

gewissen Bereich eingestellt werden kann.

Bei vielen AZ®-Lacken wie der AZ® 1500-, AZ® 4500-, AZ® 9200- oder AZ® ECI 3000-Serie benennen die beiden letzten Ziffern der Bezeichnung (z. B. AZ® 1518) die bei 4000 U/min (bei manchen Lacken bei 3000 U/min) erzielte Lackschichtdicke in der Einheit 100 nm – am Beispiel des AZ® 1518 also 1.8 µm.

**Einfluss der Schleuderzeit**

Stoppt man das Aufschleudern während der Phase, in der noch Lack vom Substrat abgeschleudert wird, lässt sich die erzielte Lackschichtdicke über die Schleuderzeit einstellen. Je höher viskos ein Lack ist, und je langsamer geschleudert wird, desto größer ist das entsprechende Zeitfenster der Schleuderzeit:

Wie Abb. 54 zeigt, ist mit üblichen Schleuderdrehzahlen von 3000 - 4000 U/min bei dünneren Lacken wie dem AZ® 6632 die finale Lackschichtdicke von ca. 3 µm schon nach wenigen Sekunden, bei Dicklacken wie dem AZ® 9260 mit 7 µm erst nach ca. 20 Sekunden erreicht. Das weitere Ausdünnen der Lackschicht beruht auf dem Verdunsten des Lösemittels während des Schleuderns bzw. dem anschließenden Softbake, welcher eben diesen Zweck verfolgt.

Da die erzielte Lackschichtdicke beim Unterbrechen des Aufschleuderns während des Abschleuderns des Lacks sehr zeitkritisch ist, ist es jedoch aus Gründen der Reproduzierbarkeit empfehlenswert, einen Lack zu verwenden, der durch seine Viskosität mit üblichen Schleuderprofilen (2000 - 4000 U/min für 20 - 30 Sekunden) nach Beendigung des Abschleuderns die gewünschte Schichtdicke erzielt.

**Restlösemittelanteil in der Lackschicht**

Der Restlösemittelanteil in der Lackschicht beeinflusst ebenfalls die Lackschichtdicke. Während des Aufschleuderns sinkt durch Verdunstung die verbliebene Lösemittelkonzentration zunächst rasch und erreicht einen Wert, der von der Lackschichtdicke und dem im Lack verwendeten Lösemittel abhängt. Typische Werte

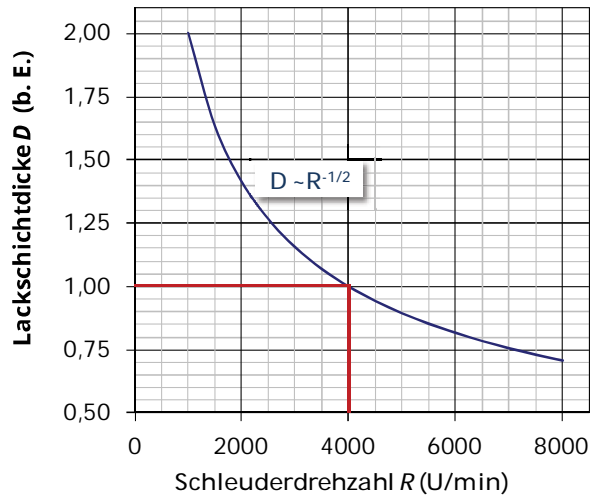


Abb. 53: Die erzielte Schichtdicke eines beliebigen Fotolacks (in beliebigen Einheiten, normiert auf 1 bei 4000 U/min) folgt der reziproken Quadratwurzel der Schleuderdrehzahl.

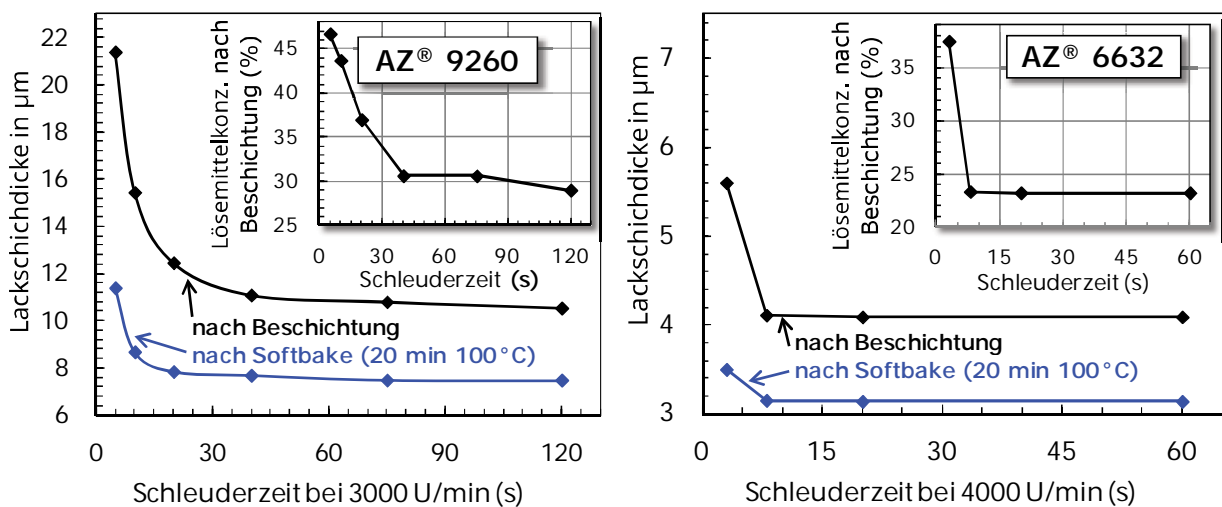


Abb. 54: Bei höher viskosen Lacken wie dem AZ® 9260 (links) dauert das Abschleudern des Lacks bei 3000 U/min ca. 20 s (äußeres Diagramm), längere Schleuderzeiten verringert die nach dem Softbake erzielte Lackschichtdicke (blauer Graf) kaum mehr. Die unmittelbar nach dem Aufschleudern gemessene Schichtdicke (schwarz) nimmt zwar weiter ab, was aber hauptsächlich am beim Schleudern verdunstenden Restlösemittel beruht (inneres Diagramm). Bei einem weniger viskosen Lack wie dem AZ® 6632 (rechts) ist das Abschleudern bereits nach wenigen Sekunden abgeschlossen.

der Restlösemittelkonzentration nach dem Aufschleudern liegen zwischen ca. 10 % (Dünnlacke) und 35 % (Dicklacke). Erst bei höheren Temperaturen während des Softbake verringert sich die Konzentration weiter auf ca. 3 - 5 % wobei substratnahe Lackbereiche gerade bei dicken Lackschichten tendenziell höhere Werte aufweisen als Bereiche nahe der Lackoberfläche.

#### Einfluss der Temperatur beim Aufschleudern

Mit zunehmender Temperatur steigt die Verdunstungsrate des Lösemittels und sinkt die Viskosität des Lacks. Beide Effekte kompensieren sich teilweise in ihrer Auswirkung auf die erzielte Lackschichtdicke, so dass eine Änderung der Temperatur um wenige °C für unkritische Prozesse keine zu großen Schwankungen der erzielten Lackdicke bedeutet.

#### Einfluss des Equipments

Neben der Temperatur und der relativen Luftfeuchte beeinflusst auch die Lösemittelkonzentration der Atmosphäre im Belacker die erzielte Lackschichtdicke: Je gesättigter die Luft mit Lösemitteldämpfen ist, desto geringer ist die Verdunstungsrate des Lösemittels aus der Lackschicht, desto länger dauert das Abschleudern des Lacks und desto geringer ist die erzielte Lackschichtdicke. Nach erfolgter Reinigung des Belackers von Lackresten oder längeren Belackungspausen kann es daher sinnvoll sein, zunächst einige Dummy-Wafer zu belacken, um bei allen folgenden Belackungen eine konstante Schichtdicke zu erzielen.

Einen großen Einfluss auf das Belackungsergebnis hat das Equipment selbst: Die Verwendung eines Gyr-Sets (eine synchron mit dem Substrat rotierende Abdeckung) verringert die relative Luftbewegung über dem Substrat und damit die Verdunstungsrate des Lösemittels aus der Lackschicht und kann dadurch die erzielte Lackschichtdicke um einen Faktor zwei oder mehr verringern.

## Der Randwall und seine Beseitigung oder Verringerung

#### Ursachen und Folgen des Randwalls

Vor allem beim Aufschleudern dicker Lackschichten sowie bei eckigen Substraten bildet sich ein mehr oder weniger stark ausgeprägter Randwall, also eine Überhöhung der Fotolackschicht am Rand des Substrates, die v. a. bei der Kontaktbelichtung problematisch ist:

Durch den auch nach dem Softbake noch relativ hohen Restlösemittelanteil im Randwall kann es dort zu einem Verkleben des belackten Substrats mit der Fotomaske kommen. Der Randwall wirkt zudem als ungewollter Abstandshalter zwischen der zu strukturierenden Lackschicht und der Fotomaske beim Belichten, was oftmals der Grund für eine schlechte laterale Auflösung oder ungewollt flache entwickelte Lackflankenwinkel ist.

#### Verringerung oder Beseitigung des Randwalls

Falls keine automatische Randwallentfernung implementiert ist, bieten sich zur Verminderung/Beseitigung des Randwalls folgende Möglichkeiten an:

- Bei runden Substraten: Dynamische Randwallentfernung bei ca. 500 U/min mit AZ® EBR Solvent (keine Lösemittel mit hohem Dampfdruck wie z. B. Aceton!) aus einer Waschflasche mit feiner Spritzdüse
- Die Verwendung eines Lacks, der bei ausreichend hohen Schleuderdrehzahlen (3000 - 4000 U/min) die Zielschichtdicke erreicht
- Beim Aufbau sehr dicker Lackschichten: Eine höhere Schleuderdrehzahl für kürzere Zeit (vgl. Abb. 57)
- Ein Abschleudern des Randwalls durch abrupte Zunahme der Schleuderdrehzahl dann, wenn die Lackschicht schon ausreichend angetrocknet, der Randwall aber noch flüssig genug für einen Abriss ist. Diese Maßnahme erfordert jedoch zur Zielerreichung eigene Versuche mit unterschiedlichen Schleuderprofilen.
- Eine Mehrfachbelackung mit jeweils höherer Schleuderdrehzahl (vgl. Abb. 58)
- Eine von der Lackschichtdicke und dem Restlösemittelgehalt abhängige Wartezeit zwischen Belackung und Softbake, um eine Erhöhung des bestehenden Randwalls durch die bei hohen Temperaturen abnehmende Viskosität der Lackschicht zu verhindern (evtl. auch über eine mehrstufige Trocknung für jeweils einige Minuten bei z. B. 50°C und 70°C vor dem eigentlichen Softbake).
- Falls es das Equipment und die verwendeten Substrate zulassen: Ein Aufbau auf dem Substratteller (z.

B. Blechscheibe) mit einer Vertiefung, welche das Substrat bündig aufnimmt.

- Bei eckigen Substraten: Falls technisch möglich ein Entfernen (Brechen) der Randstücke des Substrates samt Randwall, oder Abwischen des Randwalls mit Reinraumtüchern

## Ursachen und Abhilfen bei inhomogenen Belackungsergebnissen

### Texturierte Substrate

Um auf texturierten Substraten ein möglichst homogenes Belackungsbild zu erzielen kann ein zweistufiges Schleuderprofil sinnvoll sein: Durch ein kurzes Anschleudern bei ca. 500 U/min kann sich zunächst der Lack über die Texturen des Substrats verteilen um dann bei höheren Drehzahlen auf die gewünschte Schichtdicke ausgedünnt zu werden. Das Anschleudern bei geringen Drehzahlen sollte nicht länger als wenige Sekunden dauern um ein Antrocknen des Lacks bereist in diesem Stadium zu verhindern.

Falls sich dadurch kein zufriedenstellende Belackungsergebnis erzielen lässt kann eine alternative Belackungsmethode wie die Tauchbelackung oder Sprühbelackung in Erwägung gezogen werden.

### Eckige Substrate

Hier bewirkt die Luftverwirbelung an den Kanten und v. a. Ecken des Substrats eine dort beschleunigte Lacktrocknung welche das Abschleudern des Lacks an diesen Stellen unterdrückt und einen Randwall aus Lack bewirkt.

### Equipment

Inhomogene Lackschichten haben ihre Ursache oft in ungeeignetem Equipment: Öffnungen im Deckel des Spincoaters bewirken beim Rotieren des Substrats Turbulenzen über der Lackschicht welche zu einem ungleichmäßigen Antrocknen derselbigen führen. Es ist meist sinnvoll, diese Öffnungen so von innen abzudecken (-kleben) dass die Innenseite des Deckels eine möglichst glatte, unterbrechungsfreie Oberfläche bildet. Die inneren Seitenwände des Belackers sollen so geneigt sein, dass abgeschleudertes Lack nicht zurück auf das Substrat sondern nach unten abgelenkt wird.

### Verwendeter Lack

Zum Aufschleudern sollten nur für diese Belackungstechnik geeignete Lacke mit hoch siedenden Lösemitteln verwendet werden. Niedersiedende Lösemittel lassen den Lack beim Aufschleudern zu rasch antrocknen und verhindern die Ausbildung einer über das Substrat homogenen Lackschichtdicke. Soweit nicht anders gekennzeichnet sind unsere AZ<sup>®</sup>- und TI Lacke für das Aufschleudern optimiert.

### Lackabrisse

Keilförmige Lackabrisse oder Ausdünnungen („Kometen“) starten oft bei Luftblasen im Lack oder Partikeln im Lack bzw. auf dem Substrat.

Ein weiterer Grund für Lackabrisse kann eine zu geringe Lackmenge (deren Optimum von der Substratgröße, Lackschichtdicke, Lackviskosität und vom Schleuderprofil abhängt) oder dezentral auf dem Substrat dispensierter Lack sein.

Falls diese Ursachen nicht in Frage kommen, hilft bei nicht texturierten Substraten oftmals eine große Beschleunigung (einige 1000 U/min/s) von Null auf die Endschleuderdrehzahl: Abb. 55 zeigt das Belackungsergebnis für drei unterschiedlich steile Rampen des Schleuderprofils. Ein zweistufiges Schleuderprofil mit einem Anschleudern bei kleineren Schleuderdrehzahlen als der Endschleuderdrehzahl ist nur bei texturierten Substraten empfehlenswert, bei denen sich der Lack zunächst gleichmäßig über die Texturen verteilen muss.

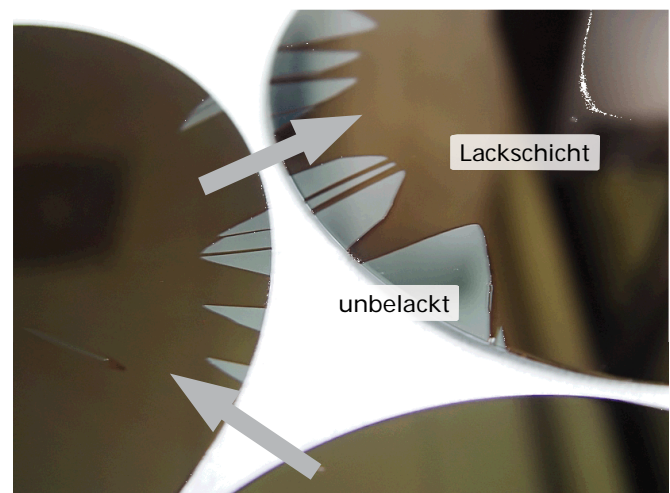


Abb. 55: Bei einer (in Pfeilrichtung) abnehmenden Beschleunigung auf die Endschleuderdrehzahl nimmt die Gefahr der hier erkennbaren Lackabrisse am Rand der Wafer zu.

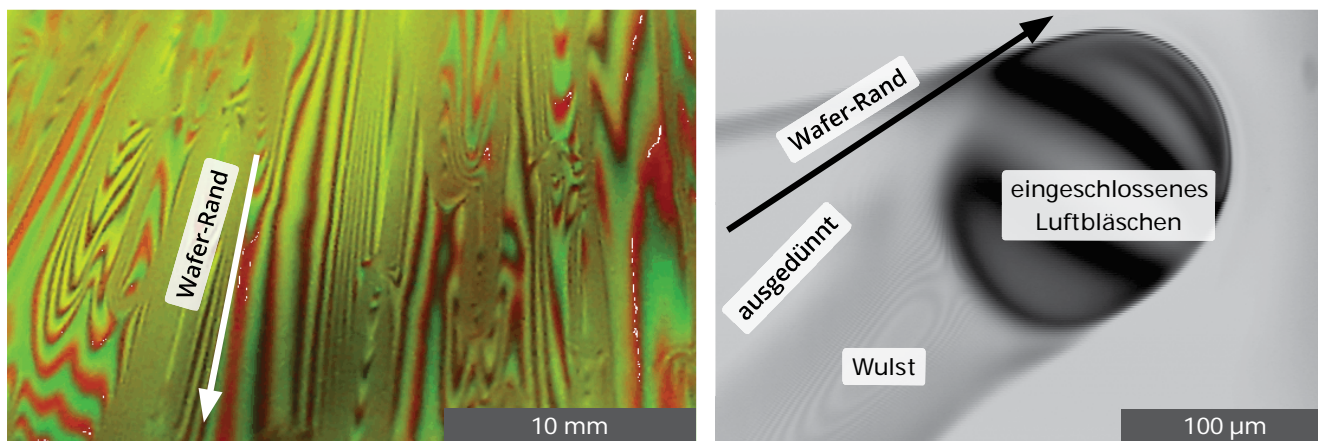


Abb. 56: Vermeintlich durch Partikel ausgelöste Inhomogenitäten der Lackschicht nach dem Aufschleudern (links) haben ihren Ursprung oftmals in eingebrachten Luftbläschen (rechts)

## Partikel oder Bläschen in der Lackschicht?

### Erscheinungsbild

Radiale, streifenförmige Inhomogenitäten der Lackschicht starten oft an Partikeln oder Gasbläschen in der aufgetragenen Lackschicht. Durch die meist mikroskopische Größe der Partikel oder Bläschen kann mit dem bloßen Auge meist nicht bestimmt werden, was von beiden für die defekte Belackung verantwortlich ist. Unserer Erfahrung nach werden in vielen Fällen fälschlicherweise Gasbläschen für Partikel gehalten.

### Partikel und Klümpchen

Bereits auf dem Substrat vorhandene Partikel können vor der Belackung über eine Reinigung mit Isopropanol entfernt werden. Falls sich vor dem Belackern wieder Partikel aus der „Reinraum“-Luft anlagern, können diese, zweckmäßigerweise unmittelbar vor der Belackung, mit Stickstoff abgeblasen werden.

Partikel bilden sich jedoch auch in überlagerten, falsch (zu warm) gelagerten, oder zu stark verdünnten Lacken, welche damit unbrauchbar werden. Bestimmte Lacke wie die AZ® 1500 oder 6600 Serie neigen wesentlich stärker zur Partikelbildung als typische Dicklacke wie der AZ® 4562 oder 9260 mit geringer Fotoinitiator-Konzentration.

Neben mikroskopischen Partikeln neigen manche stark verdünnten Lacken auch zu einer Art „Gelierung“, welche sich in zunächst vereinzelt, mm-großen Klümpchen auf der Lackschicht äußert.

### Luftbläschen

Luftbläschen können beim Bewegen der Flasche beim Transport (auch innerhalb des Reinraums), dem Umfüllen in ein anderes Gefäß, oder dem Aufziehen des Lacks in eine Pipette/Küvette zum Dispensieren in den Lack eingebracht werden.

In diesen Fällen hilft es, den bewegten Lackbehälter bzw. die senkrecht gehaltene Pipette/Küvette einige Zeit ruhen zu lassen um den Luftblasen die Möglichkeit zu geben, aufzusteigen. Die notwendige Ruhezeit hängt stark von der Viskosität des Lacks ab: Einige Minuten für Dünnlacke, bis Stunden für hoch-viskose Dicklacke genügen meist.

### Stickstoff-Bläschen

DNQ-basierte Fotolacke (wozu fast alle AZ® und TI Positiv- und Umkehrlacke gehören) setzen während der Lagerung aus dem allmählichen chemischen Zerfall des Fotoinitiators Stickstoff frei, welcher sich zunächst im Lack löst. Bleibt das Lackgebilde über Monate verschlossen, steigt der Partialdruck von Stickstoff im Lack an, wodurch sich beim Öffnen des Gebindes durch den plötzlichen Druckabfall Bläschen im Lack und in der aufgetragenen Lackschicht bilden können.

In diesem Fall kann es helfen, die verschlossene Lackflasche kräftig zu schütteln und dann mit leicht aufgesetztem Deckel – je nach Viskosität des Lacks – einige Stunden stehen zu lassen, um die Stickstoff-Bläschen ausgasen zu lassen. Eine Behandlung des offenen Gebindes im Ultraschallbad kann hierzu ebenfalls hilfreich sein.



## Lokal schlechte Benetzung

Auch an Stellen auf dem Substrat mit sehr schlechter Lackhaftung oder Lackbenetzung können Belackungsdefekte auftreten. Solche lokalisierten Stellen auf dem Substrat können ihren Ursprung in einer unzureichenden Substratreinigung (vgl. Abschnitt 8.1), einer falschen Anwendung von Haftvermittlern (vgl. Abschnitt 8.2), vorherigen Prozessschritten, oder Rückständen aus verdunsteten Tröpfchen von verunreinigten Chemikalien oder verkeimtem oder anderweitig verunreinigtem DI-Wasser haben.

## Messung der Lackschichtdicke

Neben optischen Methoden wie Transmissions- oder Reflexionsspektroskopie kann die Lackschichtdicke mit in vielen Fällen ausreichender Genauigkeit auch mit einem Oberflächenprofilometer bestimmt werden. Hierzu werden mit einem Skalpell oder einer Pinzette in die getrocknete Lackschicht auf einem belackten Test-Wafer Linien geritzt oder geschabt und deren Höhenprofil ausgemessen.

Eine Messung der Lackdicke an entwickelten Lackstrukturen ist für die Bestimmung der ursprünglichen Lackschichtdicke nach dem Softbake nur dann sinnvoll, wenn davon ausgegangen werden kann, dass die unbelichteten (bzw. bei Umkehr- oder Negativlacken belichteten) Lackbereiche durch den Entwickler nicht nennenswert ausgedünnt sind sondern die ursprüngliche Stärke der Lackschicht widerspiegeln.

## Erzielung dicker und sehr dicker Lackschichten

### Geeignete Schleuderprofile

Grundsätzlich ist es ratsam, für eine gewünschte Lackschichtdicke einen Lack zu verwenden, der diese Dicke bei üblichen Schleuderdrehzahlen von 2000 - 4000 U/min erzielt. Damit können z. B. mit den Positivlacken AZ® 4562 oder 9260, oder den Negativlacken AZ® nLOF 2070 oder AZ® 15 nXT, Schichtdicken bis ca. 10 µm, und mit dem Positivlack AZ® 40 XT oder dem Negativlack 125 nXT Schichtdicken bis ca. 50 µm erzielt werden. Prinzipiell lassen sich noch dickere Fotolackschichten über entweder geringe Schleuderdrehzahlen oder/und kurze Schleuderzeiten erzielen. Geringe Schleuderdrehzahlen führen jedoch zu einem stark ausgeprägten Randwall und können zudem verhindern, dass der Fotolack beim Aufschleudern an den Substrat-Rändern abreißt, was die erzielte Lackschichtdicke schwer reproduzierbar macht.

Deshalb ist ein für dicke Lackschichten jenseits der Standarddicke des verwendeten Fotolacks wesentlich besser geeignetes Schleuderprofil das in Abb. 57 schematisch dargestellte: Nach einer kurzen Rampe (ca. 1000 U/min/s) von Null auf ca. 1500 - 2000 U/min wird diese Geschwindigkeit für wenige Sekunden ( $T_2$ ) gehalten, danach rasch wieder auf 0 U/min abgebremst.

Über die mittels einer kleinen Versuchsreihe zu evaluierende Zeit  $T_2$  kann die erzielte Lackschichtdicke auf den gewünschten Wert eingestellt werden.

### Mehrfachbelackung

Kann auch mit den im vorherigen Abschnitt beschriebenen Maßnahmen die gewünschte große Lackschichtdicke mit der geforderten Homogenität nicht erzielt werden, empfiehlt sich eine Zwei- oder Mehrfachbelackung. Wie in Abb. 58 schematisch anhand des AZ® 9260 gezeigt, erfolgt der Lackaufbau dabei in mehreren Stufen: In diesem Beispiel wird für eine sehr große Lackdicke jede Teilbelackung wie im vorherigen Abschnitt erläutert bei 1500 U/min Schleuderdrehzahl für nur wenige Sekunden durchgeführt, gefolgt von einer Wartezeit zur Glättung und Antrocknung der Lackschicht. Ein kurzer Softbake stabilisiert jede neu aufgebraachte Lackschicht soweit, dass die jeweils folgende Belackung die bereits bestehende Lackschicht nicht auflöst. Diese Softbake-Schritte können zur Verbesserung der Homogenität des Belackungsergebnisses zweistufig ausgeführt werden. Der erste Schritt bei 60°C trocknet die Lackschicht vorsichtig an, um ein Verfließen der Lackschicht durch die

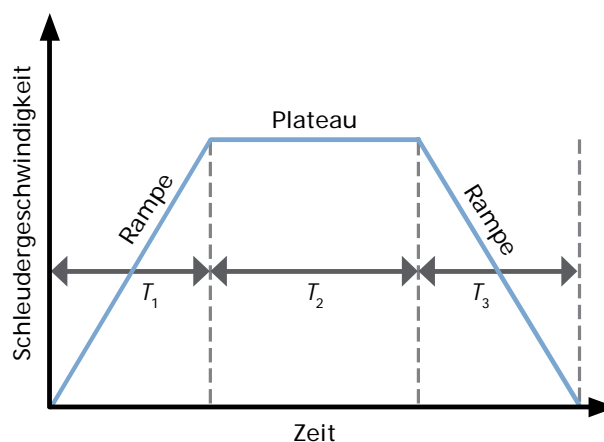


Abb. 57: Ein Schleuderprofil mit steilen Rampen (kurze  $T_1$  und  $T_3$ ) und einem einstellbar kurzen Plateau ( $T_2$ ) zur Erzielung dicker und dennoch homogener Lackschichten.

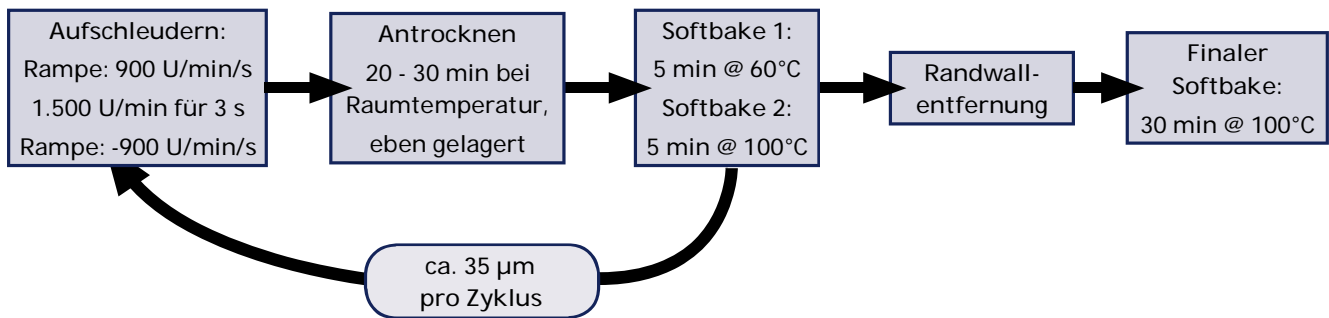


Abb. 58: Beispielhafte Prozessfolge einer Mehrfachbelackung mit dem AZ® 9260: Der Softbake nach jeder Belackung unterdrückt das Anlösen der Lackschicht bei der folgenden Belackung. Die eigentliche Trocknung der Lackschicht erfolgt zum Schluss.

abrupte Abnahme der Viskosität bei den nachfolgenden höheren Softbake-Temperaturen zu unterdrücken. Eine erfolgreiche Mehrfachbelackung setzt ausreichend hochviskose (lösemittelarme) Lacke wie z. B. AZ® 9260 oder AZ® 4562 voraus. Bei der Verwendung zu lösemittelhaltiger Dünnlacke löst der Lack ab der zweiten Beschichtung selbst bei raschem Dispensieren und einer gut durchgetrockneten vorhandenen Lackschicht diese zu stark an, was ein inhomogenes Belackungsbild zur Folge hat.

#### Geeignete Ultradicklacke

Neben den oben beschriebenen Schleuderprofilen für herkömmliche Dicklacke lassen sich sehr große Lackschichtdicken (ca. 30 - 300 µm) am einfachsten mit z. B. dem Positivlack AZ® 40 XT, oder dem Negativlack AZ® 125 nXT erzielen.

Durch die innovative Chemie dieser beiden chemisch amplifizierten Lacke gestaltet sich auch die weitere Prozessierung (Softbake, Belichtung und Entwicklung) wesentlich zügiger als mit herkömmlichen Dicklacken wie dem AZ® 4562 oder 9260, welche lange Prozesszeiten für den Softbake, die Rehydrierung und die Entwicklung notwendig machen.

## SPRÜHBELACKUNG

Die Sprühbelackung von Substraten kann in den Fällen eine sinnvolle Belackungstechnik für Fotolacke sein, wo die Substratgröße oder deren Texturierung ein Aufschleudern mit der erforderlichen Homogenität des Belackungsbildes nicht erlauben. Dieses Kapitel beschreibt die Technologie der Sprühbelackung, die physikalischen Vorgänge zwischen der Tröpfchenentstehung am Sprühkopf und der fertigen Lackschicht und gibt Erklärungen und Antworten zu häufigen Problemstellungen im Zusammenhang mit der Sprühbelackung.

### Grundsätzliches zur Sprühbelackung

#### Grundprinzip der Sprühbelackung

Bei der Sprühbelackung wird die Lackschicht aus dem aus zerstäubtem Fotolack gebildeten Sprühnebel mit typischen Tröpfchengrößen im  $\mu\text{m}$ -Bereich abgeschieden. Die Tröpfchen werden über z. B. eine Stickstoff-beaufschlagte Düse oder via Ultraschallzerstäubung gebildet und landen, von einem Luft- oder Stickstoffstrom getragen auf der Substratoberfläche wo sie sich zu einer geschlossenen Lackschicht vereinigen.

#### Mögliche Vorteile

Die Sprühbelackung bietet neben einer zumindest theoretisch sehr hohen Lackausbeute das Potenzial, nahezu beliebig geformte und texturierte Substrate zu belacken, bei welchen das Aufschleudern technisch nicht umsetzbar ist bzw. nicht die hinsichtlich Homogenität der Lackschichtdicke über das gesamte Substrat bzw. über dessen Texturen (Kantenbedeckung) geforderten Ergebnisse liefert.

Mit einem für den jeweiligen Prozess geeigneten Sprühlack und über optimierte Sprühparameter lassen sich mittels Sprühbelackung bei texturierten Substraten die Gräben, Flanken und Kanten der Texturen mit einer für die meisten Anwendungen hinreichend gleichmäßigen Lackschichtdicke versehen.

#### Grenzen der Sprühbelackung

In der Praxis landen die meisten Lacktröpfchen in der Absaugung und nur ein geringer Anteil auf dem Substrat. Die erzielbare Lackausbeute erreicht typische Werte um 5 - 15 %, was jedoch immer noch deutlich größer als die beim Aufschleudern erzielten Werte von typ. < 5 % ist.

Die Lacktröpfchen „regnen“ nicht laminar umströmt auf das Substrat sondern werden durch Mikroturbulenzen über der Oberfläche v. a. texturierter Oberflächen örtlich teilweise stark inhomogen abgeschieden. Dadurch ist auf texturierten Substraten die Lackschicht über den Texturen nicht gleichmäßig dick, sondern an den Oberkanten meist ausgedünnt, und in den Gräben in Nähe der Flanken verdickt.

Die Bildung dünner (ca. < 1  $\mu\text{m}$ ) geschlossener Lackschichten ist tendenziell schwierig, da die Landestellen der Tröpfchen auf dem Substrat sowie die Tröpfchendurchmesser statistisch verteilt sind. Daher ist eine bestimmte Tröpfchendichte auf der Substratoberfläche notwendig, um ein Zusammenfließen zu einer durchgehenden Schicht zu ermöglichen.

Dieser für eine glatte Lackschicht gewünschte Vorgang des Fließens im  $\mu\text{m}$ -Maßstab führt jedoch gleichzeitig zu einer Ausdünnung der Lackschicht über Kanten und Ecken texturierter Substrate (geringe *Kantenbedeckung*).

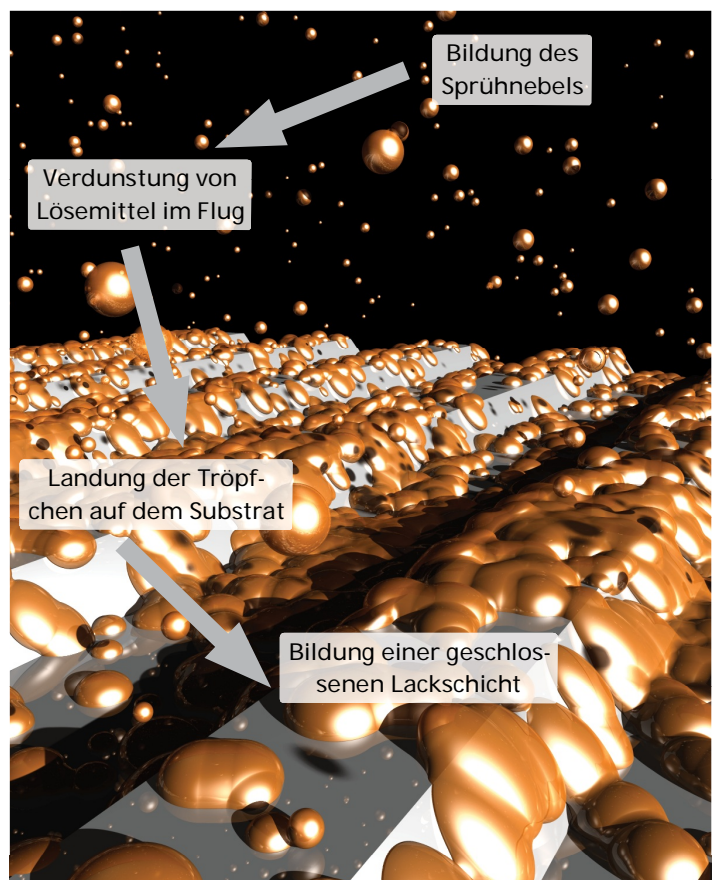


Abb. 59: Auf dem Weg vom Sprühkopf zum Substrat verdunstet bestimmte Anteile von unterschiedlich hoch siedenden Lösemitteln aus den Tröpfchen bzw. der Lackschicht, was sich auf die Glattheit aber auch Kantenbedeckung der Belackungsbildes auswirkt.

## Unsere Fotolacke: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

Anwendungsbereiche <sup>1</sup>		Lackserie	Fotolacke	Schichtdicke <sup>2</sup>	Empfohlene Entwickler <sup>3</sup>	Empfohlene Remover <sup>4</sup>
Positiv	Hohe Haftung für nasschemisches Ätzen, kein Fokus auf senkrechte Lackflanken	AZ <sup>®</sup> 1500	AZ <sup>®</sup> 1505 AZ <sup>®</sup> 1512 HS AZ <sup>®</sup> 1514 H AZ <sup>®</sup> 1518	≈ 0,5 µm ≈ 1,0 - 1,5 µm ≈ 1,2 - 2,0 µm ≈ 1,5 - 2,5 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> Developer	AZ <sup>®</sup> 100 Remover TechniStrip <sup>®</sup> P1316 TechniStrip <sup>®</sup> P 1331
		AZ <sup>®</sup> 4500	AZ <sup>®</sup> 4533 AZ <sup>®</sup> 4562	≈ 3 - 5 µm ≈ 5 - 10 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
		AZ <sup>®</sup> P4000	AZ <sup>®</sup> P4110 AZ <sup>®</sup> P4330 AZ <sup>®</sup> P4620 AZ <sup>®</sup> P4903	≈ 1 - 2 µm ≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 20 µm ≈ 10 - 30 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
		AZ <sup>®</sup> PL 177	AZ <sup>®</sup> PL 177	≈ 3 - 8 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
	Sprühbelackung	AZ <sup>®</sup> 4999		≈ 1 - 15 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
	Tauchbelackung	MC Dip Coating Resist		≈ 2 - 15 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
	Steile Flanken, hohe Auflösung und großes Aspektverhältnis für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ <sup>®</sup> ECI 3000	AZ <sup>®</sup> ECI 3007 AZ <sup>®</sup> ECI 3012 AZ <sup>®</sup> ECI 3027	≈ 0,7 µm ≈ 1,0 - 1,5 µm ≈ 2 - 4 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> Developer	
		AZ <sup>®</sup> 9200	AZ <sup>®</sup> 9245 AZ <sup>®</sup> 9260	≈ 3 - 6 µm ≈ 5 - 20 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF	
Hoher Erweichungspunkt und hochauflösend für z. B. Trockenätzen	AZ <sup>®</sup> 701 MiR	AZ <sup>®</sup> 701 MiR (14 cPs) AZ <sup>®</sup> 701 MiR (29 cPs)	≈ 0,8 µm ≈ 2 - 3 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> Developer		
Positiv (chem. verstärkt)	Steile Flanken, hohe Auflösung und großes Aspektverhältnis für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ <sup>®</sup> XT	AZ <sup>®</sup> 12 XT-20PL-05 AZ <sup>®</sup> 12 XT-20PL-10 AZ <sup>®</sup> 12 XT-20PL-20 AZ <sup>®</sup> 40 XT	≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 10 µm ≈ 10 - 30 µm ≈ 15 - 50 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF	AZ <sup>®</sup> 100 Remover TechniStrip <sup>®</sup> P1316 TechniStrip <sup>®</sup> P1331
		AZ <sup>®</sup> IPS 6050		≈ 20 - 100 µm		
Image reversal	Hoher Erweichungspunkt und unterschrittene Lackprofile für Lift-off	AZ <sup>®</sup> 5200	AZ <sup>®</sup> 5209 AZ <sup>®</sup> 5214	≈ 1 µm ≈ 1 - 2 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF	TechniStrip <sup>®</sup> Micro D2 TechniStrip <sup>®</sup> P1316 TechniStrip <sup>®</sup> 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 <sup>®</sup> nLOF 2000	AZ <sup>®</sup> nLOF 2020 AZ <sup>®</sup> nLOF 2035 AZ <sup>®</sup> nLOF 2070	≈ 1,5 - 3 µm ≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 15 µm	AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	TechniStrip <sup>®</sup> NI555 TechniStrip <sup>®</sup> NF52 TechniStrip <sup>™</sup> MLO 07
		AZ <sup>®</sup> nLOF 5500	AZ <sup>®</sup> nLOF 5510	≈ 0,7 - 1,5 µm		
	Hohe Haftung, steile Lackflanken und große Aspektverhältnisse für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ <sup>®</sup> nXT	AZ <sup>®</sup> 15 nXT (115 cPs) AZ <sup>®</sup> 15 nXT (450 cPs)	≈ 2 - 3 µm ≈ 5 - 20 µm	AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
AZ <sup>®</sup> 125 nXT			≈ 20 - 100 µm	AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF		

<sup>1</sup> Theoretisch können alle Lacke für nahezu alle Anwendungen eingesetzt werden. Mit dem Anwendungsbereich sind hier die besonderen Eignungen der jeweiligen Lacke gemeint.  
<sup>2</sup> Mit Standardequipment unter Standardbedingungen erzielbare und prozessierbare Lackeschichtdicke. Manche Lacke können für geringere Schichtdicken verdünnt werden, mit entsprechendem Mehraufwand sind auch dickere Lackeschichten erziel- und prozessierbar.  
<sup>3</sup> 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<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> 303** speziell für den AZ<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> 326 MIF** ist eine 2.38 %ige wässrige TMAH- (TetraMethylAmmoniumHydroxid) Lösung.

**AZ<sup>®</sup> 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 SiO<sub>2</sub>, Hauptkriterium ist hier die Kristallorientierung bzgl. der Waferoberfläche (z. B. X-, Y-, Z-, AT- oder ST-Cut)

Quarzglaswafer bestehen aus amorphem SiO<sub>2</sub>. 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](http://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](http://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](http://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](http://www.microchemicals.com/de/produkte/saeuren_basen.html)

### Ätzmischungen

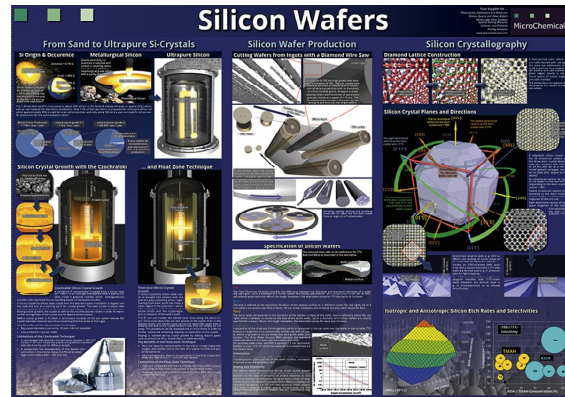
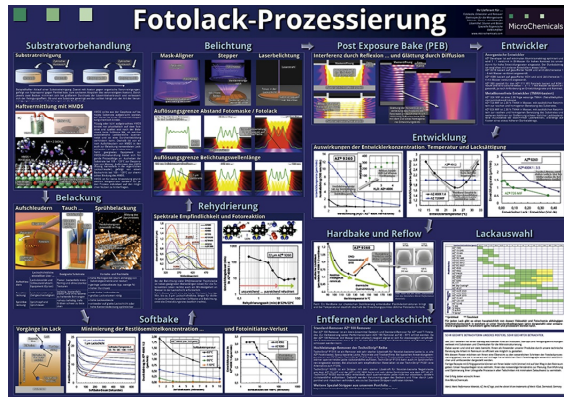
Für z. B. Chrom, Gold, Silicium, Kupfer, Titan, Titan / Wolfram u. a.

⇨ [www.microchemicals.com/de/produkte/aetzmischungen.html](http://www.microchemicals.com/de/produkte/aetzmischungen.html)

## Weiterführende Informationen

Technische Datenblätter: [www.microchemicals.com/de/downloads/technische\\_datenblaetter/fotolacke.html](http://www.microchemicals.com/de/downloads/technische_datenblaetter/fotolacke.html)  
Sicherheitsdatenblätter: [www.microchemicals.com/de/downloads/sicherheitsdatenblaetter/sicherheitsdatenblaetter.html](http://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](http://www.microchemicals.com/de/downloads/broschueren.html)

[www.microchemicals.com/de/downloads/poster.html](http://www.microchemicals.com/de/downloads/poster.html)

Vielen Dank für Ihr Interesse!

## Gewährleistungs- und Haftungsausschluss & Markenrechte

Alle in diesem Buch 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](mailto:info@microchemicals.net)  
Internet: [www.microchemicals.net](http://www.microchemicals.net)