



## Protective Coating Novolak-Electra 92 (AR-PC 5091)

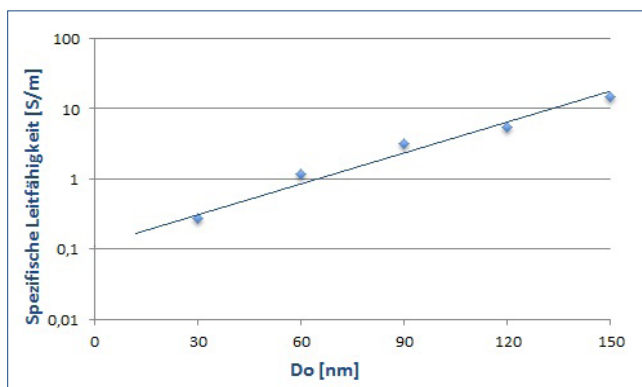
### Leitfähiger Schutzlack für novolakbasierte E-Beamresists

Top-Layer zur Ableitung von E-Beam-Aufladungen auf isolierenden Substraten

#### Charakterisierung

- ist als Schutzlack nicht licht-/strahlungsempfindlich
- dünne, leitfähige Schichten zur Ableitung von Aufladungen bei der Elektronenbestrahlung
- Beschichtung auf Novolak E-Beamres. wie AR-N 7000
- langzeitstabile, preisgünstige Spacer-Alternative
- leichtes Removing mit Wasser nach Bestrahlung
- Polyanilin-Derivat gelöst in Wasser und Isopropanol

#### Leitfähigkeit



Widerstandsmessungen der durch Schleuderbeschichtung erzeugten Schichten des AR-PC 5091. Mit dünneren Schichten nehmen der Widerstand zu und die Leitfähigkeit ab.

**Hinweis:** Novolak-basierte E-Beamresists besitzen andere Oberflächeneigenschaften als CSAR 62 bzw. PMMA. Deshalb wurde der AR-PC 5091 mit einer anderen Lösemittelzusammensetzung konzipiert. Ansonsten ist jedoch die Polymerzusammensetzung von AR-PC 5090 und 5091 gleich, so dass wir bei beiden Lacken von Electra 92 sprechen.

#### Prozessparameter

Substrat	4" Quarz-Wafer mit 7520.07 neu
Beschichtung	2000 rpm, 60 nm auf E-Beamresist
Temperatur	50 °C

#### Eigenschaften I

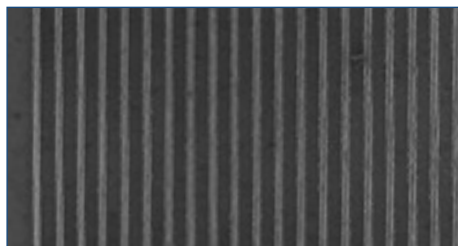
Parameter / AR-PC	5091.02
Feststoffgehalt (%)	2
Viskosität 25°C (mPas)	1
Schichtdicke/4000 rpm (nm)	31
Schichtdicke/1000 rpm (nm)	80
Auflösung (µm) / Kontrast	-
Flammpunkt (°C)	39
Lagertemperatur (°C) *	8 - 12

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

#### Eigenschaften II

Leitfähigkeit in Schicht, 60 nm (S/m)	1,2	
Cauchy-Koeffizienten	N <sub>0</sub>	-
	N <sub>1</sub>	-
	N <sub>2</sub>	-
Plasmaätzraten (nm/min) (5 Pa, 240-250 V Bias)	Ar-sputtern	-
	O <sub>2</sub>	-
	CF <sub>4</sub>	-
	80 CF <sub>4</sub> + 16 O <sub>2</sub>	-

#### Resiststrukturen nach Ableitung von Aufladungen



Auf Glas geschriebene 50 nm Linien bei einem pitch von 150 nm mit AR-N 7520.07 neu und AR-PC 5091.02

#### Prozesschemikalien

Haftvermittler	-
Entwickler	-
Verdünner	-
Remover	DI-Wasser

## Protective Coating Novolak-Electra 92 (AR-PC 5091)

### Prozessbedingungen

Das Schema zeigt ein Prozessierungsbeispiel für den leitfähigen Schutzlack AR-PC 5091.02 und E-Beamresist AR-N 7520.07 neu. Die Angaben sind Richtwerte, die auf die eigenen spezifischen Bedingungen angepasst werden müssen.

1. Beschichtung		AR-N 7520.07 neu auf isolierenden Substraten (Quarz, Glas, GaAs) 4000 rpm, 60 s, 80 nm
1. Temperung ( $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ )		85 $^{\circ}\text{C}$ , 2 min Hotplate oder 85 $^{\circ}\text{C}$ , 30 min Konvektionsofen
2. Beschichtung		AR-PC 5091.02 2000 rpm, 60 s, 50 nm
2. Temperung ( $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ )		50 $^{\circ}\text{C}$ , 2 min Hotplate oder 45 $^{\circ}\text{C}$ , 25 min Konvektionsofen
E-Beam-Bestrahlung		Raith Pioneer, Beschleunigungsspannung 30 kV Bestrahlungsdosis ( $E_0$ ): 30 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ , 100 nm spaces & lines
Removing optional		AR-PC 5091.02 (Removingschritt kann auch gleichzeitig mit dem DI-H <sub>2</sub> O, 60 s nachfolgenden Entwicklungsschritt erfolgen)
Entwicklung (21-23 $^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) Puddle		AR-N 7520.07 neu AR 300-47, 50 s
Spülen		DI-H <sub>2</sub> O
Nachtemperung optional		85 $^{\circ}\text{C}$ , 1 min Hotplate oder 85 $^{\circ}\text{C}$ , 25 min Konvektionsofen für eine leicht verbesserte Plasmaätzbeständigkeit
Kundenspezifische Technologien		Erzeugung der Halbleitereigenschaften, Ätzen, Sputtern
Removing		AR 600-70 oder O <sub>2</sub> -Plasmaveraschung

### Verarbeitungshinweise für den Schutzlack

Über die Einstellung der Schichtdicke durch unterschiedliche Drehzahlen kann die Leitfähigkeit variiert werden. So haben dickeren Schichten von 90 nm gegenüber 60 nm eine um 2,5 fach höhere Leitfähigkeit. Bei ggf. auftretender Rissbildung nach Tempern des Schutzlackes kann auch auf die Temperung verzichtet werden.

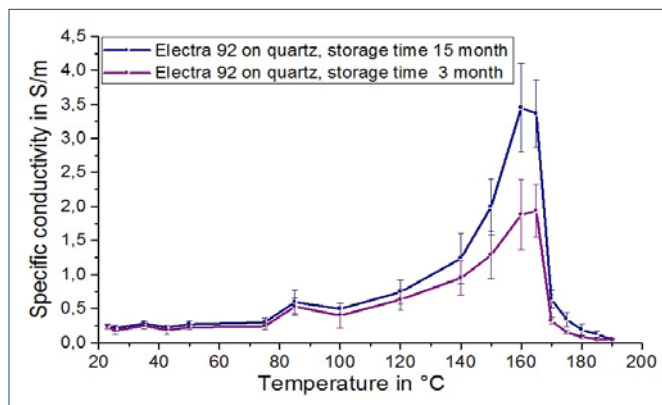
Für die Ausbildung einer gleichmäßigen Schicht sollte erst die Resistlösung das gesamte Substrat benetzen, ehe der Schleudervorgang gestartet wird.



## Protective Coating Electra 92

### Anwendungsbeispiele für PMMA-Electra 92

#### Leitfähigkeit Electra 92 in Abhängigkeit von der Temperatur

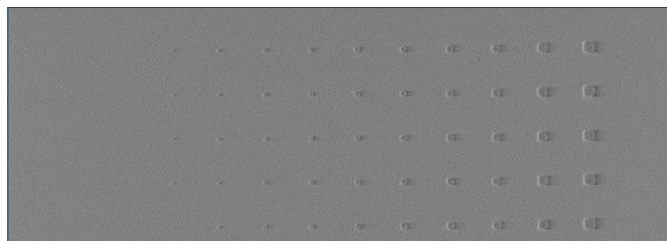


Leitfähigkeitsverhalten unterschiedlich lang gelagerter Chargen Electra 92

Die Leitfähigkeit wurde in Abhängigkeit von der Messtemperatur ermittelt. Bei Temperaturen < 100 °C sind beide Leitfähigkeiten nahezu identisch.

Eine Messung der Leitfähigkeit bis 160 °C direkt auf einer Hotplate führt zu einer großen Erhöhung der Leitfähigkeit um den Faktor 10 (siehe Diagramm). Dieser Fakt beruht auf der vollständigen Entfernung des Wassers aus der Schicht. Nach einigen Stunden Aufnahme der Luftfeuchtigkeit unter Raumbedingungen sinkt die Leitfähigkeit auf den Ausgangswert zurück. Im Hochvakuum des E-Beam-Gerätes wird das Wasser ebenfalls restlos entfernt, die Leitfähigkeit steigt. Das wurde bei direkten Messungen der Leitfähigkeit im mittleren Vakuum nachgewiesen. Temperaturen größer 165 °C wiederum zerstören das Polyanilin irreversibel, die Leitfähigkeit verschwindet.

#### CSAR 62 auf Glas mit Electra 92 zur Ableitung



30 – 150 nm Quadrate des CSAR 62 auf Glas

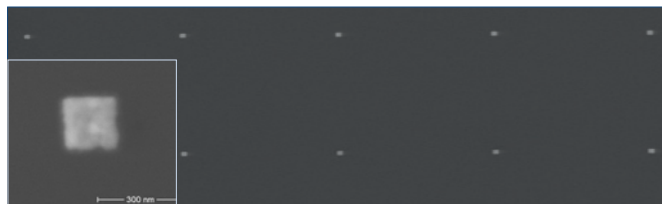
Die Kombination von CSAR 62 mit AR-PC 5090.02 bietet beste Möglichkeiten, komplizierte E-Beam-Strukturierungen auf Glas, Quarz oder semiisolierenden Substraten wie z.B. Galliumarsenid durchzuführen. Die sehr gute Empfindlichkeit und höchste Auflösung des CSAR werden durch die Leitfähigkeit des Electra harmonisch ergänzt.

#### CSAR 62 und Electra 92 auf Glas

Substrat	Glas 24 x 24 mm
Haftvermittlung AR 300-80	4000 rpm; 10 min, 180 °C Hotplate
Beschichtung AR-P 6200.09	4000 rpm; 8 min, 150 °C Hotplate
Beschichtung AR-PC 5090.02	4000 rpm; 5 min, 105 °C Hotplate
E-Beam-Bestrahlung	Raith Pioneer; 30 kV, 75 µC/cm <sup>2</sup>
Removing Electra 92	2 x 30 s Wasser, Tauchbad
Zwischenbad (Trocknung)	30 s AR 600-60
Entwicklung CSAR 62	60 s AR 600-546
Stoppen	30 s AR 600-60

Bei einer CSAR-Schichtdicke von 200 nm wurden Quadrate mit einer Kantenlänge von 30 nm sicher aufgelöst.

#### PMMA-lift-off auf Glas mit Electra 92



200 nm Quadrate erzeugt mit 2-Lagen-PMMA-Lift-off

Auf einem Glas-Substrat wurde zuerst der PMMA-Resist AR-P 669.04 (200 nm dick) beschichtet und getempert. Darauf wurde der zweite PMMA-Resist AR-P 679.03 (150 nm dick) aufgebracht und getempert. Dann folgte die Beschichtung mit Electra 92. Nach der Bestrahlung wurde Electra mittels Wasser entfernt, die PMMA-Strukturen mit AR 600-56 entwickelt und das Substrat mit Titan/Gold bedampft. Nach dem Liften mit Aceton blieben die gewünschten Quadrate hochpräzise auf dem Glas zurück.

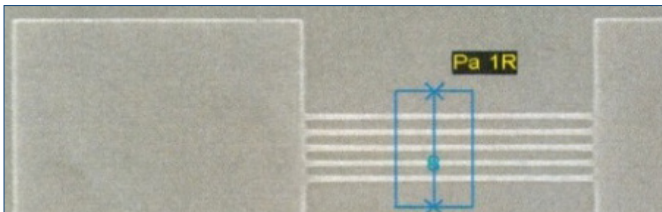
#### PMMA-Lift-off auf Glas mit Electra 92

Substrat	Glas 25 x 25 mm
Beschichtung AR-P 669.04	4000 rpm; 3 min, 150 °C Hotplate
Beschichtung AR-P 679.03	4000 rpm; 3 min, 150 °C Hotplate
Beschichtung AR-PC 5090.02	2500 rpm; 5 min, 105 °C Hotplate
E-Beam-Bestrahlung	Raith Pioneer; 30 kV, 75 µC/cm <sup>2</sup>
Removing Electra 92	2 x 30 s Wasser
Entwicklung PMMAs	60 s AR 600-56
Stoppen	30 s AR 600-60
Bedampfung	Titan/Gold

## Protective Coating Electra 92

### Anwendungsbeispiele für PMMA-Electra 92

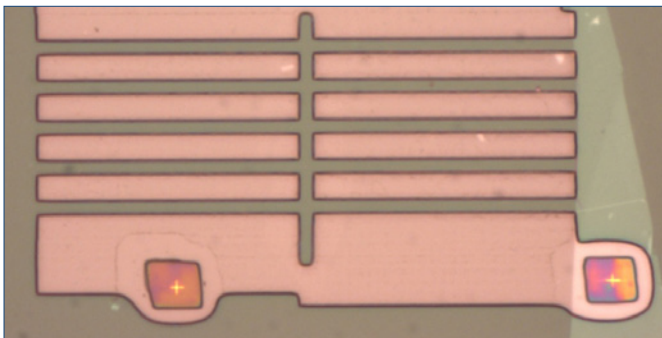
#### Electra 92 mit HSQ auf Quarz



20 nm Stege des HSQ, präpariert auf Quarz mit AR-PC 5090.02

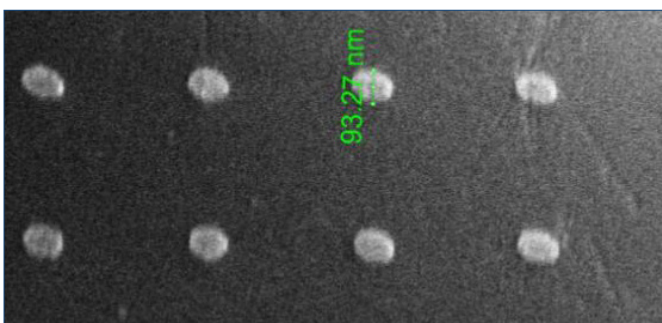
Nach der Beschichtung mit Electra 92 auf den HSQ-Resist kann auch dieser auf einem Quarzsubstrat mit sehr guter Qualität strukturiert werden. Der HSQ-Resist (20 nm dick) wurde mit der notwendigen Flächendosis von  $4300 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  bestrahlt. Anschließend wurde der leitfähige Resist AR-PC 5090 innerhalb von 2 Minuten mit warmem Wasser vollständig entfernt, es konnten keinerlei Rückstände beobachtet werden. Nach der Entwicklung des HSQ-Resists blieben die Strukturen mit hochpräzisen 20-nm-Stegen stehen.

#### Lift-off-Strukturen auf Granat



Lift-off-Strukturen auf Granat (University of California, Riverside, Department of Physics and Astronomy)

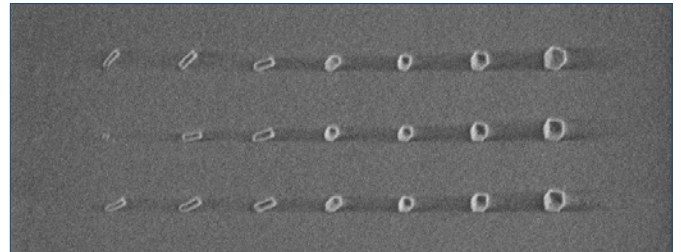
#### Plasmonische Strukturen auf Quarz



Silbernanopartikel auf Quarz erzeugt mit AR-P 672.11 und AR-PC 5090.02 (Aarhus University in Dänemark)

### Anwendungsbeispiele für Novolak-Electra 92

#### Electra 92 und AR-N 7700 auf Glas

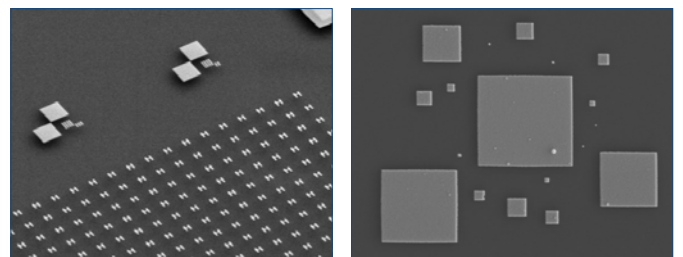


60 – 150 nm Quader (100 nm hoch) auf Glas mit AR-N 7700.08 und AR-PC 5091.02

Zunächst wurde der E-Beamresist AR-N 7700.08 auf Glas aufgeschleudert, getrocknet, mit Electra 92 beschichtet und bei  $50^\circ\text{C}$  getrocknet. Nach der Bestrahlung wurde die Electraschicht innerhalb 1 Minute mit Wasser entfernt und dann der E-Beamresist entwickelt. Es resultiert eine für chemisch verstärkte Resists sehr gute Auflösung von 60 nm.

#### Auf stark isolierenden Substraten für REM-Anwendungen

Zur Vermeidung einer elektrostatischen Aufladung der Oberfläche, die durch Ablenkung des einfallenden Elektronenstrahls eine korrekte Abbildung massiv stören kann, wird z.B. Gold auf die Proben aufgedampft. Das Aufbringen von Gold bringt jedoch auch Nachteile mit sich, so verändern sich manche Strukturen aufgrund auftretender thermischer Effekte irreversibel. Wie Untersuchungen zeigen, kann alternativ die leitfähige Beschichtung Electra 92 eingesetzt werden. Die Beschichtung auf stark elektrisch isolierend wirkenden Polymeren oder auch Glas ermöglichte die qualitativ hochwertige Abbildung von Nanostrukturen im REM:



REM-Bilder: Stark isolierender Polymerstrukturen beschichtet mit AR-PC 5090.02

Nach der REM-Untersuchung wurde die leitfähige Beschichtung mit Wasser wieder vollständig entfernt, dabei konnten die Strukturen weiter verwendet werden.