

SOFTBAKE

Im Gegensatz zu Trockenlaken sind Flüssiglacke nach dem Belackern noch lösemittelhaltig für deren weitere Prozessierung und müssen durch einen Softbake oder Prebake genannten Backschritt über das Verdunsten des Lösemittels mechanisch und chemisch stabilisiert werden.

Dieses Kapitel beschreibt den Zweck und die physikalischen Mechanismen dieses Backschritts, die Einflüsse unterschiedlicher Substrate und Heizquellen auf den Verlauf der Lacktrocknung sowie die Wechselwirkung der angewandten Softbakeparameter mit den folgenden Lithographieschritten.

Zweck des Softbakes

Nach der Belackung besitzt die Lackschicht eine von deren Schichtdicke und dem verwendeten Lösemittel abhängige Restlösemittelkonzentration von typischerweise 10 - 35 %. Der Zweck des Softbakes ist es, diese Restlösemittelkonzentration zu verringern, um ...

- eine Verschmutzung der Fotomaske beim Belichten durch die Lackschicht bzw. ein Verkleben des Lacks mit der Maske zu verhindern,
- bei DNQ-basierten Fotolacken eine Blasenbildung oder Aufschäumen in der weichen Lackschicht durch den beim Belichten freigesetzten Stickstoff zu unterdrücken,
- die Lackhaftung zum Substrat zu verbessern,
- bei Positivlacken den Dunkelabtrag beim Entwickeln zu minimieren,
- zwischen Mehrfachbelackungen ein Anlösen der bereits aufgetragenen Lackschicht durch den nächsten Belackungsschritt zu unterdrücken,
- bei thermischen Prozessen wie Metallisierung oder Trockenätzen die Erweichungstemperatur zu erhöhen um ein Verfließen der entwickelten Lackstrukturen zu verhindern, und
- während einer galvanischen Abformung die chemische Stabilität der Lackstrukturen zu erhöhen und eine Kontamination des Elektrolyten mit Restlösemittel oder sonstigen Lackbestandteilen zu unterdrücken.

Vorgänge in der Lackschicht: Etwas Physik

Lösemittel-Diffusion in der Lackschicht

Bevor sie aus der Lackschicht verdunsten können müssen die Lösemittelmoleküle zunächst in der Lackschicht an deren Oberfläche diffundieren. Deren Diffusionskonstante D hängt sowohl von der Temperatur T , als auch der lokalen Lösemittelkonzentration C ($0 =$ lösemittelfrei, $1 =$ reines Lösemittel) wie folgt ab:

$$D(T, C) = D_0 \cdot \exp\left[-\frac{E_1}{kT}\right] \cdot \exp\left[-\frac{C}{a+b \cdot C}\right]$$

wobei D_0 ein konstanter Vorfaktor, E_1 die Aktivierungsenergie der Diffusion, und a und b Lack- und Lösemittelspezifische Parameter sind. Die Diffusionsrate der Lösemittelmoleküle nimmt mit deren Konzentration ab, wodurch sich bei gegebener Temperatur die weitere Trocknung rasch verlangsamt (Abb. 63).

In einem eigenen Forschungsprojekt konnten wir über eine Modellierung experimenteller Daten mit obiger Formel für typische AZ® Lacke mit Phenolharz und PGMEA als Lösemittel die Zahlenwerte $D_0 = 0.000767 \text{ (m}^2\text{s)}^{-1}$, $E_1 = 1.426 \text{ eV}$, $a = 0.00394$ und $b = 0.0218$ evaluieren.

Verdunstung des Lösemittels aus der Lackschicht

Erreicht ein Lösemittelmolekül die Lackoberfläche, kann es über

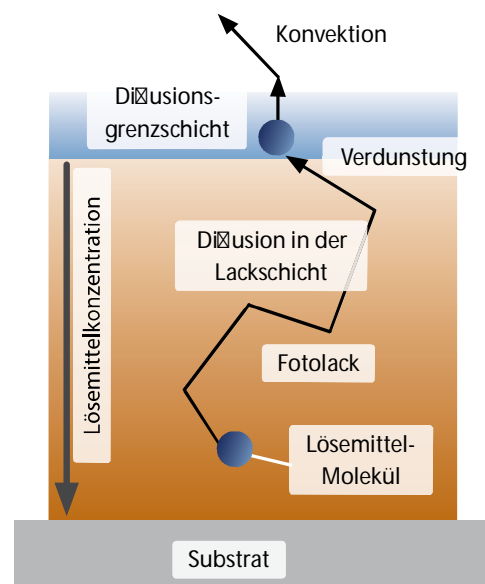


Abb. 63: Um die Lackschicht verlassen zu können muss ein Lösemittelmolekül zunächst an die Lackoberfläche diffundieren, von dort verdunsten, durch die Diffusionsgrenzschicht oberhalb der Lackoberfläche diffundieren und schließlich vom Luftstrom weggetragen werden.

die Aktivierungsenergie E_2 (dessen Größe wir für PGMEA zu 0.47 eV bestimmt haben) thermisch aktiviert verdunsten, wodurch sich der Temperatur-abhängige Partialdruck p über der Lackoberfläche wie folgt ergibt:

$$p(T) = C_0 \cdot \phi \cdot \exp\left[-\frac{E_2}{kT}\right]$$

wobei C_0 die relative Lösemittelkonzentration an der Lackoberfläche (1 = reines Lösemittel, 0 = Lösemittelfreie Lackoberfläche) kennzeichnet.

Diffusion und Konvektion über der Lackoberfläche

In der Atmosphäre oberhalb der Lackschicht bildet sich wie über jeder Flüssigkeit eine Diffusionsgrenzschicht aus, innerhalb derer die Lösemittelkonzentration exponentiell mit der Entfernung von der Lackoberfläche abnimmt. Je höher die Luftgeschwindigkeit oberhalb der Lackoberfläche ist, desto dünner ist die Diffusionsgrenzschicht, entsprechend kürzer ist der Weg, den die bereits verdunsteten Lösemittel durch Diffusion in der Atmosphäre zurück legen müssen um durch Konvektion in den Luftstrom (Flow oder Abzug) überzugehen.

Die Rolle der Temperatur und der Luftbewegung

Während die Diffusion in der Lackschicht sowie die Verdunstung thermisch aktiviert sind, hängt der Abtransport via Konvektion von der Luftbewegung oberhalb des Substrats ab.

Die mittlere Zeit in welcher die Lösemittelmoleküle die Diffusionsgrenzschicht durchwandern hängt zum einen von der Temperatur (thermisch aktivierte Diffusion) als auch von der Luftbewegung (stärkerer Flow = dünnere Diffusionsgrenzschicht) ab.

Mittlere Lösemittelkonzentration der Lackschicht

Abb. 64 zeigt den gemessenen zeitlichen Verlauf der über die gesamte Lackschicht gemittelten Lösemittelkonzentration (PGMEA) zweier unterschiedlich dicker, auf Phenolharz basierten Lackschichten während des Softbakes als Funktion der Zeit bei verschiedenen Temperaturen. Die 1 μm dicke Lackschicht startet nach dem Softbake bei 21 % Restlösemittelgehalt, die 12 μm Lackschicht bei 26 %.

Die Restlösemittelkonzentration in der Lackschicht sinkt in den ersten Minuten zunächst rasch, danach immer langsamer, da durch die Abnahme des Restlösemittelgehalts die Diffusion des Lösemittels aus tieferen Lackschichten unterdrückt wird. Bei höheren Temperaturen setzt diese Sättigung früher und auf geringerem Niveau ein.

Demnach sind die für Softbakeprozesse üblichen 90 - 100°C notwendig, um die Restlösemittelkonzentration in vertretbarer Zeit auf Werte unter 5 % zu senken.

Völlig lösemittelfrei lässt sich eine Lackschicht durch vertretbare Softbake-Temperaturen und -Zeiten nicht gestalten, selbst bei 115°C sättigt der Wert nach 10 Minuten bei 2 %. Eine so starke Trocknung ist für die meisten Prozesse jedoch auch nicht notwendig sondern oftmals sogar nachteilig, da hierbei die mechanischen Spannungen v. a. in dicken Lackschichten zunehmen was die Gefahr einer Rissbildung in der Lackschicht mit sich bringt.

Lösemittel-Gradient in der Lackschicht

Neben der über die Lackschichtdicke gemittelten Lösemittelkonzentration kann auch deren Tiefenprofil für die weitere Prozessierung bedeutsam sein. Eine geringe Lösemittelkonzentration in Substratnähe verbes-

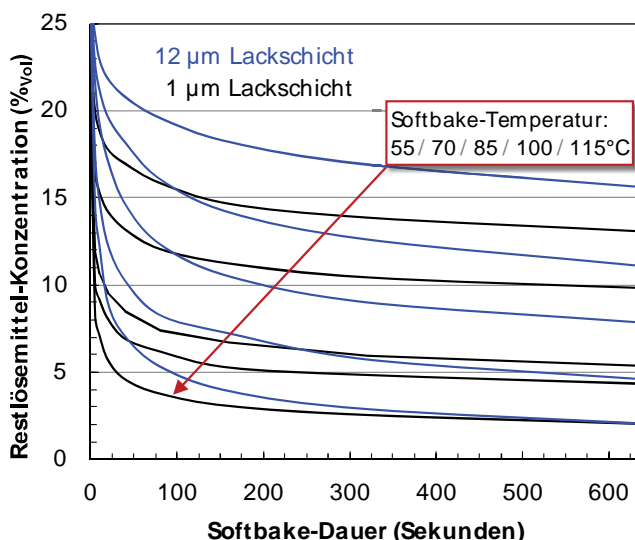


Abb. 64: Die zeitliche Abnahme des mittleren Restlösemittelanteils (PGMEA) in einer Lackschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und der Softbake-Temperatur

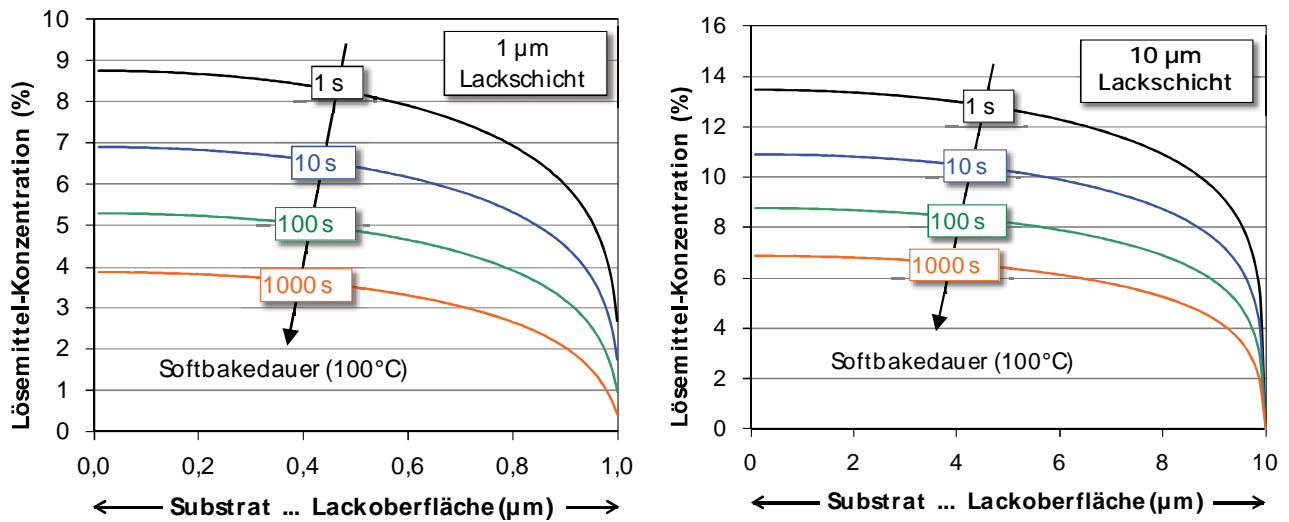


Abb. 65: Die simulierte zeitliche Entwicklung des Pro %s der Lösemittel-Konzentration in einer 1 µm (links, Lösemittelkonzentration vor dem Softbake = 15 %) und 10 µm (rechts, Lösemittelkonzentration vor dem Softbake = 35 %) dicken Lackschicht zeigt deutlich einen v. a. nahe der Lackoberfläche ausgeprägten Gradienten.

sert die Lackhaftung und unterdrückt eine N₂-Bläschenbildung in Substratnähe DNO-basierter Lacke beim Belichten, während ein Verkleben mit der Fotomaske durch eine lösemittelarme Lackoberfläche verhindert werden kann.

Da vor allem bei dicken Lackschichten das Lösemittel von der Lackoberfläche rascher verdunstet als es aus der Tiefe nachdiffundieren kann, bildet sich während des Softbakes ein Tiefen-Gradient der Restlösemittel-Konzentration. Dieser Gradient verstärkt sich in der Nähe der Lackoberfläche, da die Diffusion in der bereits Lösemittel-verarmten Grenzschicht stark unterdrückt ist.

Abb. 65 zeigt die mit dem eingangs in diesem Abschnitt beschriebenen Formalismus numerisch simulierte zeitliche Entwicklung des Gradienten der Restlösemittelkonzentration in der Lackschicht zwischen Substrat und Lackoberfläche während des Softbake in unterschiedlich dicken Lackschichten. Während die Lackoberfläche sowohl bei dünnen als auch dicken Lackschichten nahezu restlösemittelfrei ist, nimmt die Substratnahe Restlösemittel-Konzentration mit der Lackschichtdicke deutlich zu.

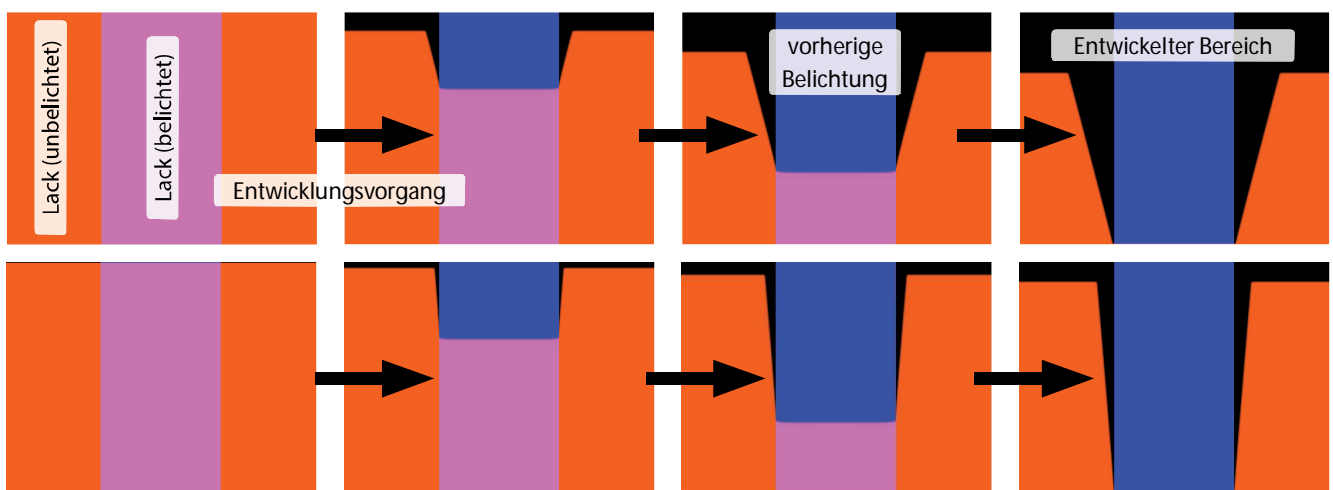


Abb. 66: Eine im Querschnitt dargestellte numerische Simulation des zeitlichen Ablaufs der Entwicklung eines Positivlacks. In der oberen Reihe ist der für die Simulation angenommene Dunkelabtrag deutlich größer als in der unteren Reihe, entsprechend stärker dünnt die gesamte unbelichtete Lackschicht bis zur Durchentwicklung der belichteten Bereiche aus, und desto weiter gräbt sich der Entwickler auch lateral in die Lack anken mit acheren (positiveren) Lackpro len als Folge.

Auswirkung der Softbakeparameter auf die Entwicklung von Positivlacken

Zu hohe Restlösemittelkonzentration

Eine zu hohe Restlösemittelkonzentration in unzureichend gebackenen Positivlackschichten führt beim Entwickeln zu einem erhöhten, unerwünschten Abtrag der unbelichteten Lackbereiche (Dunkelabtrag), wodurch nicht nur die Lackschicht ausdünn. Durch den Entwicklerabtrag an den Ecken und Flanken der Lackprole leidet auch die Strukturtreue der Lackstege und -öffnungen wie auch deren Flankenteilheit, wie in Abb. 66 durch die Simulation des Entwicklungsvorgangs einer Lackschicht im Querschnitt dargestellt.

Abb. 67 zeigt die gemessene Dunkelabtragsrate einer Schicht AZ[®] 6632 bei verschiedenen Softbakeparametern in einem zur Verdeutlichung dieser Abhängigkeit sehr scharfen (AZ[®] 400K : H₂O = 1 : 2) Entwickleransatz. In üblichen Entwicklerlösungen ist die Dunkelabtragsrate deutlich geringer, allerdings steigt damit auch die Entwicklungsdauer in welcher auch der Dunkelabtrag wirken kann.

Neben einem erhöhten Dunkelabtrag führt eine erhöhte alkalische Löslichkeit der entwickelten Lackstrukturen auch zu einem stärkeren Angriff der Lackschicht in Ätzmedien oder Elektrolyten mit einem pH > 7, was nicht nur die Form Lackprole ändert sondern auch zu einer Kontamination des Ätzmediums bzw. des Elektrolyten mit Lösemittel aus dem Lack führen kann.

Eine hohe Restlösemittelkonzentration in Substratnähe kann sich zudem nachteilig auf die Haftung der Lackschicht bei nasschemischen Prozessen wie Ätzen oder die galvanische Abscheidung auswirken.

Thermischer Zerfall des Fotoinitiators

Da unbelichteter Fotoinitiator DNQ-basierter Positivlacke ein Inhibitor gegen alkalische Löslichkeit ist, kann die Dunkelabtragsrate sehr heiß oder lange gebackener Lacke durch den damit verbundenen Zerfall des Fotoinitiators allerdings auch wieder zunehmen. Dieser Effekt tritt jedoch erst bei sehr langen oder/und heißen Softbakeschritten signifikant auf.

Auswirkung der Softbakeparameter auf die Entwicklung von Negativlacken

Zu hohe Restlösemittelkonzentration

Bei quervernetzenden Negativlacken kann eine zu hohe Restlösemittelkonzentration die Quervernetzung

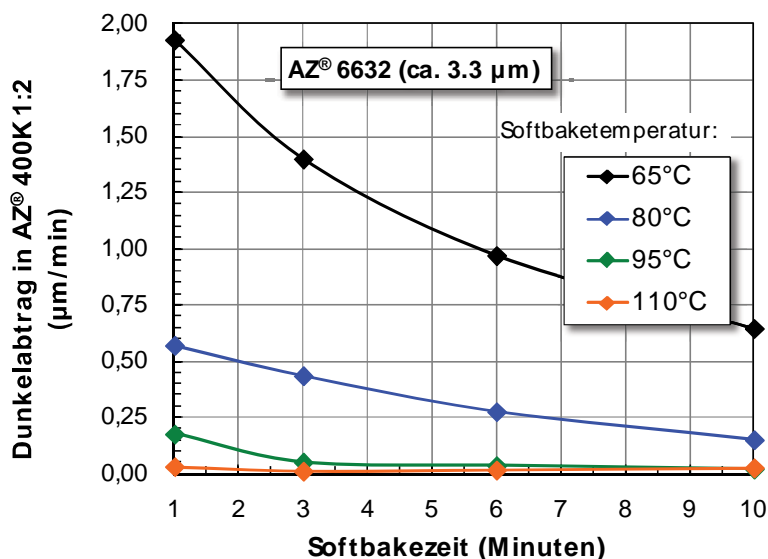


Abb. 67: Die Auswirkungen der Softbakezeit und -temperatur auf den Dunkelabtrag (= die Abtragsrate von unbelichtetem Positivlack im Entwickler)

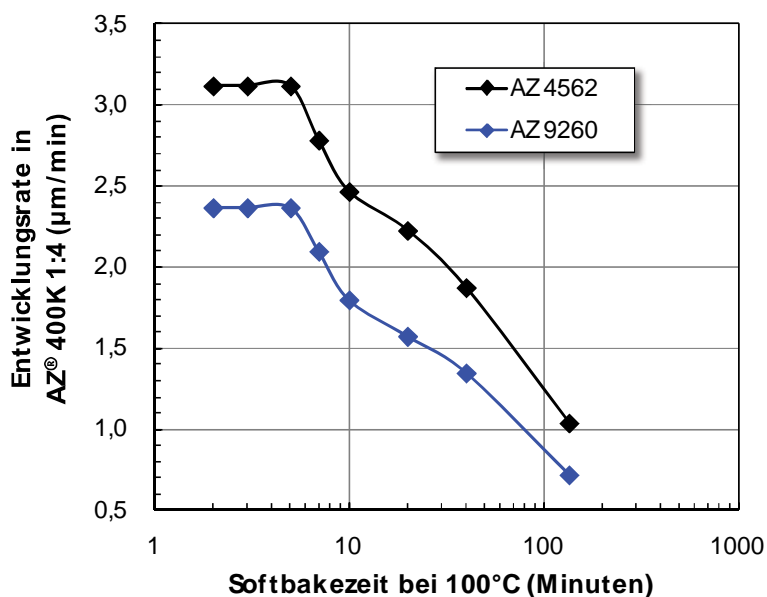


Abb. 68: Die Auswirkungen der Softbakedauer auf die Entwicklungsrate von durchbelichtetem Positivlack durch thermisch zersetzten Fotoinitiator

des Harzes behindern und damit einen unerwünschten Abtrag der belichteten Lackbereiche verursachen.

Wie auch bei Positivlacken kann eine zu hohe Restlösemittelkonzentration die Haftung der Lackschicht zum Substrat sowie deren Stabilität in nasschemischen Medien verschlechtern.

Thermische Quervernetzung

Auch wenn bei Negativlacken die Quervernetzung des Harzes über eine Belichtung initiiert oder ausgeführt wird, kann eine mehr oder weniger starke Quervernetzung bei höheren Temperaturen auch ohne vorherige Belichtung rein thermisch aktiviert stattfinden. In Abb. 69 ist dieser Zusammenhang am Beispiel unseres Negativlacks AZ® nLOF 2070 gezeigt.

Durch die thermische Quervernetzung auch der später nicht belichteten Lackbereiche kann ein zu heißer oder/und langer Softbake die Entwicklungsrate verringern bzw. die Durchentwicklung erschweren und die Freientwicklung von sehr schmalen Löchern oder Gräben unmöglich machen.

Optimale Softbake-Parameter

Stets ein Kompromiss

Bei zu kühl oder/und kurz gebackenen Lackschichten kann ein hoher Restlösemittelanteil einen unerwünschten Abtrag im Entwickler fördern und die Lackhaftung und -stabilität in nasschemischen Medien verschlechtern.

Zu hohe Temperaturen oder/und Zeiten beim Softbake können die fotoaktive Substanz von Positivlacken teilweise zersetzen oder eine thermische Quervernetzung des Harzes von Negativlacken bewirken.

Temperatur und Zeit

Soweit in den technischen Datenblättern nicht anders angegeben, empfehlen sich für AZ® und TI Fotolacke als Startpunkt für weitere spezifische Optimierungen 100°C für 1 Minute/ μm Lackschichtdicke.

Bei temperaturempfindlichen Substraten oder einem Fokus auf schnelle Prozesszeiten auch im Falle dicker Lackschichten lassen sich die Parameter Temperatur und Zeit in Grenzen variieren: Pro 10°C Temperaturerhöhung im Bereich zwischen 80 und 110°C kann die Backzeit halbiert werden, und umgekehrt.

Diese Zahlenwerte für Temperatur und Zeit beziehen sich auf die Verhältnisse direkt in der Lackschicht. Je nach verwendetem Substrat und Equipment ist zu berücksichtigen, dass zwischen der an der Heizquelle eingestellten Temperatur und dem zeitlichen Temperaturverlauf in der Lackschicht mehr oder weniger große Unterschiede bestehen können.

Problemstellungen beim Softbake dicker und sehr dicker Lackschichten

Die für eine Lackschicht zum Erreichen eines bestimmten Restlösemittelgehalts notwendige Trocknungsdauer wächst als Diffusions-limitierter Vorgang ungefähr mit dem Quadrat der Lackschichtdicke. Für DNQ-basierte dicke Positivlacke ist eine ausreichende Trocknung jedoch besonders wichtig um v. a. in Substratnähe eine N_2 -Bläschenbildung beim Belichten zu verhindern, deren Auftreten von großen Lackschichtdicken begünstigt wird. Eine bis zum Substrat vollständige Trocknung mehrerer 10 μm dicker Lackschichten würde Temperaturen und Zeiten erfordern, welche die Lackschicht über einen Zerfall des Fotoinitiators oder einer thermischen induzierten Quervernetzung von Negativlacken schädigen und die für Dicklacke ohnehin schon langen Entwicklungszeiten unzumutbar verlängern würde.

Zudem neigen zu intensiv gebackene Lackschichten mit zunehmender Schichtdicke zu mechanischen Spannungen bis hin zur Rissbildung, was sie v. a. für nachfolgende nasschemische Prozesse wie Ätzen oder Gal-

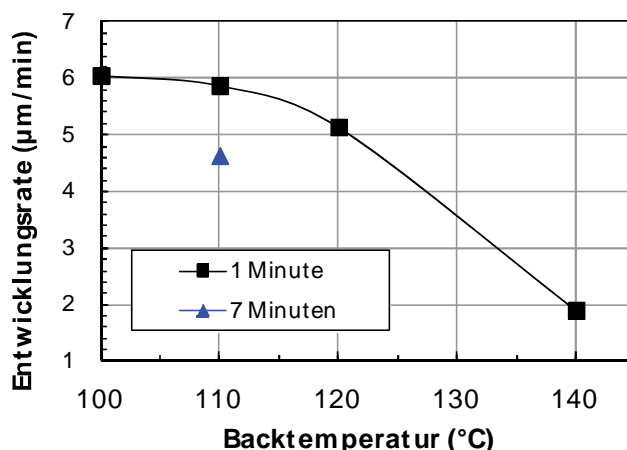


Abb. 69: Die Entwicklungsrate des AZ® nLOF 2070 sinkt nach höheren Backtemperaturen bzw. längeren Backzeiten durch die hierbei zunehmende thermische Quervernetzung des Harzes,

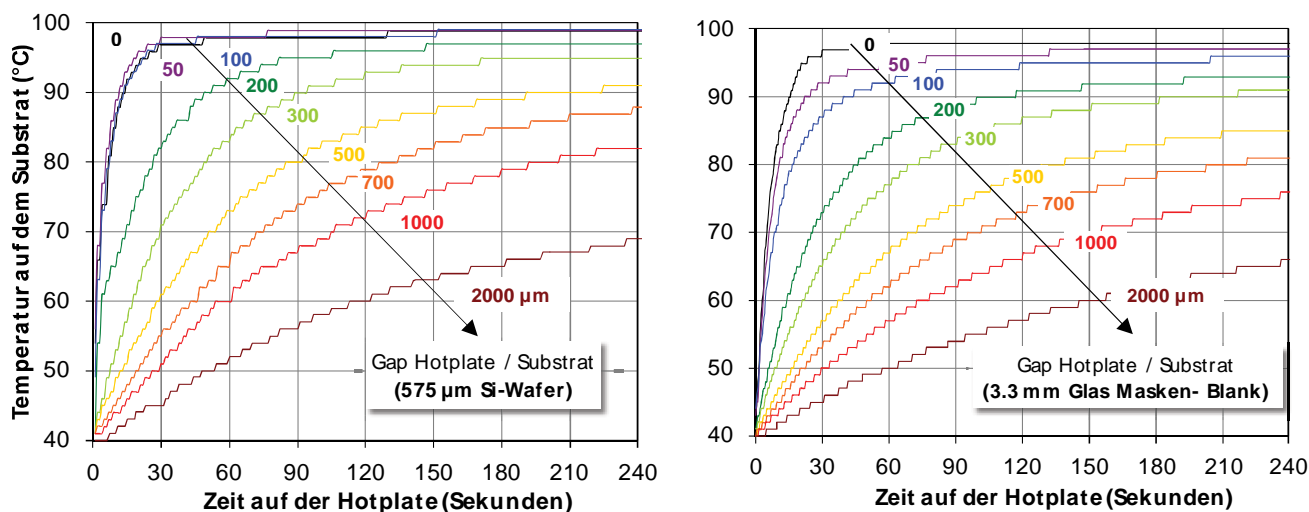


Abb. 70: Die auf dem Substrat (links: Silicium-Wafer, rechts: Glas-Wafer) gemessene Temperatur als Funktion der Zeit auf einer auf 100°C eingestellten Hotplate mit unterschiedlichen Abständen (Gaps) zwischen Hotplate und Substrat. Bei großen Gaps dominiert die Wärmeisolierung durch den Luftspalt die Temperaturkurve, für kleine Abstände die unterschiedliche Wärmekapazität und -leitung der Substrate. Das verwendete Thermoelement misst nur ganze °C, deshalb die Treppenform der Kurven.

vanik unbrauchbar macht.

Aus diesen Gründen wird das von den Parametern Temperatur und Zeit aufgespannte Prozessfenster für den Softbake mit zunehmender Lackschichtdicke immer kleiner und bedarf einer sorgfältigen, auf den konkreten Prozess abgestimmten Optimierung. Falls auch diese Optimierungsversuche der Softbakeparameter nicht zum gewünschten Ziel einer ausreichend getrockneten, aber thermisch weitgehend unbeschädigten Lackschicht führen, bieten sich die im folgenden Abschnitt beschriebenen Maßnahmen an.

Ausreichende Trocknung sehr dicker Lackschichten

Über eine Mehrfachbelackung mit einem Softbake-Schritt nach jedem Belackungsschritt kann auch mit einer vertretbaren (Gesamt-)Softbakezeit eine gleichmäßigere Trocknung der gesamten Lackschicht erzielt werden, als es ein einziger Softbake nach Abschluss der Mehrfachbelackung ermöglichen würde. Hierbei ist jedoch die effektive Softbakedauer der zuerst aufgetragenen Lackschicht, welche auch den Softbake-Schritten der danach aufgetragenen Belackungen ausgesetzt ist, größer als die der jeweils danach durchgeführten Belackung. Um diesen Effekt zu minimieren, bietet sich für jeden Belackungsschritt ein jeweils schwächerer Softbake (z. B. 80°C für 1 Minute je µm Schichtdicke der zuletzt aufgetragenen Lackschicht) an, und nur für die letzte Lackschicht 100°C für 1 Minute je µm Schichtdicke der letzten Belackung.

Eine Alternative dazu ist eine Trocknung im Vakuum bei mäßigen Temperaturen (Vakuum-Hotplate) bzw. bei Raumtemperatur. Liegt der Umgebungsdruck unter dem Partialdruck des Lösemittels, verdunstet dieses rascher aus der Lackschicht. Bei der Belackung muss allerdings auf absolute Blasenfreiheit geachtet werden, da sich kleinste Lufteinschlüsse im noch flüssigen Lack im Vakuum stark ausdehnen und die Lackschicht schädigen. Lassen sich Bläschen nicht vermeiden, hilft u. U. eine kurze Vortrocknung (z. B. 5 Minuten bei 100°C) unter Normaldruck, um die Lackschicht für die Vakuum-Trocknung ausreichend zu stabilisieren.

Nicht-Ideale Softbake-Bedingungen?

Massive oder nicht-planare Substrate

Bei nicht ganz ähig au liegenden (gewölbten, verspannten) oder massiven und schlecht die Wärme leitenden Substraten wie Glas oder Keramiken dauert der Aufheizvorgang auf Hotplates länger. Zusätzlich kann die tatsächliche Temperatur in der Lackschicht deutlich unter der Temperatur der Hotplate liegen.

Abb. 70 zeigt das Ergebnis von Messungen zur Abschätzung des zeitlichen Verlaufs der effektiven Temperatur auf der Oberfläche für einen 575 µm dicken Silicium-Wafer (links) und ein mehrere mm starkes Glas Masken-Blank (rechts) als Funktion des Abstands zwischen Hotplate und Substrat. Bei kleinen Abständen lässt die sehr gute Wärmeleitung von Silicium und die vergleichsweise geringe Wärmekapazität des dünnen

Wafers die Temperatur in der Lackschicht sehr rasch auf die Hotplate-Temperatur ansteigen, während das 3.3 mm dicke Glas sich nur verzögert aufheizt. Hin zu größeren Gaps verliert der Substrat-Typ immer weniger an Einfluss, und die gemessene Temperatur an der Lackoberfläche wird durch den Abstand zur Hotplate bestimmt.

Für den Si-Wafer und kleine ($< 100 \mu\text{m}$) Gaps hat sich bei diesen Experimenten gezeigt, dass die Oberfläche (poliert/rau) der Wafer-Rückseite den Temperaturgang deutlich beeinflusst. Zudem ließ bei einer direkten Auflage des Wafers ($0 \mu\text{m}$ Gap) ein künstlich erhöhter Anpress-Druck des Wafers auf die Hotplate die Temperatur wesentlich rascher ansteigen. Dies zeigt, dass ein echter Kontakt zwischen Substrat und Hotplate schwer zu erzielen ist, was den Temperaturgang v. a. für gut Wärmeleitende Substrate geringer Wärmekapazität messbar beeinflusst.

Je nach Substrat-Typ können also längere Softbakezeiten oder höhere Temperaturen notwendig sein, um die Lackschicht ausreichend zu trocknen.

Softbake im Ofen statt auf der Hotplate

In einem Ofen bewirkt der vergleichsweise träge Wärmeübertrag über die Luft anstelle der unmittelbaren Wärmeleitung bei einer Hotplate v. a. bei Substraten mit hoher Wärmekapazität (Glas, Keramiken) eine anfangs geringere effektive Temperatur. Damit verkürzt sich wie in Abb. 71 schematisch dargestellt die Zeit während der die Lackschicht auf Zieltemperatur ist, was sich besonders bei kurzen Backschritten von wenigen Minuten auf die erzielte Verringerung der Lösemittelkonzentration in der Lackschicht auswirkt.

Ohne direkten Kontakt zu ebenen metallischen und massiven Oberflächen (z. B. mittels einer Ofen-Hotplate) empfehlen wir, verglichen mit einem Hotplate-Prozess, im Ofen einige Minuten mehr für den Softbake zu veranschlagen.

Mögliche Temperaturunterschiede von mehreren $^{\circ}\text{C}$ an verschiedenen Stellen in einem Ofen erschweren die Reproduzierbarkeit temperatursensitiver Prozesse. Wird der Ofen zum Bestücken geöffnet, ist durch den Luftaustausch mit einer Temperatur-Hysterese zu rechnen, welche v. a. beim deutlichen Übersteigen der Soll-Temperatur die Lackschicht schädigen kann.

Bestimmung der effektiven Lack-Temperatur

Bei planaren, dünnen und thermisch gut leitenden Substraten ohne Gap auf einer Hotplate kann in guter Näherung davon ausgegangen werden, dass die effektive Lacktemperatur nach nur kurzer Verzögerung der Temperatur der Hotplate entspricht.

Es ist mit technischem Aufwand ohnehin sehr schwierig, während des Softbake den Temperaturverlauf der Lackschicht zu messen. Das Absorptionsverhalten von Thermoelementen (Si-Substrate sind weitgehend transparent für die Wärmestrahlung der Hotplate welche dann durch den Wafer direkt auf das Thermoelement strahlt), sowie deren thermische Trägheit verfälschen das Messergebnis stark.

Deshalb ist es bei schlecht wärmeleitenden Substraten oder/und der Verwendung von Öfen statt Hotplates in der Regel sinnvoller, für jeden Prozess die optimalen Softbake-Parameter empirisch zu bestimmen, in dem Zeit und Temperatur in einer Versuchsmatrix mit Blick auf ein optimales Prozessergebnis hinsichtlich Entwicklungsrate, Flanken und Strukturtreue der entwickelten Strukturen variiert werden.

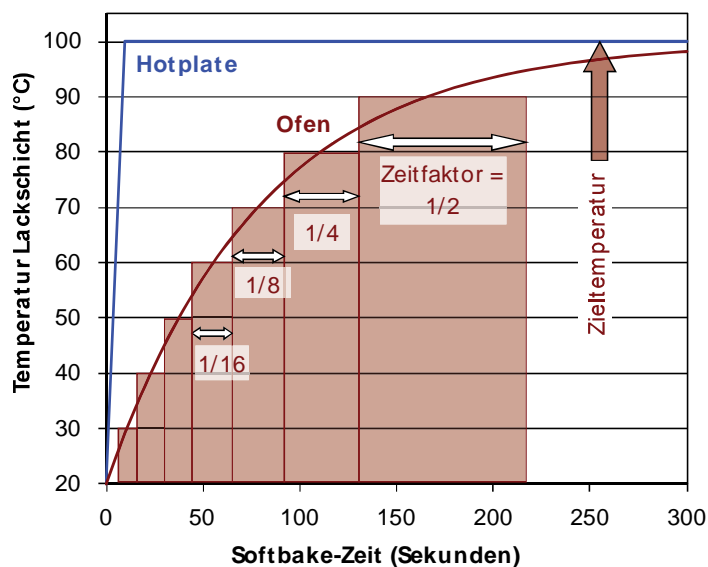


Abb. 71: Die, verglichen mit einer Kontakt-Hotplate, langsame Erwärmung des Substrats in einem Ofen erfordert eine Verlängerung der Softbakezeit. Pro 10°C unter der Zieltemperatur halbiert sich in etwa die Verdunstungsrate des Lösemittels, hier schematisch gezeigt durch Zeitspannen mit entsprechendem „Zeitfaktor“.

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) | ≈ 2 - 3 µm ≈ 5 - 20 µm | AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF | TechniStrip [®] P1316 TechniStrip [®] P1331 TechniStrip [®] NF52 TechniStrip [™] MLO 07 |
| | AZ [®] 125 nXT | | ≈ 20 - 100 µm | AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF | | |

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 Standardequipment 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 Metallionenfremde (MIF-) Entwickler sind deutlich teurer und dann sinnvoll, wenn metallionenfremd 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.

Metallionenfremde 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 Au oder 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:

☞ 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: ☞ www.microchemicals.com/de/produkte/galvanik.html

Lösemittel (MOS, VLSI, ULSI)

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

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

Säuren und Basen (MOS, VLSI, ULSI)

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

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

Ätzmischungen

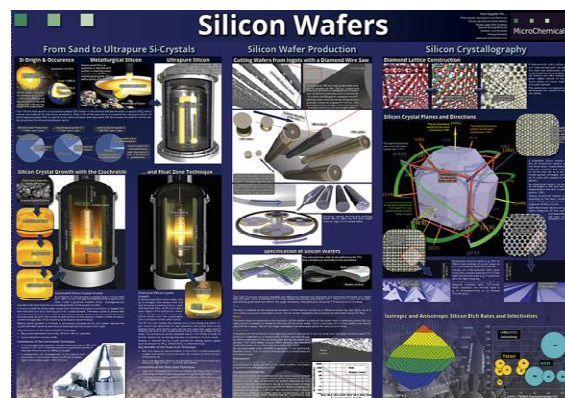
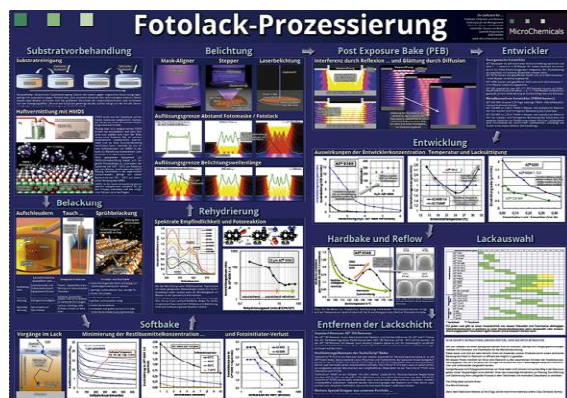
Für z. B. Chrom, Gold, Silicium, Kupfer, Titan, Titan / Wolfram u. a.

☞ 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

MicroChemicals GmbH
Nicolaius-Otto-Str. 39
89079, Ulm
Germany

Fon: +49 (0)731 977 343 0
Fax: +49 (0)731 977 343 29
e-Mail: info@microchemicals.net
Internet: www.microchemicals.net