



Litografía: diagnóstico de problemas

Preguntas y respuestas
sobre los planteamientos de
problemas en la
microestructuración

2009/2010



Detailed technical information on all topics of this
booklet can be found here:

www.microchemicals.eu/technical_information



Distinguida Lectora, Distinguido Lector:

Así como es de grande y multifacético el campo de la microestructuración, tan complejas son las relaciones físicas y químicas de los parámetros de proceso que participan den ello.

Con el presente localizador de averías queremos contraponer las preguntas más frecuentes de la litografía con las posibles respuestas. Hemos elegido a conciencia una representación muy compacta para omitir ejecuciones detalladas: Estas están contenidas en nuestro folleto "**Lithography 2008/2009**", en el cual están comentados extensamente los puntos que se tratan en el presente folleto.

Sobre el uso del localizador de averías de litografía

En 15 capítulos separados temáticamente encontrará en cada caso algunos planteamientos de problemas típicos de la litografía, seguido de propuestas de soluciones. Las referencias indicadas al final de muchas propuestas de solución (p.ej. ►5.4) se refieren al capítulo de nuestro folleto actual **Lithography 2008/2009**, en el cual los temas planteados se representan profundizados e ilustrados con gráficos. ¡En caso que aún no disponga de nuestro folleto actual, se lo enviamos con gusto sin cargo, a su requerimiento (info@microchemicals.de)!

Lo que NO debe ser el localizador de averías de litografía

La manera más eficiente para la solución de problemas es y será la conversación personal, la cual este localizador de avería bajo ningún concepto pretende sustituir.

Con el presente folleto queremos brindarle la oportunidad, sondear previamente por sus propios medios, que posibilidades de solución pueden presentarse siquiera, para un determinado planteamiento de problemas.

Con gusto discutiremos con usted personalmente sus cuestionamientos. ¡Contáctenos!

Mucho éxito le desea

Su MicroChemicals GmbH !

Contenido

<i>A) Imagen de apariencia no habitual de la laca fotosensible y la capa de laca</i>	<i>5</i>
<i>B) Técnicas de laqueado: Planteamientos habituales de problemas</i>	<i>6</i>
<i>C) Técnica de exposición: Planteamientos habituales de problemas</i>	<i>7</i>
<i>D) Revelado: Tasa de revelado muy reducida</i>	<i>8</i>
<i>E) Revelado: Demasiada remoción de oscuro</i>	<i>10</i>
<i>F) Mala adherencia de la laca</i>	<i>11</i>
<i>G) Resolución lateral muy reducida de la laca fotosensible</i>	<i>13</i>
<i>H) Burbujas o partículas en la capa de laca tras el laqueado</i>	<i>14</i>
<i>I) Burbujas en la capa de laca tras la exposición</i>	<i>14</i>
<i>J) Burbujas en la capa de laca tras pasos de proceso u horneado</i>	<i>15</i>
<i>K) Ataque químico con líquidos: Planteamientos habituales de problemas</i>	<i>15</i>
<i>L) Ataque químico seco: Planteamientos habituales de problemas</i>	<i>16</i>
<i>M) Galvanoplastia: Planteamientos habituales de problemas</i>	<i>16</i>
<i>N) Lift-off no funciona (lo suficientemente bien)</i>	<i>17</i>
<i>O) La laca fotosensible ya no permite ser eliminada</i>	<i>18</i>

A) Imagen de apariencia no habitual de la laca y la capa de laca**1. Cambio de color?**

- i) Todas las lacas positivas y reversibles se oscurecen con el transcurso del tiempo, lo que se acelera a altas temperaturas. La razón para ello son reacciones químicas del fotoiniciador bajo formación de colorantes azóicos aún absorbentes- Este cambio de color se presenta solamente en la zona espectral visible y no tiene influencia sobre el procesamiento de la laca fotosensible. Debido a que el cambio de color se produce de forma sumamente lenta, recién llama la atención ante un cambio de partida de la laca fotosensible.
- ii) También el contacto con agua o disolventes inapropiados como isopropanol, o la congelación de la laca fotosensible puede provocar un cambio de color. En estos casos no se puede descartar un daño permanente de la laca fotosensible.
- iii) Diferentes materiales de sustrato alteran de manera diferente la apariencia del color de la capa de laca.
- iv) Justamente en capas de laca finas, una modificación del espesor de la capa de laca en pocos 10 nm condicionada por pérdida de disolvente, superposición de la laca o condiciones modificadas del entorno (temperatura, sistema o parámetros de aplicación de laca), puede provocar un cambio de color de la capa de laca condicionada a la interferencia.

2. Puntos sin laquear tras el laqueado?

- i) Una mala humectación de la laca (frecuentemente sobre metales nobles, sustratos limpiados insuficientemente o una elevada humedad del aire o tras HF-Dip de superficies de SiO₂ sin una eliminación completa del óxido) puede promover la presencia de puntos sin laquear sobre el sustrato. ▶4.2, 4.4, 4.5
- ii) En la proyección una otra razón para desprendimientos de laca puede ser una cantidad de laca reducida (la cantidad recomendada según el tamaño del sustrato, el espesor de la capa de laca y la viscosidad de la misma es de 1-5 ml laca/sustrato) o la laca dispersada descentralizada sobre el sustrato. ▶5.4
- iii) En la proyección sobre sustratos lisos, una elevada aceleración (algunos 1.000 r.p.m.) sobre las revoluciones finales de proyección sin una proyección previa, mejora frecuentemente el resultado de la aplicación de laca. ▶5.4
- iv) Al proyectar sobre sustratos texturizados se recomienda una proyección lenta para una distribución uniforme de la laca de la rampa a las revoluciones finales de proyección, lo que sin embargo requiere grandes cantidades relativas de laca. ▶5.4
- v) Partículas o burbujas son frecuentemente la causa de defectos en la capa de laca, las causas y soluciones se describen en el siguiente capítulo. ▶5.5

3. Líneas, burbujas y partículas en la capa de laca tras el laqueado?

- i) Burbujas en la laca fotosensible actúan como punto de partida para desprendimientos de laca. Las burbujas de aire pueden alcanzar la laca fotosensible durante el trasvase o movimiento del mismo y necesita, según la viscosidad, algunas horas de espera antes de la dispersión para alcanzar la superficie. También al levantar la laca en una cubeta o pipeta se pueden aspirar también burbujas de aire. ▶5.5
- ii) Las burbujas de N₂ tienen asimismo el efecto de punto de partida de desprendimientos de laca y tienen su origen en la desintegración paulatina del fotoiniciador, con el que se libera nitrógeno. Cuando se almacenan botellas de laca durante un tiempo prolongado se desprende el N₂ en la laca y genera burbujas al abrir el envase debido a una sorpresiva caída de la presión. También aquí ayuda un tiempo de espera antes de la dispersión, según la viscosidad de la laca de hasta varias horas, con la tapa abierta pero colocada, para permitir que las burbujas de N₂ puedan ascender. El nitrógeno también se puede desprender en la laca, cuando este se emplea en lugar de una bomba de laca, para transportar la laca fotosensible sobre el sustrato. ▶5.5
- iii) Las partículas pueden conducir, de manera similar a las burbujas de aire o de gas, a un resultado de laqueado no homogéneo. Cuando las partículas se encuentran sobre el sustrato, esto puede deberse a una limpieza insuficiente del sustrato, como también a una clase de sala limpia insuficiente en el lugar del laqueado. Las partículas en la laca pueden tener su origen en el trasvase a recipiente insuficien-

temente limpios o lacas sobrealmacenadas = envejecidas. Temperaturas de almacenamiento demasiado elevadas o una disolución adicional aceleran el envejecimiento de la laca. ▶5.5

4. Superficie de laca mate u ondulada tras el recubrimiento?

- i) Su causa es mayormente una concentración de partículas tan elevada, como sólo se puede haber generado por un sobrealmacenamiento o el contacto con disolventes inapropiados. Temperaturas de almacenamiento demasiado elevadas o una intensa resolución aceleran el envejecimiento de la laca. Continuar con la aplicación de la laca eventualmente combinada con filtración de partículas, no es recomendable, dado que la formación de partículas está ligada a una pérdida del fotoiniciador. ▶3.1-3.5
- ii) Almacenajes durante demasiado tiempo a temperatura ambiente y superior de lacas altamente diluidas, muestran ocasionalmente una „gelificación“, la cual se manifiesta en un tipo de „grumos“ macroscópicos en la capa de laca. Esta aparición de envejecimiento es irreversible. ▶3.1, 3.4

B) Técnicas de laqueado: Planteamientos habituales de problemas

1. Proyectado: ¿Edge Bead?

- i) En sustratos redondos: Remoción dinámica de bordes de espesor incrementado (Randwall) a aprox. 500 r.p.m. con AZ® EBR Solvent (¡ningún disolvente con elevada presión de vapor como p.ej. acetona!) de una botella de lavado con una tobera pulverizadora fina. ▶5.3
- ii) Una revoluciones de centrifugado más elevadas por un tiempo más breve. ▶5.3
- iii) Un desprendimiento centrifugo del Randwall por un incremento abrupto de las revoluciones de centrifugado de forma óptima, cuando la capa de laca ya se ha secado suficientemente, el Randwall sin embargo aún está suficientemente líquido para un desprendimiento.
- iv) Un laqueado múltiple en cada caso con mayores revoluciones de centrifugado ▶5.3
- v) Un tiempo de espera dependiente del espesor de la capa de laca y del contenido de disolvente remanente entre el laqueado y el horneado suave, para evitar un incremento del Randwall existente por la reducción de la viscosidad debida a la alta temperatura de la capa de laca (eventualmente también secado en varias etapas: Temperatura ambiente ... 50°C ... 95°C). ▶5.3
- vi) Una estructura sobre el plato de sustrato (p.ej. disco de chapa) con una depresión, la cual asume el sustrato al ras. ▶5.3
- vii) En sustratos angulares: En caso de ser posible una eliminación (rotura) de las piezas de borde del sustrato junto con el Randwall o limpieza del Randwall con paños de sala limpia. ▶5.3
- viii) Una exposición y revelado del Randwall es asimismo posible, pero puede conducir a un perfil transversal en forma de T (T-Topping) de las posteriores estructuras. ▶5.3

2. Proyectado: ¿Estructuras verticales?

- i) Estas carencias de homogeneidad de la laca en forma de rayos radiales, tienen su origen mayormente en burbujas de aire o N₂, raras veces en partículas, las cuales durante el proyectado son arrojadas al borde del sustrato. Véase causas y soluciones en A)3.i), A)3.ii) y A)3.iii). ▶5.4, 5.5

3. Proyectado: ¿Sustrato parcialmente sin laquear?

- i) Véase causas y soluciones en A)2. ▶5.4, 5.5

4. Laqueado pulverizado: ¿Cobertura insuficiente de bordes?

- i) Una concentración demasiado elevada en caso disolvente de elevado punto de ebullición hace que la capa de laca formada en ese momento fluya intensamente de vuelta de los bordes de la textura. ¡Consúltenos sobre las fórmulas de diluyente apropiadas para lacas de pulverizado! ▶6.3, 6.4
- ii) Modificaciones en el equipamiento (menor distancia entre el cabezal de pulverizado y el sustrato o radios de gotas mayores) pueden incrementar la concentración

de disolventes de las gotas que impactan sobre el sustrato y con ello conducir a un intenso flujo de la película de laca. ▶6.3, 6.4

5. Laqueado pulverizado: ¿Capa de laca rugosa?

- i) Una concentración demasiado reducida en caso de disolventes de elevado punto de ebullición, impiden que la gotas de laca que impactan sobre el sustrato se fluidifiquen y así puedan alisar la capa de laca. ¡Consúltenos sobre las fórmulas de diluyente apropiadas para lacas de pulverizado! ▶6.3, 6.4
- ii) Modificaciones en el equipamiento (mayor distancia entre el cabezal de pulverizado y el sustrato o radios de gotas menores) pueden reducir la concentración de disolventes de las gotas que impactan sobre el sustrato y con ello impedir un alisado de la película de laca formada. ▶6.3, 6.4

6. Recubrimiento por inmersión: ¿Espesor de capa de laca no homogénea?

- i) Cuando el espesor de una capa individual de laca varía sobre todo el sustrato en dirección de tracción, la causa es un secado demasiado lento de la laca que fluye en el sustrato hacia abajo. Para el recubrimiento por inmersión de lacas optimizadas con la *MC Dip Coating Resist* poseen una composición de disolventes, los cuales permiten espesores homogéneos de capa de laca. ▶7.4
- ii) Vibraciones (por el motor de paso a paso del dispositivo de tracción o vibraciones del entorno) u oscilaciones del caudal de aire, conducen a intensas faltas de homogeneidad del espesor de la capa paralelas a la superficie de la laca en la cuba. También se debe observar, que la suspensión del sustrato no se sumerja también en la laca, ya que en ese caso la laca que fluye de ella interfiere en la homogeneidad del recubrimiento. ▶7.3

7. Recubrimiento por rodillos: Espesor de capa de laca no homogénea

- i) Las lacas optimizadas para el recubrimiento por rodillos presentan propiedades tixotrópicas, esto es, una viscosidad variable bajo presión mecánica, lo que conduce en el recubrimiento por rodillos a resultados más homogéneos que el empleo de lacas fotosensibles „normales“.

8. Serigrafía: Aptitud fundamental de lacas fotosensibles

- i) Las propiedades mecánicas de lacas fotosensibles no aportan por regla general ningún resultado satisfactorio para la aplicación mediante el procedimiento de serigrafía. En caso que a pesar de ello se debe emplear esta técnica de aplicación de laca, se recomiendan lacas espesas de alta viscosidad como la AZ® 4562 o AZ® 9260.

C) Técnicas de exposición: Planteamientos habituales de problemas

1. Escritura láser

- i) Si se presentan burbujas o fisuras tras la exposición en la capa de laca positiva o de inversión, esto se debe a la elevada generación de N₂ debido a altas intensidades de luz en la conversión del fotoiniciador durante la fotorreacción. Junto al empleo de lacas de menor contenido de fotoiniciador como la AZ® 4562 o AZ® 9260 en espesor de capa más reducida, también puede ser una solución, un horneado suave más caliente/más prolongado. Si aún a pesar de ello se mantienen la formación de burbujas o de fisuras, se debe incrementar ya sea el tiempo de escritura con una prestación disminuida del láser, o el proceso de escritura láser ser dividido en varios ciclos. ▶12.3, 12.11
- ii) Cuando la laca expuesta aún no puede revelar a pesar de una dosificación suficiente de la luz, o no puede eliminarse la laca no expuesta inmediatamente vecina, la capa de laca eventualmente se ha calentado demasiado debido a una elevada intensidad de luz. En este caso se reticula la resina de la laca, la cual en este caso pierde su solubilidad en muchos medios. En caso que no pueda continuar siendo reducida la potencia del láser, son eventualmente de ayuda las indicaciones presentadas en el capítulo O).

2. Litografía por interferencia láser

- i) En este caso se necesitan frecuentemente capas de laca fina, las cuales mayormente sólo pueden ser alcanzadas mediante dilución de lacas existentes. La AZ® 701 MiR es una de las pocas lacas, las cuales permiten ser diluidas intensamente

si presentar problemas (recomendamos PGMEA = AZ® EBR Solvent) y aplicarse en capas muy finas. ▶36

- ii) Las elevadas resoluciones en la gama de sub- μm requeridas frecuentemente en la litografía por interferencia láser, sólo se permiten alcanzar con determinadas lacas. Recomendamos AZ® 701 MiR estable a la temperatura, para los procesos químicos secos o la AZ® ECI 3000 para los siguientes procesos químicos con líquidos. ▶36, 37

3. Longitudes de onda de exposición fuera de las bandas de absorción de la laca

- i) Longitudes de onda demasiado grandes (p.ej. $> 450 \text{ nm}$ en lacas de banda ancha) sólo son condicionalmente apropiadas para la exposición, dado que las bandas de absorción de lacas fotosensibles de más de 10 nm se desprenden. Sin embargo debido a la débil absorción las dosis de luz necesarias para la exposición completa se tornan muy elevadas con el incremento de la longitud de onda. Debido a la elevada profundidad de penetración de la luz, se incrementa el riesgo, que en sustratos transparentes o rugosos/texturados, la luz sea guiada lateralmente demasiada distancia lo que reduce la resolución alcanzable. ▶2.4
- ii) Longitudes de onda muy reducidas ($< 340 \text{ nm}$) incrementan sólo teóricamente la posible resolución. Debido a la reducida profundidad de penetración de la luz y la absorción parasitaria del fotoiniciador ya convertido, se incrementa intensamente la dosis de luz necesaria para la completa exposición de la capa de laca, lo que en caso de longitudes de onda reducidas la cada vez más intensa aparición de dispersión Rayleigh, empeoran frecuentemente la resolución alcanzada. ▶2.4, 12.6

4. Pegado de la capa de laca con la máscara

- i) Tras un horneado suave demasiado corto/frío, el contenido de disolvente residual de la capa de laca es bajo ciertas circunstancias tan elevada, que se produce un pegado con la máscara fotográfica. Recomendamos una temperatura de horneado suave de 100°C durante un minuto por cada μm de capa de laca sobre la placa caliente, en el horno por la duración del calentamiento algunos minutos más.
- ii) Las partículas sobre la máscara pueden ser prensados dentro de la laca y desprender parcialmente la capa de laca del sustrato al remover la máscara.
- iii) Un Hard-Contact durante la exposición requiere un pegado de la capa de laca con la máscara. En caso de ser aplicable, un modo Soft-Contact puede aportar una solución.
- iv) Una mala adherencia de la laca incrementa fundamentalmente el riesgo, que la capa de laca se desprende en parte de la máscara fotográfica. Indicaciones para mejora de la adherencia lo aporta el capítulo F).

D) Revelado: Tasa de revelado muy reducida

1. ¿Suficiente rehidratación?

- i) Las lacas positivas y de inversión necesitan durante la exposición una cantidad mínima de agua en el volumen de la laca, la cual tras el horneado suave debe ser nuevamente encaminada a la humedad del aire del entorno. La duración necesaria depende intensamente del espesor de la capa de laca y se desarrolla entre aproximadamente un minuto y varias horas. ▶10
- ii) Con una rehidratación suficientemente larga, la humedad de aire determina la tasa de desarrollo alcanzada, la cual retrocede intensamente por debajo de 40%. Por esta razón recomendamos una humedad relativa del aire posiblemente constante de aproximadamente 45%. ▶10

2. ¿Suficiente dosis de exposición?

- i) Fundamentalmente la duración de exposición necesaria depende fundamentalmente, junto a la laca fotosensible y su espesor de capa, también de la emisión espectral de la fuente de luz y de la sensibilidad espectral de la laca fotosensible. Una serie de exposiciones se recomienda siempre en procesos, lacas o modificaciones en el expositor, nuevos. ▶15.6, 41
- ii) En capas finas de laca fotosensible (espesor de capa de laca $<$ profundidad de penetración de la luz) una dosis de luz demasiado reducida provoca una constante tasa de revelado más reducida. Debido hasta la capa de laca se expone desde el

inicio hasta el sustrato, sus propiedades ópticas (transmisión y reflexión) juegan un papel decisivo para la magnitud de la dosis de luz necesaria. ►12.7

- iii) En capas de laca gruesas (espesor de capa de laca > profundidad de penetración de la luz) una dosis demasiado reducida de luz provoca una tasa constante de revelado hasta una determinada profundidad, a partir de la cual la tasa desciende casi a cero. ►12.7

3. ¿Revelador compatible?

- i) No cada laca fotosensible permite ser revelada con cualquier revelador. Por ejemplo las AZ® 4533 y 4562 requieren para un revelado exento de residuos, el AZ® 400K basado en COH o el AZ® 826 MIF basado en TMAH. Para las lacas negativas de la serie AZ® nLOF 2000 se recomienda por la misma razón un revelador basado en TMAH como el AZ® 326 MIF, 726 MIF o 826 MIF. La AZ® 111 XFS tiene que ser revelada con AZ® 303. ►31

4. ¿Revelador aún activo?

- i) La entrada de CO₂ del aire limita el tiempo de permanencia de baños de revelador abiertos tanto más intensamente, cuanto mayor sea la relación de la superficie con relación al volumen de líquido (recipientes pequeños). Una aplicación con N₂ del baño del revelador prolonga el tiempo de permanencia. También en recipientes cerrados la actividad del revelador en el transcurso del tiempo, cede por difusión de CO₂ a través de las paredes del recipiente, lo que está considerado en la fecha de durabilidad residual del revelador. ►3.6
- ii) Un enriquecimiento con laca fotosensible revelada limita la capacidad del revelador, la cual se agota a más tardar, cuando el baño de revelador ha revelado aprox. 1 tanto por mil de su volumen propio en laca fotosensible. ►15.5

5. ¿Revelador demasiado diluido?

- i) AZ® 400K y AZ® 351B se emplean diluidos habitualmente en 1 : 4 con agua. AZ® Developer puede ser empleado diluido hasta 1 : 1. Los reveladores AZ® 326 MIF, 726 MIF y 826 MIF por regla general se emplean sin diluir. En el AZ® 303 se dispone de relaciones típicas de dilución de 1 : 4 (para el AZ® 111 XFS) y 1 : 5 ... 1 : 8 (lacas restantes). Ante capas muy finas de laca fotosensible o estructuras muy finas, una dilución incrementada de hasta unos 1,5 veces el valor de estas indicaciones puede estabilizar el proceso. ►15.3

6. ¿HMDS correctamente aplicado, o contaminación con otros medios?

- i) Cuando HMDS es proyectado o bien aplicado a temperatura ambiente de la fase gaseosa, o los vapores del HMDS centrifugado durante la cobertura con laca dentro de la capa de laca, se activa el HMDS bajo la capa de laca fotosensible recién durante el horneado suave. El amoníaco disociado en este caso puede entre otros modificar químicamente las áreas de laca fotosensible cercanas al sustrato (reticulado transversal) y con ello impedir un revelado (pasante) o bien reducir el revelado. Recomendamos expresamente, aplicar HMDS de la fase gaseosa sobre sustratos calefaccionados y mantener la laca como también la capa de laca, lejos de los vapores de HMDS. ►4.7
- ii) Muchos productos empleados frecuentemente en salas limpias como amoníaco y clorobenceno pueden presentar en la capa de laca a través de la fase gaseosa, reticular estas en posteriores pasos de horneado (p.ej. horneado suave) o estabilizar químicamente de otra manera y de ese modo reducir la tasa de revelado.

7. ¿Degradación térmica del fotoiniciador?

- i) El componente fotosensible es sensible a la temperatura. Si la duración y la temperatura del horneado suave, paso de horneado de reversión (o el horneado postexposición en lacas negativas) sobrepasan los valores recomendados, esto puede reducir notablemente la tasa de revelado. Recomendamos para el horneado suave 100°C por una duración de un minuto por cada µm de espesor de capa de laca. ►9.4
- ii) Debido a una temperatura muy elevada o prolongada realizada de la laca fotosensible, se degrada ya antes de este procesamiento una parte creciente del fotoiniciador, con lo que la tasa de revelado alcanzada, desciende. Dentro de ciertos límites una dosis adaptada de luz, un revelador preparado más fuerte o una duración más prolongada del revelado, puede compensar esta degradación. ►3.1

8. ¿Espesor de la capa de laca más gruesa que lo esperado?

- i) Modificación de las relaciones de caudal del aire en el Spincoater (otras formas y tamaños de sustrato, modificaciones en el flujo, cobertura del plato del sustrato) a través de una tasa de evaporación modificada del disolvente de la capa de laca puede influenciar el espesor de capa alcanzado.
- ii) La tasa de evaporación del disolvente de una capa de laca proyectada y con ello su espesor alcanzado depende, junto a la temperatura y la humedad del aire, de la concentración de disolvente en la atmósfera en la centrifuga de laca. Esta a su vez depende de cuándo y cuantos sustratos ya se han laqueado desde la última limpieza de la centrifuga de laca. Por esta razón, con miras a espesores de capa de laca constantes, ser conveniente antes de una serie de coberturas de laca, laquear un una plaquita de ensayo.
- iii) La viscosidad de la laca y con ello su espesor de capa alcanzado depende junto a esta temperatura también intensamente de la proporción de disolvente, el cual en el transcurso del tiempo puede reducirse debido a una frecuente apertura del envase.
- iv) En la cobertura de laca por inmersión o pulverizado se emplean en la laca mayormente también disolventes de bajo punto de ebullición como acetona o MEK, los cuales se evaporan con mayor rapidez que los disolventes de alto punto de ebullición empleados de otro modo. Con estas técnicas de laqueado puede incrementarse con adecuada rapidez los espesores de capa de laca alcanzados con el tiempo de permanencia de la laca.

9. ¿Reflectividad del sustrato modificada?

- i) Justamente en espesores de capa de laca fotosensible delgados la dosis de luz absorbida por la laca y con ello la duración de exposición necesaria para un revelado rápido, depende del comportamiento de reflexión y de dispersión del sustrato.

E) Revelado: Demasiada remoción de oscuro**1. ¿Revelador diluido correctamente?**

- i) Con una creciente concentración de revelador se incrementa más rápido la remoción de oscuro que la tasa de revelado. AZ® 400K y AZ® 351B se emplean diluidos habitualmente en 1 : 4 con agua. AZ® Developer puede ser empleado diluido hasta 1 : 1. Los reveladores AZ® 326 MIF, 726 MIF y 826 MIF por regla general se emplean sin diluir. En el AZ® 303 se dispone de relaciones típicas de dilución de 1 : 4 (para el AZ® 111 XFS) y 1 : 5 ... 1 : 8 (lacas restantes). Para el procesamiento de lacas espesas o un incremento del caudal, la concentración del revelador puede encontrarse a costa de selectividad, algunos 10 % sobre estos valores. ►15.3

2. ¿Revelador compatible?

- i) Algunos reveladores como AZ® Developer o AZ® 826 MIF presentan comparativamente elevadas tasas de remoción de oscuro. Cuando las lacas fotosensibles a ser reveladas no requieren este revelador, se deben emplear reveladores selectivos. ►31

3. ¿Horneado suave óptimo?

- i) Un horneado suave demasiado corto/frío incrementa, debido a la proporción elevada de disolvente remanente de la capa de laca fotosensible ligada a ello, la remoción de oscuro. Recomendamos una temperatura de horneado suave de 100°C durante un minuto por cada µm de espesor de capa de laca. En el empleo de hornos, se debe adicionar el tiempo que necesitan los sustratos para calentar a la temperatura nominal. Sobre placas calientes (Hotplates) sustratos macizos o de deficiente conducción de calor, así como no apoyados planos (deformados o abombados) pueden reducir la temperatura efectiva en la capa de laca, lo que puede ser compensado a través de una prolongación del horneado suave o un incremento de la temperatura. ►9.2
- ii) Con un horneado suave extendido/caliente se degrada una parte del fotoiniciador, el cual en estado sin exposición actúa como inhibidor y como tal reduce la tasa de remoción en el revelador. Como consecuencia se incrementa la remoción de oscuro y el contraste de la laca disminuye. ►15.6, 16.1

4. ¿Degradación del fotoiniciador por un almacenaje erróneo o demasiado prolongado?

- i) Debido a un almacenaje demasiado prolongado a altas temperaturas de laca fotosensible, se degrada ya antes de su procesamiento una parte creciente del fotoiniciador, el cual en estado sin exposición actúa como inhibidor y como tal, reduce la tasa de remoción en el revelador. ►3.1

5. ¿En lacas de inversión o negativas?

- i) En lacas de inversión el paso de horneado de reversión tiene la tarea tras la primera exposición, de tornar las áreas expuestas, insolubles en el revelador. Si el paso de horneado de reversión resulta muy frío o muy corto, la tasa de remoción de estas áreas de laca en el revelador está notablemente incrementada. Los parámetros de horneado de reversión recomendados dependen en cada caso del la laca de reversión empleada y de los requerimientos en el proceso, por favor contáctenos en caso necesario, ¡le asesoraremos con gusto! ►17.3, 17.4
- ii) En lacas negativas el horneado postexposición (Post Exposure Bake (PEB)) reticula transversamente las áreas de laca expuestas y las torna insolubles al revelador. Los parámetros PEB recomendados dependen en cada caso de la laca negativa empleada, para las lacas AZ® nLOF 2000 recomendamos un proceso de de placa caliente (Hotplate) a 110-120°C durante 1-2 minutos. ►40

6. ¿Exposición accidental de áreas „oscuras“ en lacas positivas?

- i) En caso de dosis de luz muy elevadas, la dispersión de luz (dispersión Rayleigh) puede exponer también áreas oscuras nominales dentro de la capa de laca fotosensible, las que después se remueven con el revelador.
- ii) Una distancia entre la máscara y la superficie de la laca (voluntaria o involuntaria por partículas o burbujas en la capa de laca o un Randwall) conduce a una exposición de áreas de laca vecinas debido a difracción y reflexiones múltiples entre la máscara y la superficie de la laca. ►12.5
- iii) Sustratos rugosos o texturados dispersan la luz también lateralmente debajo de las áreas de la capa de laca, ensombrecidas por la máscara fotográfica. En sustratos transparentes se puede conducir la luz lateralmente y de ese modo la laca exponer asimismo en puntos nominales oscuros. En este caso puede ser conveniente, no seleccionar la dosis de exposición más alta que lo necesario. Adicionalmente un Bottom-Layer Anti-Reflective-Coating como el AZ® Barli puede ser de ayuda. ►11.2
- iv) La mayoría de lacas positivas son también sensibles en el área de ondas cortas visibles del espectro. Por esta razón, también los tubos fluorescentes, bombillas incandescentes, así como luz diurna directa o indirecta, pueden exponer las capas de laca. Recomendamos expresamente, p.ej. filtrar con película amarilla todas las fuentes de luz y ventanas para garantizar que no se transmita ninguna longitud de onda < 520 nm. ►8.1

F) Adherencia deficiente de la laca**1. ¿Óptimo tratamiento previo del sustrato?**

- i) En sustratos limpios es suficiente un calentamiento a 120 °C a 140°C durante algunos minutos para la desorción de las moléculas de agua acumuladas en la superficie. A partir de 150°C se abren los enlaces OH siempre presentes sobre superficies oxidadas, en donde el carácter hidrofóbico y con ello la humectación y adherencia de la laca continúan incrementándose. ►4.1
- ii) En sustratos contaminados con partículas o impurezas orgánicas, se recomienda para el mejoramiento de la humectación y adherencia de la laca una limpieza de sustrato en dos etapas la 1ª con acetona (remueve impurezas orgánicas) y la 2ª con isopropanol (remueve acetona contaminada, antes que se puedan producir estrías por ello). ►4.2
- iii) El HMDS debe ser aplicado en vacía de la fase gaseosa sobre sustratos calentados. La aplicación en forma líquida empeora en muchos casos la adherencia de la laca notablemente por debajo de la adherencia de laca sobre sustratos no tratados. ►4.7
- iv) Tras un ataque químico realizado con SiO₂ con HF (p.ej. „HF-Dip“) la adherencia de

la laca depende intensamente del hecho, que el óxido haya sido totalmente removido: Si este es el caso, la superficie Si pasivada con hidrógeno presenta por algún tiempo una muy buena adherencia de laca. En un ataque químico por óxido incompleto puede quedar una superficie intensamente hidrofílica con una humectación y adherencia de la laca muy deficiente, la cual puede ser restablecida a través de la continuación de un ataque químico por óxido completo o un horneado a altas temperaturas (aprox. 700 °C). ▶ 4.4

2. ¿Al atacar químicamente con soluciones ácidas con contenido de HF?

- i) El ácido fluorhídrico difunde relativamente rápido a través de capas de laca fotosensible. En este caso por una parte se hincha la capa de laca, por el otro comienza también la corrosión del sustrato encerrado debajo de la capa de laca. Como consecuencia la capa de laca se expande en grandes superficies durante el procedimiento de ataque químico o en el enjuague realizado a continuación. Junto a una capa de laca más gruesa, es también de ayuda el empleo de ácido fluorhídrico amortiguada (BOE) en lugar de HF sin amortiguar. ▶ 4.4

3. ¿Sobre metales nobles?

- i) Metales nobles como oro o platino presentan en general una adherencia de laca deficiente, que apenas puede ser mejorada a través de agentes adherentes orgánicos como HMDS. En caso de ser aplicable, sirve una capa de pocos nm de espesor de titanio o de cromo como agente adherente, la cual tras el revelado de la laca fotosensible en puntos de revelado libre, o bien tras el procesamiento completo, pueden ser nuevamente decapados sobre grandes superficies. ▶ 4.5

4. ¿Horneado suave óptimo?

- i) Un horneado suave corto/frío empeora la adherencia de la laca, a través de una proporción elevada de disolvente residual de la capa de laca fotosensible. En capas gruesas de laca fotosensible se forman durante la exposición generalmente burbujas de N₂ entre otras, en las cercanías del sustrato. Recomendamos una temperatura de horneado suave de 100°C durante aprox. 1 minuto por cada µm de capa de laca, en sustratos o bien procesos de horneado macizos o de mala conducción de calor, se deben agregar algunos minutos. ▶ 9.2-9.5
- ii) Si se aplica el horneado suave demasiado tiempo/caliente, la capa de laca se torna frágil y empeora la adherencia de la laca, entre otras, en caso de un enfriamiento brusco tras el horneado suave a través de tensiones mecánicas. Rampas de enfriamiento lentas pueden ser de ayuda.

5. ¿Lacas positivas sobre sustratos transparentes?

- i) En las exposiciones con dosis muy elevadas, en sustratos transparentes la luz puede ser conducida lateralmente a través de grandes distancias y en este caso exponer la capa de laca fotosensible en las cercanías del sustrato. De este modo se desprenden entre otras, estructuras pequeñas/estrechas en el revelador. ▶ 12.10

6. ¿En lacas de inversión o negativas?

- i) Cuando a través de una dosis reducida de exposición y/o un paso de horneado de inversión demasiado corto/frío o bien horneado postexposición, el lado superior de la laca sólo está reticulado transversalmente, las áreas de laca cercanas al sustrato pueden ser removidas por el revelador con tanta intensidad, que pequeñas/estrechas estructuras de laca en el revelador, se desprendan del sustrato. ▶ 17.3

7. ¿Materiales de sustrato metalizados/dotados diferentes de forma bilateral?

- i) Cuando el lado anterior y posterior de un sustrato conductor de electricidad está provisto de diferentes metales o bien diferentes dotaciones, se pueden formar en soluciones acuosas (revelador, medio mordiente ...) sobre ambos lados, un elemento galvánico. Una posible consecuencia de ello es la generación de H₂ sobre un lado, que intenta levantar la capa de laca que se encuentra sobre ella. Una capa de laca de protección cerrada sobre el otro lado del sustrato correspondiente puede evitar este efecto.

G) Resolución lateral muy reducida de la laca fotosensible**1. ¿Laca fotosensible apropiada?**

- i) Lacas positivas como la AZ® 1505, AZ® 1512 HS o AZ® 6612 permiten magnitudes de estructura por debajo de 1 µm, der AZ® 701 MiR y la serie AZ® ECI 3000 por debajo de 0.5 µm. En el área de lacas negativas se adaptan capas adecuadamente finas de la serie AZ® nLOF 2000 para resoluciones en la gama de sub-µm.

▶ 36, 37, 40

2. ¿Distancia entre máscara fotográfica y lado superior de laca?

- i) Una distancia entre el lado inferior de la máscara y la superficie de la laca causada por partículas, burbujas de aire o Randwall, reduce a través de difracción el logro de posibles resoluciones laterales en principio posibles con la laca empleada. ▶ 12.5

3. ¿Parámetros de horneado suave apropiados?

- i) Con un horneado demasiado caliente y/o extenso se degrada una proporción nada despreciable del fotoiniciador de lacas positivas y negativas, las cuales en estado sin exposición reducen como inhibidor la tasa de remoción en el revelador. Cuando la duración y la temperatura del horneado suave sobrepasan los valores recomendados, esto con una reducción simultánea de la tasa de revelado, puede incrementar la tasa de remoción de oscuro, lo que dificulta alcanzar estructuras de laca muy pequeñas. Recomendamos una temperatura de horneado suave de 100°C durante aprox. 1 minuto por cada µm de capa de laca, en sustratos o bien procesos de horneado macizos o de mala conducción de calor, se deben agregar algunos minutos. ▶ 9

- ii) Con un horneado suave demasiado corto o frío se retiene demasiado disolvente en la capa de laca, con lo que la remoción de oscuro se hace relativamente grande. De este modo se alcanzan estructuras pequeñas sólo con mayor dificultad. Sobre los parámetros de horneado suave recomendados por nuestra parte, le ofrece información el capítulo anterior. ▶ 9

4. ¿Revelador compatible y aplicado de forma óptima?

- i) Algunos reveladores como el AZ® Developer o el AZ® 826 MIF poseen comparativamente elevadas tasas de remoción de oscuro y no son recomendables para estructuras de laca pequeñas o los requerimientos de bordes de laca muy escarpados. ▶ 31

- ii) Con el incremento de la concentración de mala solución de revelador se incrementa la tasa de remoción de oscuro de forma sobreproporcionalmente intensa. Las relaciones óptimas de dilución está listadas en el capítulo E)1.i, para estructuras muy finas también se puede diluir con mayor intensidad. ▶ 15.3

5. ¿Dosis de exposición óptima?

- i) En caso de lacas positivas, ante una dosis reducida de exposición se incrementa ya sea la duración necesaria para el revelado pasante, o el revelador debe ser aplicado con concentraciones más elevadas. En ambos casos la remoción de la laca fotosensible no expuesta es relativamente elevada, con lo que se reduce la resolución alcanzable. ▶ 41

- ii) En caso de lacas negativas o de inversión, con una dosis reducida de exposición se incrementa la remoción de las áreas expuestas de la laca fotosensible, lo que reduce la resolución alcanzable. ▶ 17.3

- iii) Con dosis de luz demasiado elevadas también pueden ser expuestas áreas oscuras dentro de la capa de laca fotosensible, las cuales entonces en caso de lacas positivas son removidas también en el revelado o en caso de lacas negativas o de inversión, reduce las áreas de laca reveladas. Ambas reducen la resolución alcanzable y está comentado detalladamente con posibles causas en el capítulo E)6.

H) Burbujas o partículas en la capa de laca tras el laqueado**1. ¿Botellas de laca movidas?**

- i) El mover (cargar, girar) botellas de laca se pueden ocluir burbujas de aire dentro de la laca. Para permitir el ascenso de las burbujas a la superficie antes de la dispersión de laca, la botella de esta debe reposar previamente algún tiempo. El tiempo de espera necesario depende intensamente de la viscosidad de la laca, en todos los casos una hora debe aportar una mejora. ▶ 5.5

2. ¿Botellas de laca fotosensible cerradas durante un tiempo prolongado?

- i) Las lacas positivas y de inversión generan en el transcurso del tiempo N₂, la que en principio se disuelve en la laca fotosensible y debido a la sorpresiva caída de presión al abrir el envase, puede formar burbujas. Para permitir que estas asciendan a la superficie antes de la dispersión de la laca, la botella de esta debe reposar algún tiempo con la tapa colocada (para posibilitar el equilibrio de la presión sin permitir la penetración de partículas). El tiempo de espera necesario depende intensamente de la viscosidad de la laca, en todos los casos una hora debe aportar una mejora. ▶ 5.5

3. ¿Dispersión manual?

- i) Aplicar la laca mediante pipetas o jeringas, conduce frecuentemente a burbujas de aire individuales. Puede ser de ayuda, mantener un cierto tiempo el recipiente dispensador en posición vertical, antes del dispensado, para permitir el ascenso de las burbujas de aire a la superficie. ▶ 5.5

4. ¿Laqueado pulverizado?

- i) Con una proporción demasiado elevada de un disolvente de muy bajo punto de ebullición, las gotas de laca ya se secan en la niebla de pulverización en forma de bolillas, las cuales se depositan en el sustrato. ▶ 6.3

5. ¿Laca fotosensible superpuesta?

- i) Más allá de la fecha de caducidad o mal almacenada (demasiado caliente), la laca fotosensible tiende a la formación de partículas. Aquí están afectadas entre otras lacas fluidas de baja viscosidad con elevado contenido de fotoiniciador. ▶ 3.5

6. ¿Laca fotosensible diluida?

- i) Una dilución de laca fotosensible sólo debe ser realizada con disolventes apropiados (p.ej. PGMEA o MEK) y con una relación de dilución limitada, debido a que en caso contrario la laca fotosensible conduce rápidamente a la formación de partículas. Por favor, entre en contacto con nosotros para obtener indicaciones sobre los diluyentes apropiados. ▶ 3.4

I) Burbujas en la capa de laca tras la exposición**1. ¿Suficiente horneado suave?**

- i) Un horneado demasiado corto/frío significa una elevada proporción de disolvente remanente de la capa de laca fotosensible. El nitrógeno generado durante la exposición de lacas positivas y de inversión, puede conducir a burbujas. Recomendamos una temperatura de horneado suave de 100°C durante aprox. 1 minuto por cada µm de capa de laca, en donde en sustratos o bien procesos de horneado macizos o de mala conducción de calor, se deben agregar algunos minutos. ▶ 9

2. ¿Suficiente adherencia de laca?

- i) El nitrógeno generado durante la exposición de lacas positivas y de inversión, puede en algunos puntos de mala adherencia de la laca conducir a la formación de burbujas. Recomendaciones para un tratamiento previo óptimo del sustrato las aporta el capítulo F). ▶ 4

3. ¿Excesiva intensidad de exposición?

- i) El N₂ generado durante la exposición de lacas positivas y de inversión, debe poder difundir fuera de la capa de laca, en lo posible al mismo tiempo. Cuando la intensidad de exposición es demasiado grande, ante una creciente concentración de N₂ se forman en la capa de laca, burbujas o fisuras por tensión. Una reducción de la intensidad de la exposición o bien la división de la exposición en varios pasos con pausas intermedias (p.ej. ante una escritura láser), puede ser de ayuda. ▶ 13

4. ¿Capa de laca demasiado gruesa?

- i) Cuánto más gruesa es la capa de laca fotosensible, tanto más difícil es hacer difundir a la superficie durante la exposición, el nitrógeno generado antes que pueda formar burbujas. Por esta razón recomendamos para capas gruesas de laca, las lacas gruesas adecuadas como la AZ® 4562 o AZ® 9260, cuya tasa de generación de N₂ es comparativamente reducida debido a la proporción más baja de fotoiniciador. ►13

J) Burbujas en la capa de laca tras pasos de proceso u horneado

1. ¿Laca fotosensible expuesta tras pasos de horneado?

- i) El nitrógeno generado durante la exposición de lacas positivas y de inversión, a mayores temperaturas (durante p.ej. Post Exposure Bake, paso de horneado de inversión, o procesos galvánicos siguientes) pueden generar burbujas en la laca fotosensible adicionalmente ablandada. La ayuda la aporta un tiempo de espera más prolongado entre exposición y el siguiente paso de horneado o de proceso.

2. ¿Tras un recubrimiento (pulverización catódica, metalización por evaporación) o ataque químico seco?

- i) Los incrementos de temperatura que se presentan en estos casos, permite evaporar disolventes residuales de las estructuras de la laca o agua absorbida durante el revelado. Facilitado por la reducida presión en segundo plano como también la laca fotosensible ablandada bajo calor, se pueden generar por ello burbujas en la laca. Un horneado más prolongado/caliente reduce la proporción de disolvente residual, un paso de horneado tras el revelado además el contenido de agua. ►18.2
- ii) Otra posible fuente para la formación de gas es nitrógeno, el cual se genera como producto de la fotorreacción en estructuras de laca fotosensible hasta ahora no expuestas, debido a la radiación UV presente durante la pulverización catódica, ataque químico seco o metalización por evaporación. Para impedir una exposición de las estructuras de la laca *durante* el proceso, es de ayuda una exposición por anegación *antes* del proceso correspondiente. Su dosis debe alcanzar - sin máscara fotográfica - un múltiplo de la exposición definida por la estructura, seguida de un tiempo de espera suficiente para la eliminación de gas del N₂ aquí generado. Las lacas negativas de la serie AZ® nLOF 2000 no liberan nitrógeno durante la exposición y por esta razón no necesitan de este paso. ►18.3

K) Ataque químico con líquidos

1. ¿Problemas de adherencia?

- i) Las posibles causas y soluciones para una adherencia deficiente de laca, están indicadas en el capítulo F). ►22.12, 22.13

2. ¿Socavación?

- i) Ataque químico isotrópico socavan en general la laca en una magnitud comparable a la profundidad del ataque. Una socavación más intensa puede ser un indicio de una adherencia deficiente de la laca (véase capítulo F), la cual puede mejorarse a través de un horneado intenso tras el revelado a aprox. 140°C. ►22.12, 22.13

3. ¿Inicio de ataque químico irregular?

- i) También residuos de laca de pocos nm de espesor en las áreas nominalmente libre de áreas expuestas pueden representar una barrera para un rápido inicio del ataque químico. Posibles causas para ello pueden ser: Reveladores incompatibles (véase capítulo D)3), pretratamiento HMDS erróneo (véase capítulo D)6.i)) o un enjuague insuficiente tras el revelado.
- ii) En aluminio los reveladores alcalinos atacan intensamente la capa de óxido de aluminio, allí donde la laca está antes completamente revelada (p.ej. en puntos de laca finos, en los bordes de estructuras reveladas o en estructuras reveladas de tamaño creciente). Según el grado de sobreevelado y el tiempo de espera entre el revelado y el ataque químico del aluminio, esto puede conducir a un inicio de ataque químico de aluminio espacialmente poco homogéneo y con ello a un aluminio químicamente atacado con diferentes profundidades. ►22.1

4. ¿Profundidades de ataque químico irregulares en aluminio?

- i) Las burbujas generadas durante el ataque químico de aluminio que se asientan fijamente en el sustrato impiden localmente el avance del ataque químico de aluminio. Estas burbujas pueden ser disueltas del sustrato ya sea vía ultrasonido o a través de un ataque químico alternado y una breve inmersión en agua DI (ataque químico por intervalos) **►22.1**

5. Daños en la laca con ataque químico con contenido de HNO₃?

- i) En medios de intensa oxidación, un horneado intenso tras el revelado a aprox. 140°C puede incrementar la resistencia química de la laca. **►16.1**

6. ¿Ninguna resistencia de la laca en medios alcalinos (KOH, TMAH ...)?

- i) Si bien un horneado intenso a 150°C o superior puede incrementar la estabilidad alcalina de lacas fotosensibles. Sin embargo, mismo las estructuras de laca horneadas muy calientes, con reticulación transversal no son suficientemente estables para máscaras de laca para un ataque químico asinotrópico Si. Para esta finalidad se recomienda el empleo de máscaras duras como p.ej. SiO₂ o SiNx.

L) Ataque químico seco: Planteamientos habituales de problemas**1. ¿Disolución de la laca fotosensible?**

- i) Cuando la temperatura durante el ataque químico seco se incrementa sobre el punto de ablandamiento (tip. 100 ... 130°C en lacas positivas) de la laca fotosensible empleada, esta comienza a redondearse y a disolverse. Medidas para la ayuda son un acoplamiento optimizado de calor del sustrato en su soporte (p.ej. algo de aceite de bombas turbo para una buena disipación de calor de sustratos deformados o acodados), un suficiente tampón de calor (construcción maciza del soporte del sustrato) o una disipación de calor (p.ej. aluminio anodizado negro como radiador posterior de calor) del soporte del sustrato, una tasa de ataque químico reducida o bien un ataque químico de varias etapas con pausas de enfriamiento intercaladas o una laca fotosensible térmicamente estable (p.ej. la AZ® 701 MiR o la serie AZ® 6600) así como un horneado suave suficiente para minimización de la proporción de disolvente residual. **►20.6**

2. ¿Espumación de la laca fotosensible?

- i) Una laca positiva aún sin exponer puede ser expuesta por la radiación UV presente durante el ataque químico seco y liberar nitrógeno en ese caso. Soportado por el ablandamiento térmico de la laca fotosensible, pueden generarse de este modo burbujas o bien espumar la laca fotosensible. **►20.7**

3. ¿La laca ya no permite ser deprendido?

- i) Elevadas temperaturas, ataque de iones y radiación UV en segundo plano durante el ataque químico seco, pueden reticular transversalmente la laca fotosensible con tal intensidad, que posteriormente resulta muy dificultoso o ya no permite ser removida químicamente con líquido. El capítulo O) describe posibles medidas como solución. El material redepositado sobre la capa de laca puede asimismo dificultar la eliminación de la laca fotosensible, en este caso ayuda un soporte con ultrasonido. **►20.6, 20.8, 25**

M) Galvanoplastia: Planteamientos habituales de problemas**1. Estabilidad de la laca**

- i) En medio ácido todas las lacas AZ® y TI son suficientemente estables para la galvanoplastia. **►19.1**
- ii) Los baños alcalinos son críticos. A partir de un valor pH de aprox. 10 (dependiendo de la temperatura del baño y la duración de la galvanoplastia) se ataca la máscara de la laca. Laca de reticulación transversal como la serie AZ® nLOF 2000 poseen una estabilidad algo mayor en medios alcalinos como lacas positivas y de inversión. **►19.1**

2. ¿Infiltración de la máscara de laca o bien adherencia de laca deficiente?

- i) Debido al hinchamiento de la laca fotosensible, la adherencia al sustrato durante el moldeo galvanico puede ceder. Sugerencias para la optimización de la adheren-

cia de la laca las aporta el capítulo F). Sobre metales nobles una película de titanio de pocos nm de espesor (alternativamente cromo o aluminio) mejora notablemente la adherencia de la laca. Una película de metal tan fina puede; en caso necesario; ser eliminada en medios adecuados tras el revelado sobre los puntos revelados libres. En este caso se debe observar, que lateralmente no se ataque químicamente con demasiada intensidad debajo de la película de laca, esto es que el procedimiento de ataque químico finalice al mismo tiempo con la remoción de la capa de adherencia. ►19.2

3. ¿Contaminación de la galvanoplastia por separación de disolvente remanente?

- i) Capas de laca fotosensible secadas bajo parámetros de horneado suave habituales pueden presentar siempre aún una proporción de disolvente residual de algunos por cientos. Si durante la galvanoplastia este disolvente alcanza el baño galvánico, se puede destruir de este modo la química de la separación. En este caso se recomienda un horneado suave intensivo (más largo/más caliente). ►19.3
- ii) En capas de laca gruesas, en las cuales también un horneado suave prolongado deja atrás una proporción relativamente elevada de disolvente residual en las cercanías del sustrato, puede ser de ayuda un paso de horneado tras el revelado. Para mantener las superficies de laca, este por lo menos se debe ejecutar 10 °C por debajo del punto de ablandamiento de la laca fotosensible empleada. ►19.3

4. Perfil de laca

- i) Si se desean en lo posible borde verticales, se recomienda para máscaras de laca fotosensible de unos pocos µm de espesor la AZ® ECI 3000 o la serie AZ® 6600, para capas más gruesas la AZ® 4562 o especialmente la AZ® 9260. ►34-37
- ii) En caso que la estructura metálica modelada deba presentar un perfil positivo, se recomienda como máscara de laca AZ® nLOF 2000 de laca negativa para espesores de capa de aprox. 20 µm. Con esta laca se permite ajustar a través de la dosis de exposición y el PEB la forma de socavación sobre una área mayor. A través de la reticulación transversal, esta laca es además química y térmicamente más estable que lacas positivas. ►40
- iii) En caso que la estructura metálica creciente deba presentar un perfil negativo (esto es abrirse hacia arriba) se debe reducir el perfil de laca alejándose del sustrato. Esto puede ser alcanzado con un Proximity Gap de la máscara durante la exposición o un Reflow de las estructuras de la laca tras el revelado sobre del punto de ablandamiento de la laca fotosensible empleada. ►16.2

5. ¿La estructura metálica crecida no se adhiere correctamente?

- i) Cuando una laca fotosensible se revela con un revelador inapropiado o tras el revelado no se enjuaga lo suficiente, unos residuos no visibles de laca de algunos pocos espesor, pueden impedir un crecimiento óptimo del metal separado. Que laca fotosensible y que revelador se necesitan, está indicado en el capítulo D)3. ►31
- ii) Un HMDS mal aplicado (aplicado líquido o sobre una plaquita sin calentar) puede conducir a un reticulado transversal de las capas de laca fotosensible cercanas al sustrato, las cuales no se revelan completamente y de ese modo permanecen entre la capa de sustrato y el metal. ►4.7

N) Lift-off no funciona (lo suficientemente bien)

1. ¿Metalizado por evaporación o pulverización catódica?

- i) Mientras que en mayor o menor medida se recubren también durante la pulverización catódica isotrópica o socavados de flancos de laca, el metalizado por evaporación conduce generalmente a un resultado notablemente mejor durante el Lift-off. Ante todo en capas aplicadas gruesas (> algunos 100 nm); donde sea aplicable; se prefiere el metalizado por evaporación a la pulverización catódica.

2. ¿Laca fotosensible apropiada?

- i) Bordes de laca socavados son mejores para un buen resultado en el Lift-off que flancos verticales o hasta positivos. Por esta razón se debe dar preferencia a las lacas negativas como la serie AZ® nLOF 2000 o lacas de inversión como p.ej. las lacas positivas AZ® 5214 E o TI 35ES. Si a pesar de ello aún se empleen lacas

positivas, se recomiendan aquellas con la opción de flancos casi verticales como la serie AZ® 6600 o la laca gruesa AZ® 9260, eventualmente en combinación con *Developer Soaking* (Detalles sobre ello, a pedido). ▶38-40

3. ¿Ablandamiento durante el recubrimiento?

- i) Cuando la temperatura se incrementa durante el recubrimiento sobre el punto de ablandamiento de la laca fotosensible empleada, los flancos de la laca se redondean y se recubren asimismo. Una posible solución la ofrece el capítulo L)1.i.

▶18.1

4. ¿Medio Lift-off apropiado?

- i) En Lift-off con acetona de rápida evaporación se depositan frecuentemente laminillas del material ya levantados sobre el sustrato y sólo permiten ser nuevamente eliminados con mucho esfuerzo. Mejor se adapta el disolvente NMP, el cual en función de una presión de vapor sumamente reducida además se puede calentar a 80°C. Un tratamiento adicional por ultrasonido puede acelerar el Lift-off.

▶18.5

O) La laca fotosensible ya no permite ser eliminada

1. ¿Disolvente como removedor?

- i) La acetona empleada ocasionalmente no es un removedor óptimo, debido a que por una parte no puede ser calentado debido al punto de inflamación reducido y por el otro en función de su elevada presión de vapor se evapora rápidamente y por ello provocar residuos de laca. Dentro de los disolventes orgánicos se recomienda NMP, el cual calentado hasta 80°C también permite eliminar laca fotosensible reticulada transversalmente.

▶25.1, 25.2

2. ¿Medios alcalinos como removedor?

- i) Como alternativa a disolventes orgánicos se recomienda el AZ® 100 Remove, que se emplea absolutamente exento de agua y es ampliamente compatible con el aluminio. Alternativamente también se puede emplear NaOH o KOH (cada uno a > 2%) como removedor, en donde una creciente reticulación transversal de la laca fotosensible requiere unas concentraciones más elevadas y/o mayores temperaturas.

▶25.1, 25.3

3. ¿Horneado intensivo a muy altas temperaturas?

- i) Las lacas negativas se reticulan transversalmente durante el procesamiento, lacas positivas basadas en resinas cresólicas (AZ®) reticulan transversalmente a partir de aprox. 150°C. Para todas las lacas vale, que el grado de reticulación transversal y con ello la insolubilidad en disolventes o removedores alcalinos se incrementa con el aumento de la temperatura.

▶16.1

4. Tras el recubrimiento (pulverización catódica, metalizado por evaporación, CVD)?

- i) El incremento de temperatura que se presenta en este caso, puede junto con la radiación UV (térmica o de recombinación) reticular transversalmente la laca fotosensible y empeorar su capacidad de eliminación. Una solución en forma de reducción de temperatura lo describe el capítulo L)1.i).

▶18.1

5. ¿Tras el ataque químico seco?

- i) En principio vale lo mismo que los descrito en el capítulo anterior. En el ataque químico seco existe adicionalmente el peligro de una redeposición de materiales atacados químicamente sobre la superficie de la laca, la cual está en removedores y bajo ciertas circunstancias es insoluble y eventualmente deben ser atacados químicamente en medios adecuados con soporte de ultrasonido.

▶20.6

Su persona de contacto



Dr. Ing. **Christian Koch**

Tel. +49 731 36080-409
Móvil +49 178 7825198
Fax +49 731 36080-908
E-Mail koch@microchemicals.eu



Dr. Ing. **Titus J. Rinke**

Tel. +49 731 36080-409
Móvil +49 177 3332453
Fax +49 731 36080-908
E-Mail rinke@microchemicals.eu



Pie de página

Dirección postal

MicroChemicals GmbH
Schillerstraße 18
D-89077 Ulm

Tel.: +49 731 36080-409
Fax: +49 731 36080-908
E-Mail: info@microchemicals.eu
Internet: www.microchemicals.eu

Dirección ejecutiva

Dr. Ing. Titus J. Rinke, Dr. Ing. Christian Koch

Registro mercantil **Número de identificación fiscal**
Ulm, HRB 4271 DE813168639