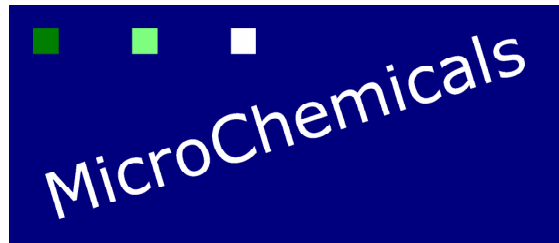


Softbake von Fotolackschichten



Version: 2007-03-27

Quelle: www.microchemicals.eu/technische-infos

Gründe für den Softbake

Nach der Belackung besitzt die Lackschicht eine vom Lack, dessen Lösemittel und Schichtdicke sowie der Art der Belackung abhängige Restlösemittelkonzentration.

Der Softbake verringert diese, um

- è eine Maskenverschmutzung bzw. ein Verkleben mit der Maske zu vermeiden,
- è Blasenbildung oder Aufschäumen durch N_2 beim Belichten zu unterdrücken,
- è die Lackhaftung zum Substrat zu verbessern,
- è den Dunkelabtrag beim Entwickeln zu minimieren,
- è bei Mehrfachbeschichtungen ein Anlösen bereits aufgetragener Schichten und
- è bei thermischen Prozessen (z. B. Metallisierung oder Trockenätzen) ein Verfließen und Blasenbildung durch verdampfendes Restlösemittel zu verhindern.

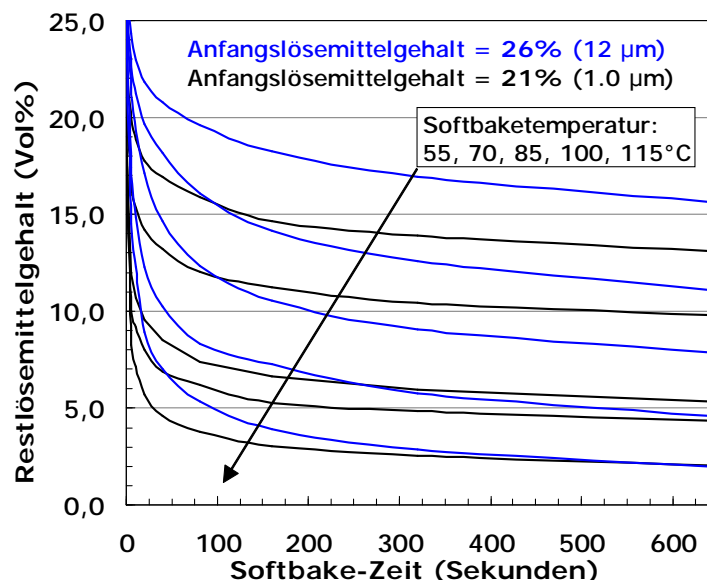
Softbakeparameter und Verringerung des Lösemittelanteils

Typische mittlere Restlösemittelkonzentrationen in der Lackschicht liegen nach dem Aufschleudern je nach Lackschichtdicke zwischen 20 und 40 %. Der Softbake reduziert diesen Anteil durch Lösemitteldiffusion (Temperatur- und Restlösemittelkonzentrationsabhängige Diffusionskonstante $D(T, C)$, Aktivierungsenergie E_a) aus dem Lackvolumen zur Oberfläche und Verdampfung (Oberflächenkonzentration des Lösemittels D_o ; Verdunstungsrate Φ thermisch aktiviert über E_a^*):

$$D(C, T) = A \cdot \exp\left[-\frac{E_a}{kT}\right] \cdot \exp\left[\frac{C}{a + bC}\right], \quad f \propto D_o \cdot \exp\left[-\frac{E_a^*}{kT}\right]$$

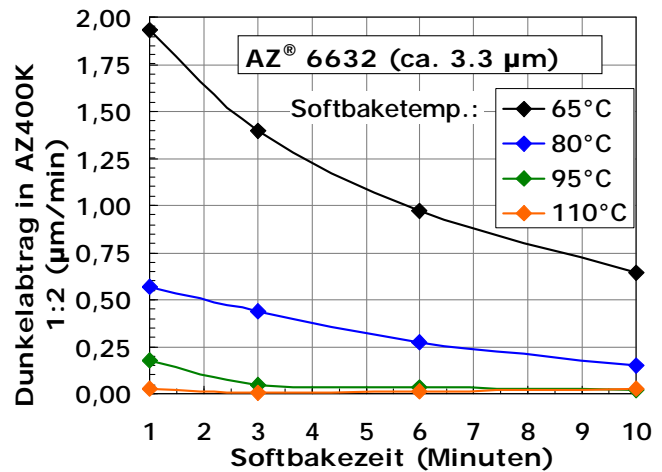
Dabei sinkt die Verdunstungsrate aus zweierlei Gründen während des Softbakes: Zum einen dampft von einer lösemittelverarmten Oberfläche weniger Lösemittel ab, zum anderen sinkt die Diffusionsrate aus tieferen Lackschichten durch die lösemittelarmen oberen Bereiche.

Die Abbildung rechts zeigt den gemessenen zeitlichen Verlauf der mittleren Lösemittelkonzentrationen zweier unterschiedlich dicker Lackschichten während des Softbakes bei verschiedenen Temperaturen. V. a. dicke Lackschichten bilden dabei (hier nicht gezeigt) einen ausgeprägten Gradienten der Lösemittelkonzentration über der Lackschichtdicke.



Restlösemittelgehalt und Dunkelabtrag

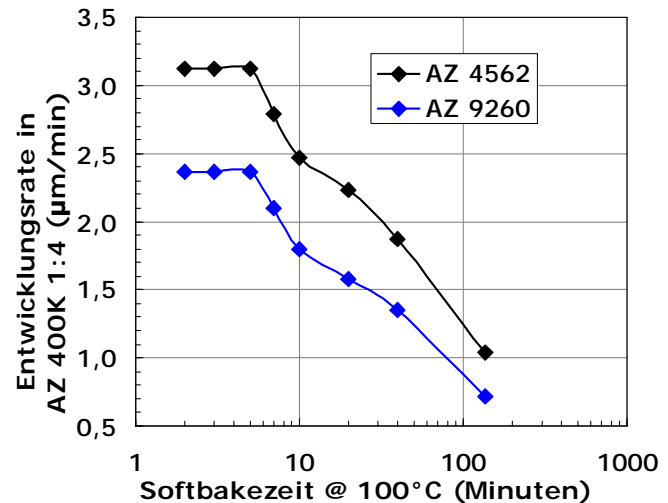
Unzureichend gebackene Fotolackschichten zeigen beim Entwickeln u. U. einen nicht tolerierbaren Dunkelabtrag mit einer ausgedünnten Lackschicht, fehlender **Strukturtreue** und **verrundeten**, nicht senkrechten Lackprofilen als Folge. Die Abb. rechts zeigt die Dunkelabtragsrate einer Schicht AZ[®] 6632 bei verschiedenen Softbakeparametern in einem - zur Verdeutlichung - sehr scharfen (AZ[®] 400K : H₂O = 1 : 2) Entwickleransatz.



Softbakebedingungen und Entwicklungsrate

Neben der Lacktrocknung zersetzt langes/ heißes Softbaken einen Teil des **Fotoinitiators**, wodurch die Entwicklungsrate sinkt (Abb. rechts).

Der absolute Dunkelabtrag kann so nach dem Entwickeln trotz geringerer Dunkelabtragsrate u. U. wieder zunehmen. Ein Kompromiss zwischen ausreichender Lacktrocknung und minimalem DNQ-Verlust ist ein Softbake bei 100°C für eine Minute/µm Lackschichtdicke.



Softbake: Ofen und Hotplate

Verglichen mit einer Hotplate bewirkt die große **Temperaturhysterese** eines Ofens und der langsamere Wärmeübertrag (Konvektion statt Wärmeleitung) v.

a. bei kurzen Backschritten (Softbake, Umkehrbackschritt) oder Substraten mit hoher Wärmekapazität (Glas, Keramiken) anfangs geringere effektive Temperaturen und damit kürzere Zeiträume für die Zieltemperatur. Ohne direkten Kontakt zu ebenen metallischen Oberflächen benötigen Substrate (Wafer) in einem Ofen mindestens zehn Minuten zur Annäherung an die Zieltemperatur auf < 5°C. Realistische Temperaturunterschiede von 5-15°C an verschiedenen Stellen in einem Konvektionsofen und der angezeigten Temperatur erschweren die Reproduzierbarkeit temperatursensitiver Prozesse.

Auf Kontakt-Hotplates (ohne Luftspalt zwischen Hotplate und Substrat) wirken sich Dicke und Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Substrate kaum auf den Temperaturverlauf aus. Ein **Luftspalt** (erwünscht oder bedingt durch verspannte, gewellte/gekrümmte Substrate) kann den Temperaturverlauf jedoch messbar beeinflussen.

Softbake dicker und sehr dicker Lackschichten

Je dicker die Fotolackschicht, desto geringer 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 μm Lackschichtdicke genannt werden.

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.

Wir garantieren nicht für die vollständige Angabe von Hinweisen auf (u. a. gesundheitliche, arbeitssicherheitstechnische) Gefahren, die sich bei Herstellung und Anwendung der Rezepturen ergeben (können).

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.