



Positiv-PMMA E-Beamresists AR-P 630 - 670 er

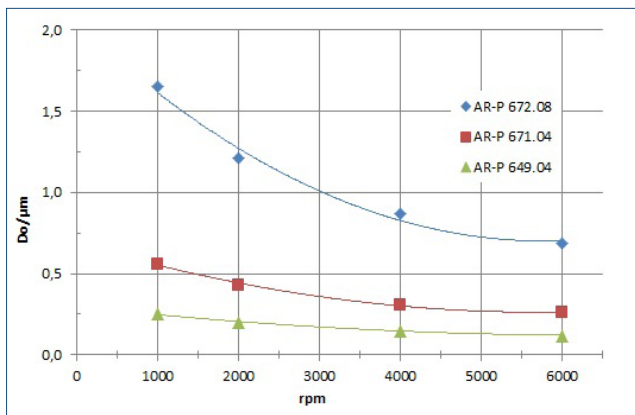
AR-P 631-679 E-Beamresists für die Nanometerlithographie

PMMA-Resistserien 50K-950K zur Herstellung von integrierten Schaltkreisen und Masken

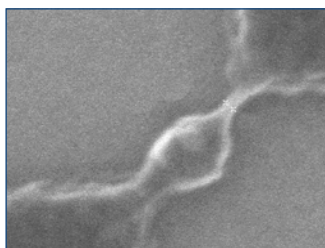
Charakterisierung

- E-Beam, Tief-UV (248 nm)
- sehr gute Haftung auf Glas, Silizium und Metallen
- 50K: 20% empfindlicher als 950K
- für Planarisierungen und Mehrlagenprozesse
- höchste Auflösung, hoher Kontrast
- Polymethylmethacrylate verschiedener Molgewichte
- AR-P 641-671 Chlorbenzen, Flammpunkt: 28 °C
- AR-P 632-672 Safer Solvent Anisol, Flammp.: 44 °C
- AR-P 639-679 Safer Solvent Ethyllactat, Fl.p.: 36 °C

Spinkurve



Strukturauflösung



AR-P 679.02
erzeugte Strukturauflösung:
6,2 nm Gap, 65 nm hoch

Eigenschaften I

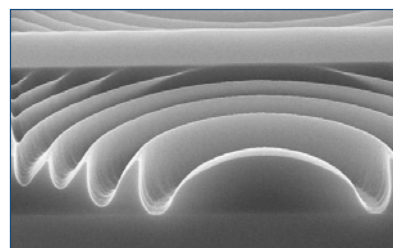
Parameter / AR-P	632-639	641-649	661-669	671-679
PMMA-Typ	50 K	200 K	600 K	950 K
Schichtdicke/4000 rpm (μm) entsprechend Feststoffgehalt	0,02-0,31	0,02-0,78	0,02-1,04	0,03-1,87
Feststoffgehalt (%)	1-12	1-12	1-11	1-11
Auflösung bester Wert (nm)	6			
Kontrast	7			
Lagertemperatur (°C)*	10 - 22			

* Die Produkte sind 6 Monate ab Verkaufsdatum bei vorschriftsmäßiger Lagerung garantiert haltbar und darüber hinaus ohne Gewähr bis Etikettendatum verwendbar.

Eigenschaften II

Glas-Temperatur (°C)	105	
Dielektrizitätskonstante	2,6	
Cauchy-Koeffizienten	N ₀	1,478
	N ₁	47,3
	N ₂	0
Plasmaätzraten (nm/min) (5 Pa, 240-250 V Bias)	Ar-Sputtern:	21
	O ₂	344
	CF ₄	59
	80 CF ₄ + 16 O ₂	164

Resiststrukturen



AR-P 671.09
Diffraktive Optiken
4,4 μm dick

Prozessparameter

Substrat	Si 4"-Wafer
Temperung	150 °C, 3 min. Hotplate
Bestrahlung	Raith Pioneer, 30 kV
Entwicklung	AR 600-56, 60 s, 21 °C
Stoppbad	AR 600-60, 30 s, 21 °C

Prozesschemikalien

Haftvermittler	AR 300-80 neu
Entwickler	AR 600-55, AR 600-56
Verdünner	Chlorbenzen bzw. AR 600-02 bzw. AR 600-09
Stopper	AR 600-60
Remover	AR 600-71, AR 300-76

Positiv - PMMA E-Beamresists AR-P 630 - 670 er

Prozessbedingungen

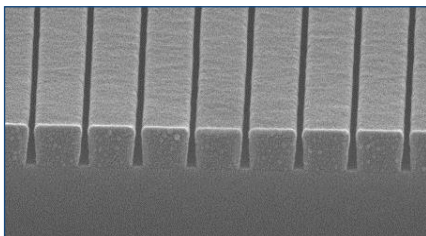
Dieses Schema zeigt ein Prozessierungsbeispiel für den Resists AR-P 630-670. Die Angaben sind Richtwerte, die auf die eigenen spezifischen Bedingungen angepasst werden müssen. Weitere Angaben zur Prozessierung
☞ „Detaillierte Hinweise zur optimalen Verarbeitung von E-Beamresists“. Empfehlungen zur Abwasserbehandlung und allgemeine Sicherheitshinweise ☞ „Allgemeine Produktinformationen zu Allresist-E-Beamresists“.

Beschichtung		AR-P 632.06 4000 rpm, 60 s, 110 nm	AR-P 671.05 2000 rpm, 60 s, 690 nm
Temperung ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)		150 $^{\circ}\text{C}$, 3 min Hotplate oder 150 $^{\circ}\text{C}$, 60 min Konvektionsofen	
E-Beam-Bestrahlung		ZBA 21, 20 kV Bestrahlungsdosis (E_0): 95 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$	Raith Pioneer, 30 kV 770 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$
Entwicklung (21-23 $^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) Puddle		AR 600-55 1 min	AR 600-56 3 min
Stoppen		AR 600-60, 30 s	
Nachtemperung (optional)		130 $^{\circ}\text{C}$, 1 min Hotplate oder 130 $^{\circ}\text{C}$, 25 min Konvektionsofen für eine leicht verbesserte Plasmaätzbeständigkeit	
Kundenspezifische Technologien		z.B. Erzeugung der Halbleitereigenschaften	
Removing		AR 300-71 oder O_2 -Plasmaveraschung	

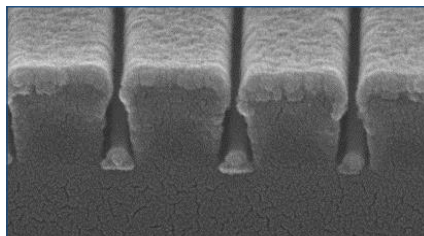
Hinweise für die Verarbeitung als Zweilagensystem

Stark unterschrittene Strukturen (lift-off) werden erhalten, wenn PMMA-Resists verschiedener Molmassen für ein Zweilagensystem ausgewählt werden. Als obere Schicht empfiehlt sich ein Ethyllactat-PMMA, da Ethyllactat im Gegensatz zu den anderen Lösemitteln die nachfolgende Schicht nicht angreift. Die untere Schicht kann dagegen ein Chlorbenzen-, Anisol- oder Ethyllactat-PMMA sein. Beide Temperungen erfolgen bei 150 $^{\circ}\text{C}$.

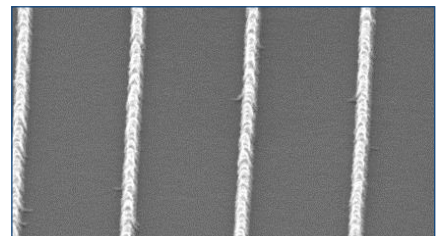
Empfehlung: großer Unterschnitt (geringere Auflösung): untere Schicht 50K, obere Schicht: 200K, 600K oder 950K.
hohe Auflösung (geringerer Unterschnitt): untere Schicht: 600K, obere Schicht: 950K.



Nach der Entwicklung (AR 600-56)



Mit Metall bedampfte Strukturen

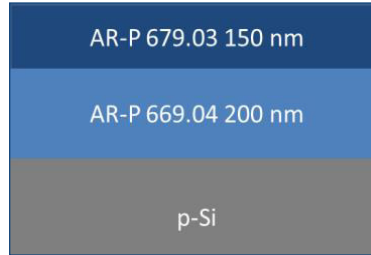
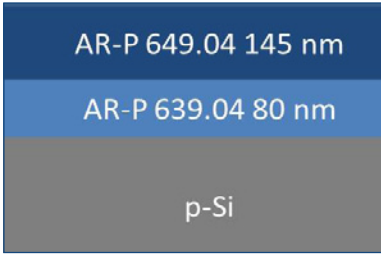


gelifetete 30 nm Metall-Stege



Positiv - PMMA E-Beamresists AR-P 630 - 670 er

Untersuchungen von 2-Lagen-PMMA lift-off Strukturen



Für die Versuche wurden die 2-Lagensysteme wie links gezeigt beschichtet und jeweils bei 180 °C, 60 s getempert, anschließend mit verschiedenen Dosen bestrahlt (30 kV) und entwickelt (AR 600-60, IPA).

Schichtaufbau des Zweilagensystems 50K/ 200K

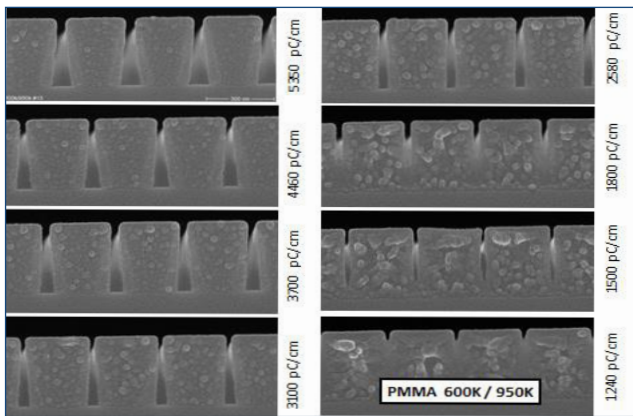
Schichtaufbau des Zweilagensystems 600K/ 950K

Das System 50K/200K ist empfindlicher, bei 1500 pC/cm ist die Doppelschicht vollständig entwickelt. Dafür benötigt die Variante 600K/950K eine höhere Dosis von 2200 pC/cm. Mit steigender Dosis prägt sich auch der Unterschnitt bei dem System 50K/200K stärker aus. Damit ist dieses Zweilagensystem für komplizierte Lift-off-Prozesse prädestiniert. Die Variante 600K/950K kann für höhere Gesamtschichtdicken (> 500 nm) eingesetzt werden und ist ein zuverlässiges Lift-off-System für einfache Anwendungen. Bei diesen Untersuchungen wurde als Entwickler immer der AR 600-60 (IPA) eingesetzt.. Das erklärt die relativ hohen Dosen, jedoch auch die gute Prozessstabilität.

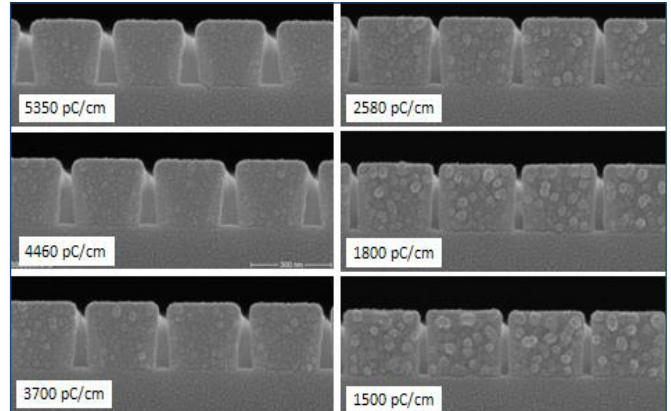
Dosisstaffel des 600k/950k-Systems

Dosisstaffel des 50K/ 200K-Systems

Definition: Die Empfindlichkeit für eine Linie wird in pC/cm angegeben, für eine Fläche ist die Einheit $\mu\text{C}/\text{cm}^2$



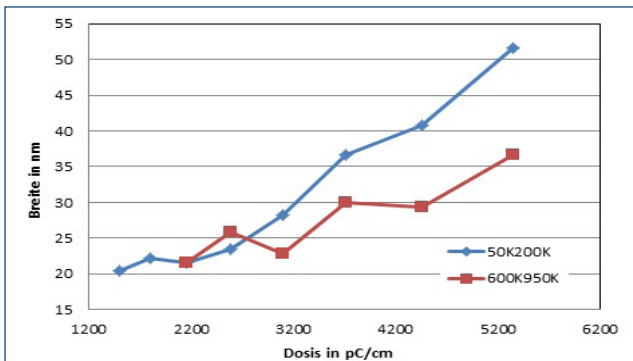
Bei 1800 pC/cm noch nicht durchentwickelt



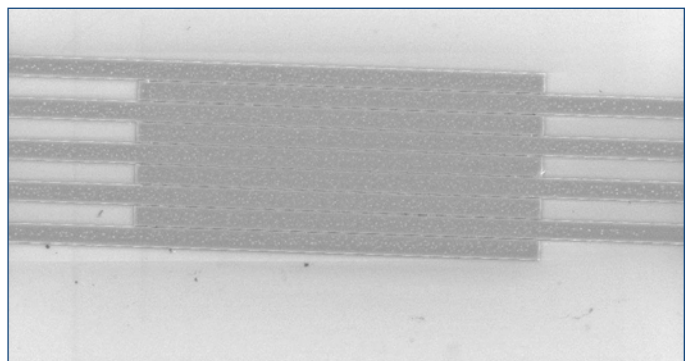
Stetige Zunahme des Unterschnittes

Ausbildung Unterschnitt vs. Bestrahlungsdosis

Applikationsbeispiel



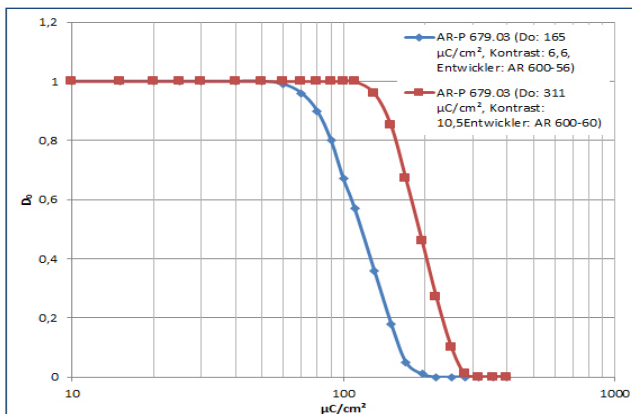
Grabenbreite oben: 20 nm, Messwerte im Diagramm: Breite der Gräben unten



„Fingerstrukturen“ mit dem Sondersystem PMMA 90K/200K, Gräben 30 nm breit

Positiv - PMMA E-Beamresists AR-P 630 - 670 er

Empfindlichkeit eines PMMA-Resist

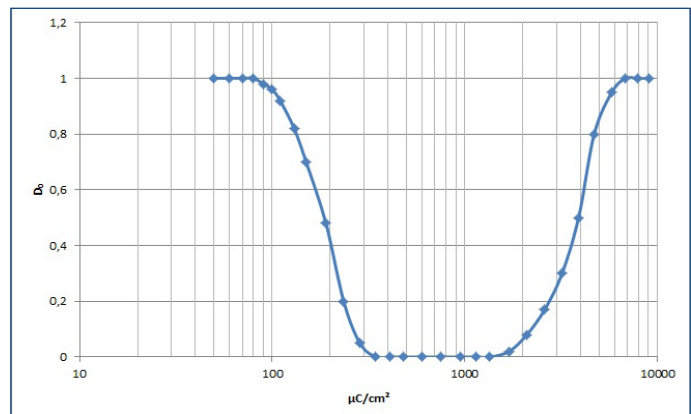


Vergleich der Entwickler AR 600-55 und AR 600-56

Im linken Diagramm ist der Vergleich der Empfindlichkeiten des AR-P 679.03 in 2 unterschiedlichen Entwicklern zu sehen. Unter sonst gleichen Bedingungen (30 kV, 165 nm Schichtdicke) ergibt der Standardentwickler AR 600-55 eine fast doppelt so hohe Empfindlichkeit im Vergleich zum AR 600-60 (IPA). Die Entwicklung mit IPA führt jedoch zu einem deutlich höheren Kontrast (10,5 : 6,6). Damit ist dieser Entwickler für höhere Auflösungen prädestiniert. Außerdem zeigen die Erfahrungen, dass das Prozessfenster deutlich größer als bei den schnelleren Entwicklern ist. Eine Abweichung z.B. der Dosis von 10 % wird ohne Qualitätsverlust hingegenommen.

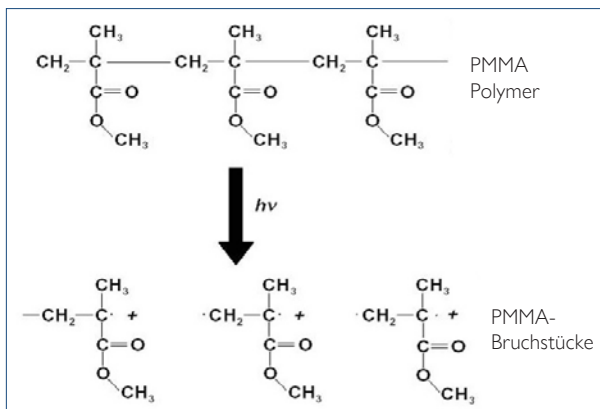
Bei der Elektronenbestrahlung der PMMA's kommt es zum Bruch der Hauptkette. Dabei sinkt die Molmasse von ursprünglich 950.000 g/mol (950K) auf 5.000 – 10.000 g/mol. Dieser Kettenbruch verläuft hauptsächlich radikalisch (siehe Abbildung unten). Bei einer optimalen Dosis rekombinieren die Radikale zu Molekülen mit einer Molmasse um 5.000 g/mol. Wird jedoch die Dosis drastisch erhöht, entstehen soviel Radikale, dass diese wieder zu wesentlich höheren Molmassen vernetzen, das PMMA wird zum Negativresist. In dem oberen rechten Diagramm wird dieses Verhalten durch die Gradationskurve eines Standardprozesses dargestellt (AR-P 671.05, 490 nm Schichtdicke, 30 kV, Entwickler AR 600-56), die hohen Dosen bauen den Resist als Negativlack auf.

Gradationskurve PMMA



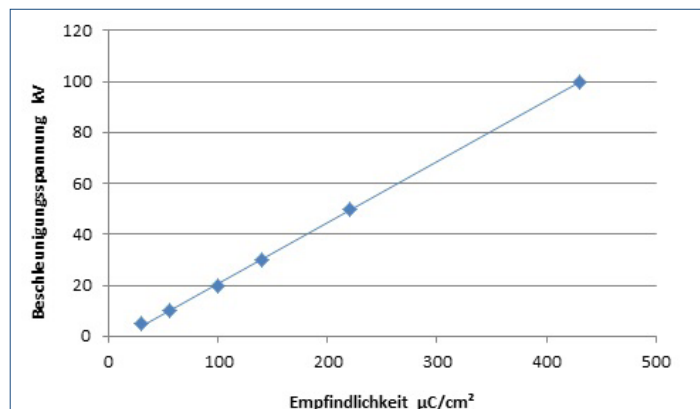
Gradationskurve bis zur maximalen Dosis

Depolymerisation bei der Bestrahlung



Die Hauptkette des PMMA wird in viele, radikalische Bruchstücke zerschlagen

Dosis gegen Beschleunigungsspannung



Die Empfindlichkeit eines PMMA-Resists (AR-P 671.05) hängt stark von der Beschleunigungsspannung ab. Bei 100 kV passiert ein großer Teil der Energie den Resist ohne Wechselwirkung, deshalb ist der Resist unempfindlicher. Bei 5 kV werden dagegen die gesamten Elektronen absorbiert.