Prozessierung von Dicklacken

Version: 2013-11-07 Quelle:

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



Anwendungsfelder der Dicklackprozessierung

In der **Galvanik** werden oft Lackschichtdicken von 10 μ m und darüber benötigt, um entsprechend hohe Strukturen aufbauen zu können. Details hierzu und geeigneten Lacken gibt das Dokument Galvanik mit Fotolack-Masken.

Für einen **Reflow** von entwickelten Lackstrukturen zur Erzielung sphärischer oder zylindrischer Strukturen sind ebenfalls meist dicke Lackschichten erforderlich.

Auch das **Trockenätzen** sehr tiefer Strukturen wird durch entsprechend dicke Lackmasken möglich.

Geeignete Dicklacke

Der Aufbau dicker Lackschichten mit typischen Dünnlacken ist aus zweierlei Gründen problematisch:

Beim **Aufschleudern** müsste für große Schichtdicken entweder sehr langsam geschleudert werden, was den Randwall erhöht. Eine Mehrfachbelackung ist nicht möglich, da durch den hohen Lösemittelanteil typischer Dünnlacke bereits beim Dispensieren die bereits aufgebrachte Lackschicht wieder angelöst wird und die Schichtdicke trotz mehrerer Belackungsschritte nicht im gewünschten Ausmaß weiter zunimmt.

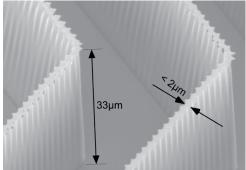
Beim **Belichten** von dick aufgebrachten Dünnlacken ergeben sich durch die bei Dünnlacken meist hohe Konzentration an der fotoaktiven Substanz Probleme: Dadurch ist die Absorption sehr groß, womit dicke Schichten schwer durchzubelichten sind. Zudem setzen DNQ-basierte Positivlacke N_2 frei, der bei großen Lackschichtdicken nicht rechtzeitig aus der Lackschicht ausdiffundieren kann und zu N_2 -Bläschen und Spannungsrissen in der Lackschicht führt.

Geeignete Dicklacke sind zum einen hoch-viskos, zum anderen ausreichend transparent, um sowohl die Belackung als auch Belichtung einfach zu gestalten.

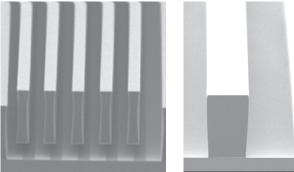
Für Lackschichtdicken von 5-30 μ m empfehlen sich der positive AZ® 4562 (g-, h- und i-line empfindlich) oder der ebenfalls positive AZ® 9260 mit sehr hohem Aspektverhältnis (h- und i-line empfindlich). Falls Negativlacke gewünscht sind, ist die AZ® nLOF 2000 Serie (nur i-line empfindlich) sehr gut für Schichtdicken bis ca. 20 μ m 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 dieser Dicklacke lassen wir Ihnen bei Anfrage gerne zukommen!



AZ® 9260 Stege mit einem Aspektverhältnis über 16 (Prozess und Aufnahme von Herrn Roger Bischofberger, applied microSWISS GmbH)



Links: 10 μ m Stege mit einem 40 μ m dicken AZ® 40 XT; rechts: 80 μ m Stege mit einem 120 μ m dicken AZ® 125 nXT. Quelle: Technische Datenblätter zum AZ® 40 XT und AZ® 125 nXT von AZ-EM.

Geeignete Schleuderprofile für dicke Lackschichten

Die im vorherigen Abschnitt genannten Dicklacke erzielen mit Standard-Schleuderprofilen (2000-4000 U/min für 20-30 Sekunden) bereits Schichtdicken von einigen 10 μ m.

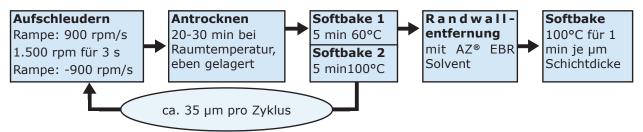
Noch größere Schichtdicken lassen sich prinzipiell über geringere Schleuderdrehzahlen erzielen. Jedoch führen geringe Schleuderdrehzahlen zu einem stark ausgeprägten Randwall und einer inhomogenen, u. U. nicht reproduzierbaren Lackschichtdicke. Deshalb ist es für sehr dicke Lackschichten empfehlenswert, relativ schnell (Endschleuderdrehzahl ca. 2.000 U/min) aber kurz (steile Rampen von ca. 1.000 U/min/s, nur wenige Sekunden auf Endschleuderdrehzahl) zu schleudern. Das für eine bestimmte Lackschichtdicke geeignete Schleuderprofil muss hierzu individuell bestimmt werden.

Mehrfachbelackung für sehr dicke Lackschichten:

Falls auch mit einem angepassten Schleuderprofil und einem hochviskosen Dicklack die gewünschte Lackschichtdicke nicht erzielt werden kann, erlaubt die Mehrfachbelackung nahezu beliebig dicke Schichten.

Eine erfolgreiche Mehrfachbelackung setzt ausreichend viskose (lösemittelarme) Lacke voraus (z. B. AZ® 9260, AZ® 4562). Sonst löst der Lack einer 2. Beschichtung selbst bei raschem Dispensieren die zuvor aufgebrachte Lackschicht - im Extremfall vollständig - an, was inhomogene Lackschichtdicken als Folge hat. Aus dem gleichen Grund empfiehlt sich zwischen zwei Belackungsstufen ein kurzer Softbake.

Das Schema unten zeigt beispielhaft einen Mehrfachbelackungs-Prozess für je 35 μ m Schichten des Dicklacks AZ® 9260.



Der Randwall und seine Vermeidung oder Entfernung

Auch bei angepassten Schleuderprofilen lässt sich gerade beim Aufbau sehr dicker Lackschichten ein Randwall nicht vermeiden. Ein Randwall kann zu einem Verkleben mit der Maske und einem ungewollten Abstand zwischen Lackschicht und Maske beim Belichten führen, letzterer oftmals Grund für eine schlechte laterale Auflösung oder flache Lackflankenwinkel.

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

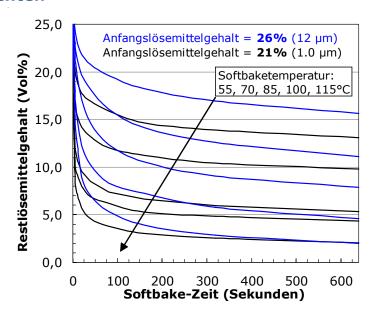
- Bei runden Substraten: Dynamische Randwallentfernung bei ca. 500 U/min mit AZ® EBR Solvent (keine Lösemittel mit hohem Dampfdruck wie z. B. Aceton!) aus einer Waschflasche mit feiner Spritzdüse
- Eine höhere Schleuderdrehzahl für kürzere Zeit
- Ein Abschleudern des Randwalls durch abrupte Zunahme der 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

Softbake dicker Fotolackschichten

Je dicker die Fotolackschicht ist, desto kleiner wird das von Temperatur und Dauer aufgespannte mögliche Parameterfenster für den Softbake:

Ist der **Softbake viel zu kurz/kühl**, schäumt die Lackschicht durch ihre geringe Viskosität durch den beim Belichten gebildeten Stickstoff auf. Zudem bewirkt der hohe Restlösemittelanteil eine sehr hohe Dunkelabtragsrate.

Ist der **Softbake zu kurz/kühl**, kann es zumindest in Substratnähe wo der Restlösemittelanteil noch groß ist beim Belichten durch den gebildeten Stickstoff zu Blasenbildung kommen (Abb. rechts), welche u. U. erst beim/nach dem Entwickeln sichtbar werden. Zudem ist der Dunkelabtrag erhöht.



Ein **zu langer/heißer Softbake** zersetzt Anteile des Fotoinitiators, wodurch die Entwicklungsrate sinkt. Zudem versprödet der Fotolack durch den stark gesunkenen Restlösemittelanteil und wird - vor allem bei dicken Lackschichten - anfällig für Rissbildung.

Treten trotz ausreichendem Softbake vermeintliche "Blasen" in der Lackschicht auf, sind dies oft Spannungsrisse. Diese bilden sich in stark getrockneten, dicken Fotolackschichten beim Belichten durch das Volumen an aus dem Fotoinitiator gebildeten Stickstoff, welcher nicht rasch genug aus der Fotolackschicht ausgasen kann (Abbildungen unten).

Als Daumenregel für **optimale Softbakeparameter** können auch für dicke Fotolackschichten 100° C (Hotplate) für eine Minute je μ m Lackschichtdicke genannt werden. Details zum Softbake finden sich im Dokument <u>Softbake von Fotolackschichten</u>.

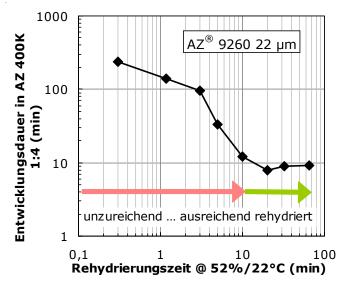
Rehydrierung

Fotolack verliert beim (Soft)-bake Wasser, welches im Falle DNQ-Sulfonat-haltiger Positiv-lacke (z. B. AZ® 1500, AZ® 4500, AZ® 6600, AZ® 9200 Serie, NICHT aber der AZ® 40 XT) bei der nachfolgenden Belichtung essentiell ist: Die Fotoreaktion (Details siehe <u>Belichten von Fotolack</u>) erfordert pro Molekül Fotoinitiator ein Molekül Wasser, um eine ausreichend hohe Entwicklungsrate und hohen Kontrast zu gewährleisten.

Dieses Wasser muss vor dem Belichten aus der Atmosphäre in die Lackschicht ein-

diffundieren. Deshalb ist zwischen Backund Belichtungsschritten eine Wartezeit notwendig, welche aufgrund des diffusionslimitierten Prozesses quadratisch mit der Lackschichtdicke zunimmt und deshalb gerade bei der Dicklackprozessierung ein wichtiger Prozessschritt ist.

Für eine vollständige Rehydrierung ist eine ausreichend hohe relative Luft-feuchte wichtig: Unterhalb etwa 40% ist auch nach beliebig langer Rehydrierung die (Gleichgewichts-)konzentration an Wasser in der Lackschicht zu gering, um eine ausreichend hohe Entwicklungsrate zu gewährleisten.



Fotochemikalien, Wafer, Galvanik, Lösemittel und Ätzchemikalien

Tel.: +49 731 977343 0 www.microchemicals.de sales@microchemicals.de

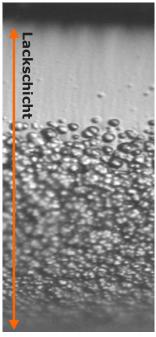
Je nach Lackschichtdicke sind Rehydrierungszeiten von ca. 10 Minuten (um 20 μ m Lackschichtdicke), ca. 1 Stunde (30-40 μ m) oder 10 Stunde bis Tage (ab 100 μ m) notwendig. Details hierzu gibt das Dokument Rehydrierung von Fotolacken.

Belichtung und N₂-Bildung

Während der Belichtung DNQ-haltiger Fotolacke (wie dem AZ® 4562 oder AZ® 9260, NICHT aber dem AZ® 40 XT) wird ein Stickstoff (N_2) frei gesetzt ((Details siehe <u>Belichten von Fotolack</u>). Vollständig belichteter Fotolack setzt ein Mehrfaches seines Eigenvolumens an N_2 frei, welcher thermisch aktiviert nach und nach durch die Lackschicht an die Oberfläche diffundieren muss. Schafft er dies nicht rasch genug, bildet der Stickstoff Blasen und Spannungsrisse in der Fotolackschicht. Wegen des großen Verhältnisses von Volumen zu Oberfläche sind hiervon dicke Lackschichten weitaus mehr betroffen als Dünnlacke.

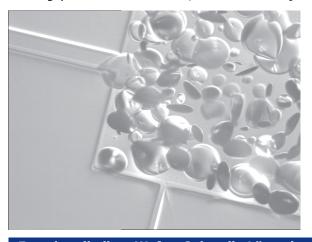
Bilden sich bereits während der Belichtung bzw. unmittelbar danach Blasen im Lackvolumen (einzelne Blasen bis hin zum milchigen bzw. unter dem Mikroskop styroporartigen Erscheinungsbild), kann dies folgende Gründe haben:

- Mangelnde Haftung zum Substrat (unzureichende Substratvorbehandlung, siehe Dokument <u>Substratreinigung und Haftvermittlung</u>) oder durch vorherige Prozesse modifizierte Substratoberfläche)
- Ein zu kurzer/kühler Softbake. Details zum Softbake finden sich im Dokument <u>Softbake von Fotolackschichten</u>.
- Eine zu hohe Belichtungsintensität (= hohe N₂-Generationsrate), evtl. Abhilfe durch mehrere Belichtungsschritte mit Pausen dazwischen.
- Eine zu hohe Lichtdosis (Empfehlung: mittels einer Belichtungsreihe für jeden Prozess die optimale Lichtdosis evaluieren)
- Ein für die gegebene Lackschichtdicke ungeeigneter Lack mit u. U. zu hoher Fotoinitiatorkonzentration. Der erste Abschnitt dieses Dokument listet geeignete Dicklacke.



Die Auswirkungen des beim Belichten von Positivlacken gebildeten Stickstoffs hängen auch von den Softbake-Parametern ab: Zu viel Restlösemittel in Substratnähe führt zu Blasenbildung (oben rechts), versprödete Lackschichten neigen bei entsprechender Schichtdicke zu Rissbildung (links unten: Aufsicht, rechts unten: Querbruch)

Substrat





Fotochemikalien, Wafer, Galvanik, Lösemittel und Ätzchemikalien

Tel.: +49 731 977343 0 www.microchemicals.de sales@microchemicals.de

Gewährleistungsausschluss

Alle in diesem Dokument enthaltenen Informationen, Prozessbeschreibungen, Rezepturen etc. sind nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Dennoch können wir keine Garantie für die Korrektheit der Angaben übernehmen.

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.

AZ® und das AZ Logo sind eingetragene Markenzeichen der AZ Electronic Materials (Germany) GmbH.