Bedarf bei Standard-Prozessen: ca. 5 - 10 L Entwicklerkonzentrat je L Fotolack)

AZ[®] 326 MIF ist eine 2.38 %ige wässrige TMAH- (TetraMethylAmmoniumHydroxid) Lösung.

AZ[®] 726 MIF ist 2.38 % TMAH in Wasser, mit zusätzlichen Netzmitteln zur raschen und homogenen Benetzung des Substrates z. B. für die Puddle-Entwicklung.

AZ® 826 MIF ist 2.38 % TMAH in Wasser, mit zusätzlichen Netzmitteln zur raschen und homogenen Benetzung des Substrates z. B. für die Puddle-Entwicklung und weiteren Additiven zur Entfernung schwer löslicher Lackbestandteile (Rückstände bei bestimmten Lackfamilien), allerdings auf Kosten eines etwas höheren Dunkelabtrags.

Unsere Remover: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

AZ® 100 Remover ist ein Amin-Lösemittel Gemisch und Standard-Remover für AZ® und TI Fotolacke. Zur Verbesserung seiner Performance kann AZ® 100 Remover auf 60 - 80°C erhitzt werden. Da der AZ® 100 Remover mit Wasser stark alkalisch reagiert eignet er sich für diesbezüglich empfindliche Substratmaterialien wie z. B. Cu, Al oder ITO nur wenn eine Kontamination mit Wasser ausgeschlossen werden kann.

TechniStrip® P1316 ist ein Remover mit sehr starker Lösekraft für Novolak-basierte Lacke (u. a. alle AZ® Positivlacke), Epoxy-basierte Lacke, Polyimide und Trockenfilme. Bei typischen Anwendungstemperaturen um 75°C kann TechniStrip® P1316 auch z. B. durch Trockenätzen oder Ionenimplantation stärker quervernetzte Lacke rückstandsfrei auflösen. TechniStrip® P1316 kann auch im Sprühverfahren eingesetzt werden. Nicht kompatibel mit Au oder GaAs.

TechniStrip® P1331 ist im Falle alkalisch empfindlicher Materialien eine Alternative zum TechniStrip® P1316. Nicht kompatibel mit Au oder GaAs.

TechniStrip® NI555 ist ein Stripper mit sehr starker Lösekraft für Novolak-basierte Negativlacke wie dem AZ® 15 nXT und der AZ® nLOF 2000 Serie und sehr dicke Positivlacken wie dem AZ® 40 XT. TechniStrip® NI555 wurde dafür entwickelt, auch quervernetzte Lacke nicht nur abzulösen, sondern rückstandsfrei aufzulösen. Dadurch werden Verunreinigungen des Beckens und Filter durch Lackpartikel und -häutchen verhindert, wie sie bei Standard-Strippern auftreten können. Nicht kompatibel mit GaAs.

TechniClean™ CA25 ist ein Remover für post etch residue (PER) removal. Äußerst effizient beim selektiven Entfernen organo-metallischer Oxide von Al, Cu, Ti, TiN, W und Ni.

TechniStrip™ NF52 ist ein Sehr effizienter Remover für Negativlacke (Flüssiglacke als auch Trockenfilme). Durch seine Zusammensetzung und speziellen Additive kompatibel mit Metallen üblicherweise eingesetzt für BEOL interconnects oder WLP bumping.

TechniStrip™ Micro D2 ist ein Vielseitig einsetzbarer Stripper für Lift-off Prozesse oder generell dem Auflösen von Positiv- und Negativlacken. Seine Zusammensetzung zielt auf eine verbesserte Kompatibilität zu vielen Metallen sowie III/V Halbleitern.

TechniStrip™ MLO 07 Hoch-effizienter Remover für Positiv- und Negativlacke eingesetzt in den Bereichen IR, III/V, MEMS, Photonic, TSV mask und solder bumping. Kompatibel zu Cu, Al, Sn/Ag, Alumina und einer Vielzahl organischer Substrate.

Unsere Wafer und ihre Spezifikationen

Silicium-, Quarz-, Quarzglas und Glaswafer

Silicium-Wafer werden aus über das Czochralski- (CZ-) oder Floatzone- (FZ-) Verfahren hergestellten Einkristallen gefertigt. Die deutlich teureren FZ-Wafer sind in erster Linie dann sinnvoll, wenn sehr hochohmige Wafer (> 100 Ohm cm) gefordert werden welche über das CZ-Verfahren nicht machbar sind.

Quarzwafer bestehen aus einkristallinem SiO₂, Hauptkriterium ist hier die Kristallorientierung bzgl. der Waferoberfläche (z. B. X-, Y-, Z-, AT- oder ST-Cut)

Quarzglaswafer bestehen aus amorphem SiO₂. Sog. JGS2-Wafer sind im Bereich von ca. 280 - 2000 nm Wellenlänge weitgehend transparent, die teureren JGS1-Wafer bei ca. 220 - 1100 nm.

Unsere Glaswafer bestehen wenn nicht anders angegeben aus im Floatverfahren hergestelltem Borosilikatglas.

Spezifikationen

Für alle Wafer relevant sind Durchmesser, Dicke und Oberfläche (1- oder 2-seitig poliert). Bei Quarzglaswafern ist die Frage nach dem Material (JGS1 oder JGS2) zu klären, bei Quarzwafern die Kristallorientierung. Bei Silicium-Wafern gibt es neben der Kristallorientierung (<100> oder <111>) die Parameter Dotierung (n- oder p-Typ) sowie die elektrische Leitfähigkeit (in Ohm cm)

Prime- Test- und Dummy-Wafer

Bei Silicium-Wafern gibt neben dem üblichen „Prime-grade“ auch „Test-grade“ Wafer, die sich meist nur in einer etwas breiteren Partikelspezifikation von Prime-Wafern unterscheiden. „Dummy-Wafern“ erfüllen aus unterschiedlichen Gründen (z. B. sehr breite oder fehlenden Spezifizierung bestimmter Parameter, evtl. auch Reclaim-Wafer und solche völlig ohne Partikelspezifikation) weder Prime- noch Test-grade, können jedoch für z. B. Belackungstests oder das Einfahren von Equipment eine sehr preiswerte Alternative sein.

Unsere Silicium-, Quarz-, Quarzglas und Glaswafer

Eine ständig aktualisierte Liste der aktuell verfügbaren Wafer finden Sie hier:

è www.microchemicals.com/de/produkte/wafer/waferlist.html

Weitere Produkte aus unserem Portfolio

Galvanik

Elektrolyte und Hilfsstoffe für die elektrochemische Abscheidung von z. B. Gold, Kupfer, Nickel, Zinn oder Palladium: è www.microchemicals.com/de/produkte/galvanik.html

Lösemittel (MOS, VLSI, ULSI)

Aceton, Isopropanol, MEK, DMSO, Cyclopentanon, Butylacetat, u. a.

è www.microchemicals.com/de/produkte/loesungsmittel.html

Säuren und Basen (MOS, VLSI, ULSI)

Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, KOH, TMAH, u. a.

è www.microchemicals.com/de/produkte/saeuren_basen.html

Ätzmischungen

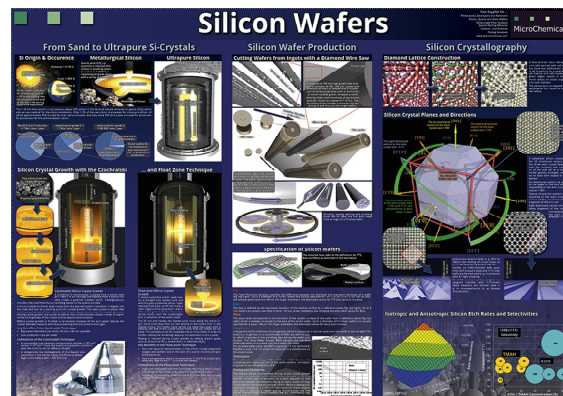
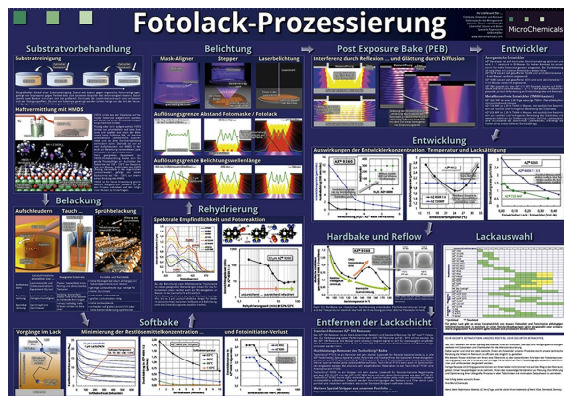
Für z. B. Chrom, Gold, Silicium, Kupfer, Titan, Titan / Wolfram u. a.

è www.microchemicals.com/de/produkte/aetzmischungen.html

Weiterführende Informationen

Technische Datenblätter: www.microchemicals.com/de/downloads/technische_datenblaetter/fotolacke.html
Sicherheitsdatenblätter: www.microchemicals.com/de/downloads/sicherheitsdatenblaetter/sicherheitsdatenblaetter.html

Unsere Lithografiebücher und -Poster



Wir sehen es als unsere Aufgabe, Ihnen möglichst alle Aspekte der Mikrostrukturierung anwendungsorientiert verständlich zu machen.

Diesen Anspruch umgesetzt haben wir derzeit mit unserem Buch **Fotolithografie** auf über 200 Seiten, sowie ansprechend gestalteten DIN A0 **Postern** für Ihr Büro oder Labor.

Beides senden wir Ihnen als unser Kunde gerne gratis zu (ggfalls. berechnen wir für außereuropäische Lieferungen Versandkosten):

www.microchemicals.com/de/downloads/broschueren.html

www.microchemicals.com/de/downloads/poster.html

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Gewährleistungs- und Haftungsausschluss & Markenrechte

Alle in diesem Dokument enthaltenen Informationen, Prozessbeschreibungen, Rezepturen etc. sind nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Dennoch können wir keine Gewähr für die Korrektheit der Angaben übernehmen. Insbesondere bezüglich der Rezepturen für chemische (Ätz-)Prozesse übernehmen wir keine Gewährleistung für die korrekte Angabe der Bestandteile, der Mischverhältnisse, der Herstellung der Ansätze und deren Anwendung. Die sichere Reihenfolge des Mischens von Bestandteilen einer Rezeptur entspricht üblicherweise nicht der Reihenfolge ihrer Auflistung.

Wir garantieren nicht für die vollständige Angabe von Hinweisen auf (u. a. gesundheitliche, arbeitssicherheitstechnische) Gefahren, die sich bei Herstellung und Anwendung der Rezepturen und Prozesse ergeben. Die Angaben in diesem Buch basieren im Übrigen auf unseren derzeitigen Erkenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verwender wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Eine Garantie bestimmter Eigenschaften oder die Eignung für einen konkreten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden. Grundsätzlich ist jeder Mitarbeiter dazu angehalten, sich im Zweifelsfall in geeigneter Fachliteratur über die angedachten Prozesse vorab ausreichend zu informieren, um Schäden an Personen und Equipment auszuschließen. Alle hier vorliegenden Beschreibungen, Darstellungen, Daten, Verhältnisse, Gewichte, etc. können sich ohne Vorankündigung ändern und stellen nicht eine vertraglich vereinbarte Produktbeschaffenheit dar. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Rechtsvorschriften sind vom Verwender unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Merck, Merck Performance Materials, AZ, the AZ logo, and the vibrant M are trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany