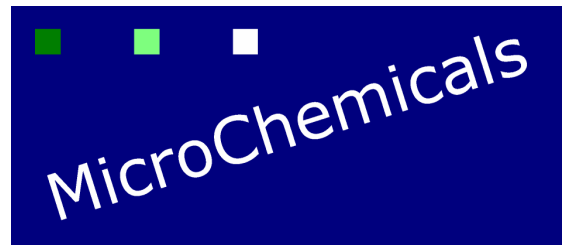


Aufschleudern von Fotolack



Version: 2013-11-07 Quelle:

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

Aufschleudern (Spin-Coating): Grundlagen

Beim Aufschleudern wird der auf das Substrat dispensierte Lack durch die Zentrifugalkraft des bei typ. einigen 1.000 U/min rotierenden Substrats über dessen Oberfläche verteilt.

Vorteile: Die potenziell sehr gute Homogenität der Lackschichtdicke sowie die möglichen kurzen Taktzeiten machen das Aufschleudern zumindest in der Mikroelektronik zum mit Abstand am häufigsten eingesetzten Beschichtungsverfahren. Die - bedingt durch die hohen Schleuderdrehzahlen - erfolgte Vortrocknung der Lackschicht bereits während der Belackung erlaubt in vielen Fällen eine sofortige Weiterprozessierung (meist Softbake) ohne Wartezeiten zur Glättung und Antrocknung der Lackschicht.

Grenzen und Nachteile: Bei nicht-rotationssymmetrischen Substraten formt der Fotolack an Kanten wegen der dort ausgeprägten Luftwirbel (rasche Trocknung des Lacks) Randwülste. Auf texturierten Substraten können Bereiche des Substrats unbelackt bleiben, bzw. die Lackschicht über Kanten der Texturen (*Kantenbedeckung*) stark ausdünnen. Die Lackausbeute ist mit wenigen % vergleichsweise gering.

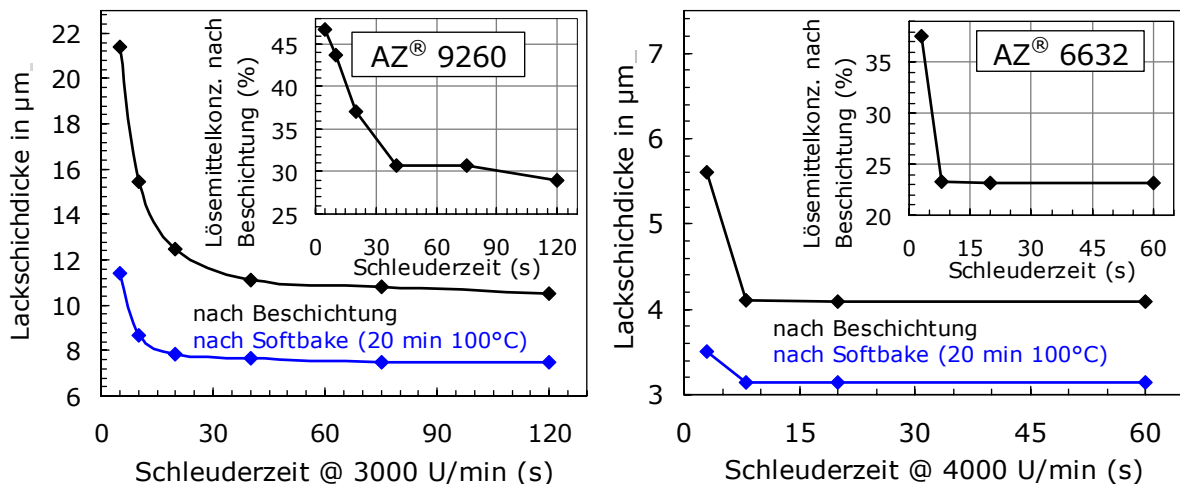
Nominelle Lackschichtdicke

Gewöhnlich benennen die beiden letzten Ziffern der Bezeichnung des verwendeten Fotolacks (z. B. AZ[®] 6632) die bei 4.000 U/min erzielte Lackschichtdicke in der Einheit 100 nm (in diesem Beispiel 3.2 µm). Bei einigen AZ[®]-Lacken US-amerikanischen Ursprungs wie dem AZ[®] 9260, dem 701 MiR oder der nLOF 2000 Negativlackserie gilt dieser Zusammenhang für 3.000 U/min.

Die Lackschichtdicke sinkt in guter Näherung mit der Quadratwurzel der Schleuderdrehzahl (z. B. AZ[®] 4533: 4.0 µm ... 3.3 µm ... 2.3 µm bei 2000 ... 4000 ... 6000 U/min), so dass mit einem bestimmten Lack über die Variation der Schleuderparameter ein gewisser Schichtdickenbereich erzielt werden kann.

Äußere Einflüsse auf die erzielte Lackschichtdicke

Die angegebene Lackschichtdicke gilt für ausreichend lange Schleuderzeiten, nach denen das Abschleudern des Lacks abgeschlossen ist. Wie der Graf unten zeigt, steigt v. a. bei



Schichtdicke und Restlösemittelanteil nach verschieden langem Aufschleudern von Fotolack für einen Dünn- (links) und Dicklack (rechts) vor (schwarz) und nach (blau) dem Softbake

hochviskosen Lacken oder geringen Schleuderdrehzahlen die notwendige Schleuderzeit zum Erreichen der Endschichtdicke des Fotolacks an. In diesem Fall lässt sich die erzielte Lackschichtdicke nicht nur über die Schleuderdrehzahl, sondern auch über die Schleuderdauer einstellen.

Der Restlösemittelanteil in der Lackschicht beeinflusst ebenfalls die Lackschichtdicke. Während des Aufschleuderns sinkt die verbliebene Lösemittelkonzentration zunächst rasch und sättigt auf einem Wert, der v. a. von der Lackschichtdicke abhängt und erst bei höheren Temperaturen (Softbake) weiter verringert wird.

Neben Temperatur und relativer Luftfeuchte beeinflusst auch die Lösemittelkonzentration der Atmosphäre im Belacker die erzielte Lackschichtdicke. Nach erfolgter Reinigung des Belackers von Lackresten oder längeren Belackungspausen kann es sinnvoll sein, zunächst einige Dummy-Wafer zu belacken, um eine im Folgenden konstante Schichtdicke zu erzielen.

Einen großen Einfluss auf das Belackungsergebnis hat das Equipment selbst: Die Verwendung eines Gyr-Sets (also eine synchron mit dem Substrat rotierende Abdeckung) kann die erzielte Lackschichtdicke um einen Faktor zwei oder mehr verringern.

Der Randwall und seine Verringerung oder Beseitigung

Vor allem beim Aufbau dicker Lackschichten bildet sich ein sog. Randwall, welcher zu einem Verkleben mit der Maske und einem ungewollten Abstand zwischen Lackschicht und Maske beim Belichten führt, letzterer oftmals Grund für eine schlechte laterale Auflösung oder ungewollt flache Lackflankenwinkel.

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

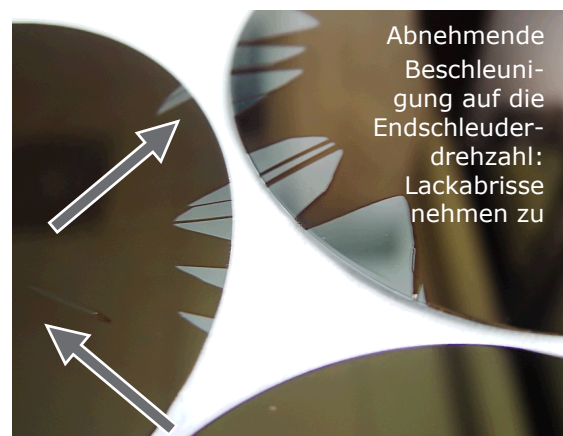
- Bei runden Substraten: Dynamische Randwallentfernung bei ca. 500 U/min mit AZ® EBR Solvent (keine Lösemittel mit hohem Dampfdruck wie z. B. Aceton!) aus einer Waschflasche mit feiner Spritzdüse
- Eine höhere Schleuderdrehzahl für kürzere Zeit
- Ein Abschleudern des Randwalls durch abrupte Zunahme der Schleuderdrehzahl optimalerweise dann, wenn die Lackschicht schon ausreichend angetrocknet, der Randwall aber noch flüssig genug für einen Abriss ist.
- Eine Mehrfachbelackung mit jeweils höherer Schleuderdrehzahl
- 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 mehrstufige Trocknung: Raumtemperatur ... 50°C ... 95°C).
- Ein Aufbau auf dem Substratteller (z. B. Blechscheibe) mit einer Vertiefung, welche das Substrat bündig aufnimmt.
- Bei eckigen Substraten: Falls möglich ein Entfernen (Brechen) der Randstücke des Substrates samt Randwall, oder Abwischen des Randwalls mit Reinraumtüchern

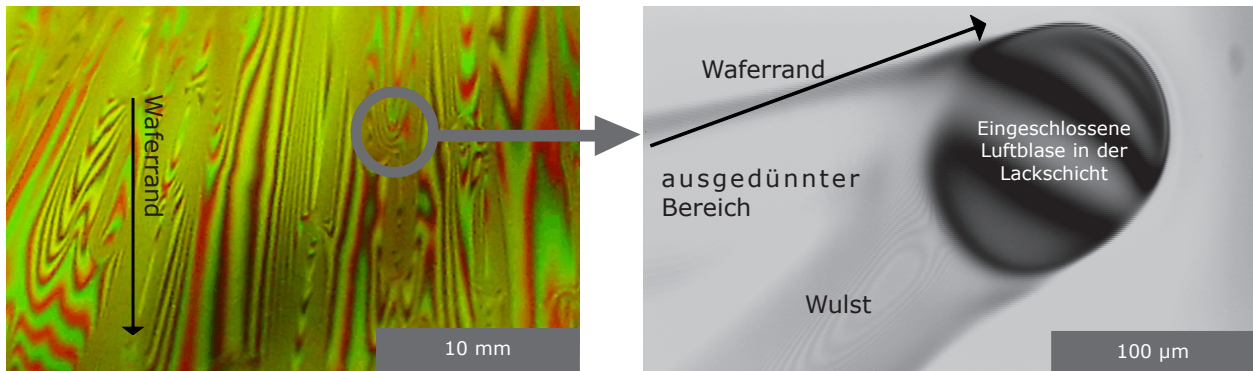
Lackabrisse und ihre Vermeidung

Keilförmige Lackabrisse oder Ausdünnungen starten oft bei Partikeln (gealterter Lack, mangelhafte Substratreinigung, unzureichende Reinraumbedingungen) oder Luftblasen (unzureichende Wartezeit nach dem Umfüllen/Transport von Lack, Fehler beim Dispensieren).

Ein weiterer Grund für Lackabrisse kann eine zu geringe Lackmenge (die je nach Substratgröße, Lackschichtdicke und Lackviskosität empfohlene Menge beträgt 1-5 ml Lack/Substrat) oder dezentral auf dem Substrat dispensierter Lack sein.

Falls diese Ursachen nicht in Frage kommen, hilft oftmals eine große Beschleunigung (einige 1.000





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

U/min/s) auf die Endschleuderdrehzahl ohne vorheriges Anschleudern, welches nur bei texturierten Substraten empfehlenswert ist. Den Einfluss zu geringer Beschleunigungen bei der ersten Rampe zeigt die Abbildung auf der vorherigen Seite, unten.

Partikel oder Blasen in der Lackschicht?

Radial streifenförmige Inhomogenitäten der Lackschicht starten oft an Partikeln oder Gasbläschen, womit das Erscheinungsbild selbst noch keinen Hinweis auf den Grund dieser Defekte gibt.

Partikel können der Reinraumluft, unzureichend gereinigten Substraten, oder überlagerten oder zu stark verdünnten Lacken selbst entstammen.

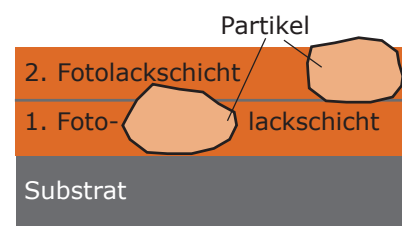
Luftbläschen können entweder beim Transport, dem Umfüllen oder Entnehmen des Lacks in eine Küvette/Pipette in den Lack eingebracht werden. Abhilfe schafft eine von der Lackviskosität abhängige Wartezeit vor dem Dispensieren. Die Abbildungen oben zeigen das typische Erscheinungsbild einer Belackung aus einem Gebinde, welches kurz zuvor stark bewegt wurde.

Stickstoff-Bläschen haben ihren Ursprung im allmählichen Zerfall des Fotoinitiators. Über längere Zeit verschlossen gelagerter Lack reichert N_2 an, welcher beim Öffnen des Gebindes bedingt durch den Druckabfall Bläschen bilden kann. In diesem Fall hilft es, die Lackflasche kräftig zu schütteln und dann mit leicht aufgesetztem Deckel - je nach Viskosität des Lacks - einige Stunden stehen zu lassen, um die N_2 -Bläschen ausgasen zu lassen.

Lokale Bereiche schlechter Lackbenetzung können ihren Ursprung in vorherigen Prozessen oder unzureichenden Reinigungsschritten haben.

Defekte in Ätzmasken

Lassen sich Partikel oder Gasbläschen mit den im vorangegangenen Abschnitt aufgeführten Maßnahmen nicht vollständig vermeiden, obwohl die Prozessanforderung eine defektfreie Lackschicht vorgibt, minimiert eine Zweifachbelackung das Auftreten von durchgehenden „Kanälen“ zwischen Lackoberseite und Substrat.



Bei sehr niedrig viskosen Lacken ist eine Mehrfachbelackung allerdings schwer umsetzbar, da der hohe Lösemittelanteil des Lacks beim Aufbau der zweiten Lackschicht die erste wieder auflöst. Ein ausreichender Softbake zwischen beiden Belackungsschritten sowie ein möglichst zügiges Belacken (kurze Zeitspanne zwischen Dispensieren und Schleuderstart sowie eine möglichst hohe Beschleunigung auf die Endschleuderdrehzahl) können in diesem Fall hilfreich sein.

Messung der Lackschichtdicke

Neben optischen Methoden wie Transmissions- oder Reflexionsspektroskopie (die dafür benötigten optische Parameter sind in dem Dokument [Optische Parameter von Fotolacken](#) gelistet) kann die Lackschichtdicke mit in vielen Fällen ausreichender Genauigkeit auch mit

einem Oberflächenprofilometer gemessen werden. Hierzu werden mit einem Skalpell oder einer Pinzette in die getrocknete Lackschicht auf einem Test-Wafer Linien geritzt oder geschabt.

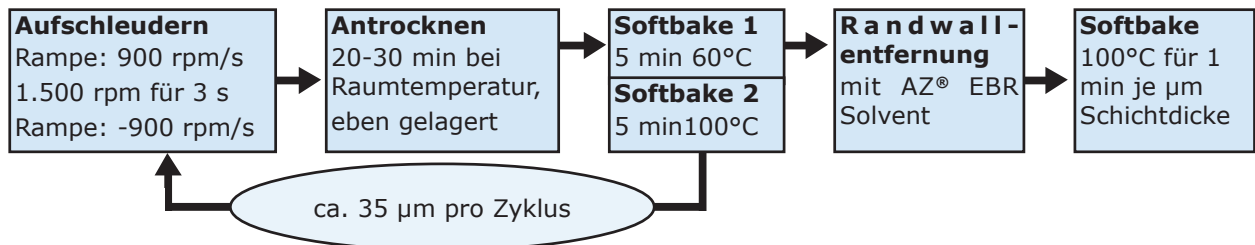
Dicke Lackschichten: Geeignete Schleuderprofile

Prinzipiell lassen sich dicke Fotolackschichten von mehreren 10 µm 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 Substraträndern abreißt (mit nicht reproduzierbarer Lackschichtdicke als Folge).

Deshalb ist ein für dicke Lackschichten wesentlich besser geeignetes Schleuderprofil eines mit hoher Endschleuderdrehzahl (ca. 2.000 U/min), aber sehr kurzen (wenige Sekunden) Schleuderzeiten und steilen (einige 1.000 U/min/s) Rampen.

Sehr dicke Lackschichten: Mehrfachbelackung

Für sehr dicke, gleichmäßig durchgetrocknete homogene Schichten empfiehlt sich eine Zwei- oder Mehrfachbelackung nach folgendem Beispiel („rpm/s“ = Beschleunigung, d. h. U/min pro Sekunde):

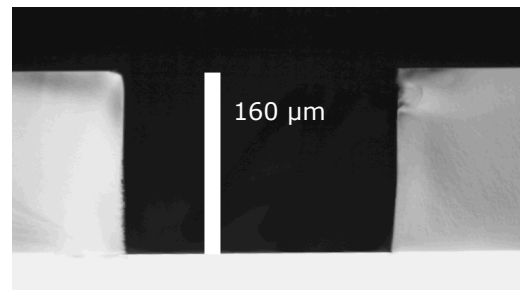


Beispiel: 160 µm mit dem AZ® 9260

Parameter (erzielte Querbruchaufnahme rechts):

- Belacken: 5-fach-Belackung (wie oben)
- Belichtung: 4.9 J/cm² (i-line Dosis)
- Entwicklung: AZ® 400K, 10 : 38, 75 min

Eine erfolgreiche Mehrfachbelackung setzt ausreichend hochviskose (lösemittelarme) Lacke wie z. B. AZ® 9260 oder AZ® 4562 voraus. Sonst löst der Lack einer 2. Beschichtung selbst bei raschem Dispensieren die zuvor aufgebraute Lackschicht im Extremfall vollständig an, was sehr inhomogene Lackschichtdicken zur Folge hat.



Hochviskose Dickelacke für (sehr) dicke Einfachbelackungen

Für Lackschichtdicken von 5-30 µm empfehlen sich der positive AZ® 4562 (g-, h- und i-line empfindlich) oder der ebenfalls positive AZ® 9260 mit sehr hohem Aspektverhältnis (h- und i-line empfindlich). Falls Negativlacke gewünscht sind, ist die AZ® nLOF 2000 Serie (nur i-line empfindlich) sehr gut für Schichtdicken bis ca. 20 µm geeignet.

Für sehr große Lackschichtdicken bis 150 µm empfehlen sich der positive AZ® 40 XT i-line Lack, oder die negativen AZ® 15 nXT und AZ® 125 nXT i-line Lacke.

Technische Datenblätter aller genannten Lack lassen wir Ihnen bei Anfrage gerne zukommen!