

# AR NEWS

17. Ausgabe

der Allresist GmbH

## **Inhalt:**

- 1. 16 jähriges Firmenjubiläum in 2008 - wieder ein erfolgreiches Jahr für Allresist**
  - 1.1 Verleihung des Technologietransferpreises Berlin/Brandenburg 2008
  - 1.2 Minister Junghanns überreicht Auszeichnung des Qualitätspreises Berlin/Brandenburg
- 2. Projektabschluss - Zweilagensystem für das Glasätzen**
- 3. Ergebnisse aus dem Nanometer-Lift-off-Projekt**
  - 3.1 PMMA-Zweilagensystem
  - 3.2 Hochauflösender PMMA-Einlagen-Resist
- 4. Neues Projekt - E-Beamresist für die Maskenfertigung**



Registrier-Nr. 12 100 15718 TMS

## **1. 16 jähriges Firmenjubiläum in 2008 - wieder ein erfolgreiches Jahr für Allresist**

Liebe Leser der AR NEWS, wir möchten Sie gern wieder sowohl über die Weiterentwicklung der Allresist und ihrer Produkte als auch über unseren Weg zur Excellence in Kenntnis setzen: Schon jetzt können wir eine gute Bilanz ziehen: **Das Jahr 2008, das am 16. Oktober das 16. Jahr unseres Bestehens ist, wurde wieder ein erfolgreiches Jahr für Allresist. Die Umsatzerwartungen wurden bereits übertroffen sowie ein neues INNO-WATT-Projekt begonnen** (☞ Punkt 4).

Besonders stolz sind wir auf die Tatsache, dass sowohl unsere wissenschaftliche Leistung mit der Verleihung des Technologietransferpreises Berlin/Brandenburg als auch das hohe Qualitätsniveau der Allresist auf dem Weg zu einem Unternehmen der Excellence mit einer Auszeichnung des Qualitätspreises Berlin/Brandenburg gewürdigt wurden.

In den nachfolgenden Beiträgen möchten wir Sie jedoch auch über Neues aus unserer Forschung informieren. Wir wünschen und hoffen, dass sie Ihr Interesse finden und sich aus diesen Anregungen für eine intensive Zusammenarbeit ergeben.

Außerdem möchten wir Sie hinweisen auf unsere neuen **FAQs** sowie unsere **Parametersammlung**, die z.B. Plasmaätzraten, Chauchy-Koeffizienten, Lösemittel-/Ätzbeständigkeit, Spektren usw. von AR-Resists beinhaltet (☞ [www.allresist.de/FAQ](http://www.allresist.de/FAQ) / **Parameter**).

### **1.1 Verleihung des Technologietransferpreises Berlin/Brandenburg 2008**

In der IHK in Potsdam wurden in diesem Jahr die Preisträger des Technologietransferpreises geehrt. Die Allresist erhielt den Preis gemeinsam mit dem Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e.V. und dem CIMAT, Universität Potsdam, für die Entwicklung eines neuen Schutzlackes. In dem **bisher verwendeten Verfahren** werden im ersten Schritt Strukturen mittels Photolithographie auf der Wafervorderseite aufgebracht und im zweiten Schritt die Waferrückseite mit aggressiven Laugen geätzt. Dazu müssen die empfindlichen Strukturen geschützt werden. Ein bisher noch sehr aufwendiges Verfahren, bei dem die Siliziumwafer einzeln in Kassetten eingesetzt werden, die nur die zu ätzende Rückseite frei lassen. **Die Aufgabenstellung war also eine Entwicklung einer neuen Methodik zum einfacheren Schutz der Schaltkreise bei Ätzprozessen.**

Dies gelang im Rahmen eines Forschungsprojektes „Entwicklung eines vereinfachten Verfahrens zur Strukturierung von Silizium mittels nasschemischer Methoden“, PRO INNO II des BMWi. Das neue Verfahren basiert auf der Entwicklung und Herstellung eines neuartigen Polymers durch das IDM e.V.. Allresist konnte damit den Schutzlack X AR-PC 5000/30 produzieren, der durch Bedeckung der Strukturen bei der Kalilaugeätzung einen ausreichenden Schutz bei einfachstem Handling bietet (technische Details ☞ [www.allresist.de](http://www.allresist.de)).

Durch Nutzung der üblichen Prozessschritte der Photoresist-Technologie ist damit eine automatische Serienproduktion möglich, mit denen unseren Kunden eine hohe Arbeitszeiteinsparung bei gesunkenen Ausbeuteverlusten (Waferbruch) erzielen. Dieser Resist wird für spezielle Technologien inzwischen weltweit von unseren Kunden eingesetzt.



Abbildung 1 Minister Ulrich Junghanns und Frau Dr. Etta Schiller mit den Preisträgern von Allresist und IDM e.V. im Juni 2008

Foto: Dr. W. Lamm, IDM e.V., Teltow

### 1.2.1 Minister Junghanns überreicht Auszeichnung des Qualitätspreises Berlin/Brandenburg

Wirtschaftsminister Ulrich Junghanns überreichte der Geschäftsleitung der Allresist GmbH die Auszeichnung im Wettbewerb um den Qualitätspreis 2008. In seiner Laudatio ging der Minister auf das hohe Niveau der erreichten Ergebnisse ein und bescheinigte uns, einen großen Schritt auf dem Weg zur Excellence getan zu haben. In den letzten zwei Jahren seit unserer ersten Bewerbung für den Qualitätspreis haben wir in allen Geschäftsbereichen große Fortschritte erzielt. Das bestätigten uns auch die Assessoren, die sich im Vorfeld ein Bild von unserer Firma gemacht hatten. Mit den Hinweisen und gewonnenen Erfahrungen hoffen wir, dass wir uns, vor allem zum Nutzen unserer Kunden, weiter verbessern werden.



Abbildung 2 Laudatio von Minister Ulrich Junghanns für die Allresist im September 2008

Foto: Eberhard J. Schorr, Photosign, Berlin

## 2. Zweilagensystem für das Glasätzen

Innerhalb des Projektes „Entwicklung eines vereinfachten Verfahrens zur Strukturierung von Silizium bzw. Siliziumoxid mittels nasschemischer Methoden“ wurden Resistssysteme entwickelt, welche sowohl den Anforderungen der Flusssäureätzung als auch der Kalilaugeätzung genügen. Besonders bemerkenswert sind hierbei die Ergebnisse bei Glasätzungen mittels HF.

Bei geringen Konzentrationen der Flusssäure (max. 5 %) können übliche Photoresists kurzfristig einen Schutz ausüben (☞ FAQ 19 unter [www.allresist.de](http://www.allresist.de)). Für tiefere Ätzungen sind sie aber nicht geeignet. Mit dem für HF-Ätzungen optimierten X AR-P 3100/10 gelingt es, die Schutzwirkung deutlich zu verlängern, gegenüber konzentrierter HF ist aber auch dieser Resist machtlos.

Deshalb wurde für diese Technologie innerhalb des Projektes der SX AR-PC 5000/40 entwickelt. Die erste wichtige Applikation, die Funktion als Schutzlack, werden von den neuen Resists ausgezeichnet erfüllt. Selbst in einer 50 %igen HF halten die Schichten eine Stunde stand. Für praktische Anwendungen bei konzentrierter Flusssäure sind 5 - 15 min Ätzzeit üblich, damit können Ätztiefen bis zu 200 - 400 µm (von den Glassorten abhängig) auf der Vorderseite erreicht werden.

Für die zweite Anwendung, der Strukturierung von Glas, lassen sich die Polymerschichten mit einem Photoresist strukturieren, so dass Strukturen mit einer Tiefe von bis zu 500 µm in Gläser (Siliziumdioxid) geätzt werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der isotropen Ätzung mit einer erheblichen Strukturaufweitung gerechnet werden muss und im besten Fall ein Böschungswinkel von 45° erreicht werden kann. In Abbildung 3 ist die Schutzlackmaske nach der Lösemittelentwicklung zu sehen, in Abbildung 4 die in Glas geätzten Strukturen.

Abbildung 3



Abbildung 4

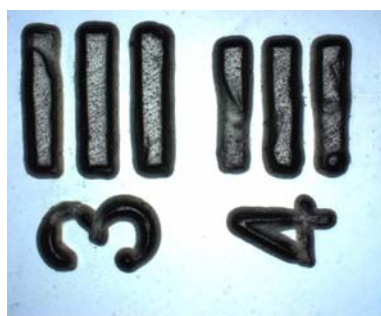
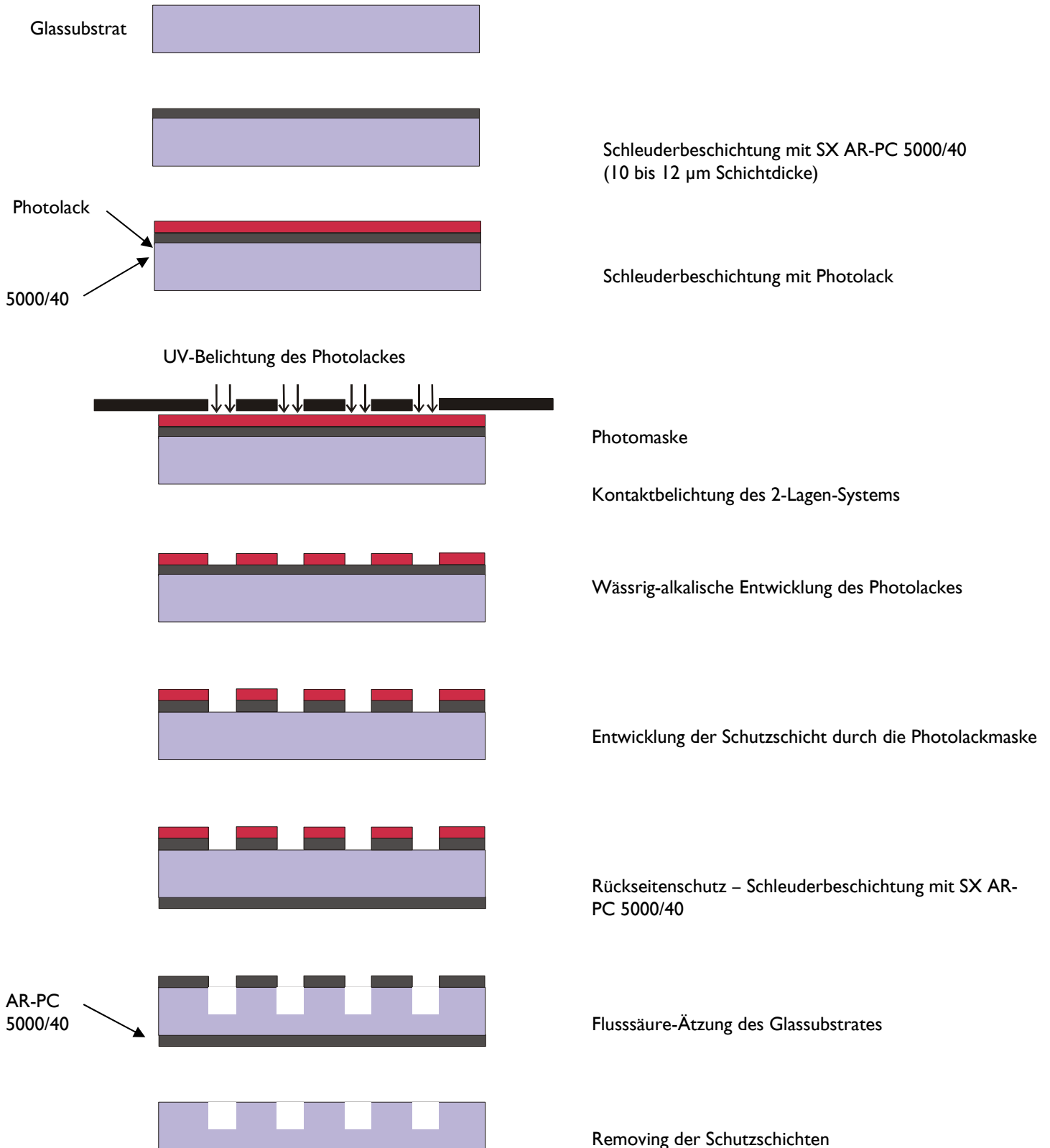


Abbildung 5



In Schema 1 wird der Ablauf der Glasätzung dargestellt. Dabei gibt es zwei Wege, den Schutzlack zu strukturieren. Einerseits wird nach der Strukturierung des Photoresists mittels eines Lösemittel-Entwicklers die Schutzschicht selbst strukturiert (☞ Abb. 3). Dabei ist auch hier aufgrund des isotropen Verfahrens eine Strukturaufweitung zu beobachten, die bei der Planung der gewünschten Strukturgröße berücksichtigt werden muss. Andererseits kann der Schutzlack auch mit einem Sauerstoffplasma strukturiert werden. Die Ätzraten des 5000/40 entsprechen denen des Photoresists, so dass bei etwa gleichen Schichtdicken der Photoresist nach dem Plasmaätzen zugleich entfernt wird. Hierbei wird die Struktur maßhaltig übertragen (☞ Abb. 5), eine Korrektur ist nicht notwendig.

## Schema I: Ablauf der Strukturierung von SiO<sub>2</sub> bzw. Glas



Die technischen Parameter zum AR-PC 5000/40 können Sie in den 15. AR NEWS ([www.allresist.de](http://www.allresist.de), unter Neuigkeiten) oder als Produktinformation auf der Webseite nachlesen. Zurzeit laufen bei Anwendern Versuche zur Produkteinführung, wir freuen uns auch über Ihr Interesse.

### 3. Ergebnisse aus dem Nanometer-Lift-off-Projekt

Das Projekt wurde planmäßig abgeschlossen. Wir stellen hier einige Ergebnisse vor, die mit den PMMA-Resists erzielt wurden.

#### 3.1 Zweilagensystem

Die PMMA-Resists (90K und 200K) wurden für den Lift-off-Prozess von hochauflösenden Strukturen als Zweilagensystem auf eine Schichtdicke von 90 nm bis 100 nm eingestellt. Dieses Resistsystem eignet sich zur Herstellung von sub-10 nm Strukturen und für Strukturen mit sehr geringen Abständen von einander mittels E-Beam-Lithographie. Hierzu wurden Strukturen in Anlehnung an die Veröffentlichung [2] hergestellt. Bei so genannten Fingerstrukturen (Strukturen für organische Feldeffekttransistoren) (Abb. 6) bildeten sich bei diesem Zweilagensystem Stege an den Rändern der Strukturen, die die Zwischenräume mit den Fingern kurzschlossen.

##### 3.1.1 Verarbeitungsparameter:

Zuerst wurde der Resist PMMA 90K mittels Schleuderbeschichtung aufgebracht. Die Schichtdicke beträgt bei diesen Parametern ca. 60 - 70 nm. Die Trocknung erfolgte 60 min @ 200°C auf der hot plate. Anschließend wurde der Resist PMMA 200K auf eine Schichtdicke von 30 nm aufgeschleudert. Somit beträgt die Gesamtschichtdicke des Bilayers ca. 90 - 100 nm.

Die Belichtung erfolgte mittels Elektronenstrahlithographie bei einer Beschleunigungsspannung von 30 kV. Die Entwicklung dauerte 40 s in Isopropanol. Es wurden 1 nm Titan als Haftsicht und 6 nm Gold aufgedampft und der Lift-off-Prozess in Aceton durchgeführt.

##### 3.1.2 Ergebnisse

Es konnten Fingerstrukturen mit Kanallängen (Abstände zwischen den 1 µm breiten Fingern) von unter 50 nm reproduzierbar und zuverlässig hergestellt werden. Es gab hierbei keinerlei Probleme beim Lift-off. Die Bestrahlungsdosis lag für die Fingerstrukturen zwischen 250 und 300 µC/cm<sup>2</sup> bei einer Beschleunigungsspannung von 30 kV. Die kleinsten Kanalbreiten wurden mit 23 nm gemessen. Auch bei diesen Strukturen war noch ein zuverlässiger Lift-off Prozess gewährleistet.

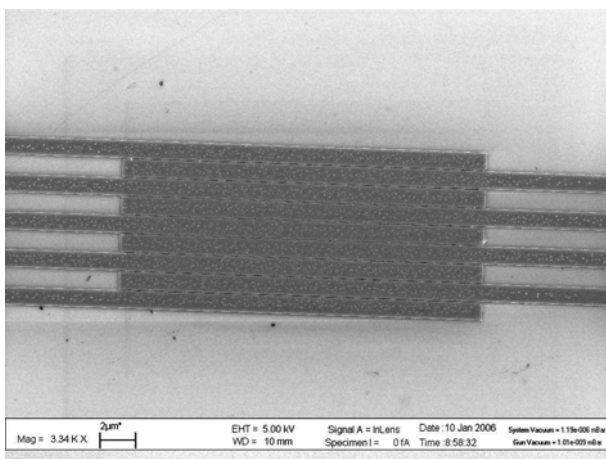


Abbildung 6 Fingerstrukturen auf Siliziumoxid-Wafer. Die Fingerbreite beträgt 1 µm. Die Kanalbreiten (Zwischenräume) sind kleiner als 50 nm. Die Struktur wurde durch Lift-off hergestellt (1 nm Titan, 10 nm Gold). Die Bestrahlungsdosis bei 30 kV beträgt hier 280 µC/cm<sup>2</sup>.

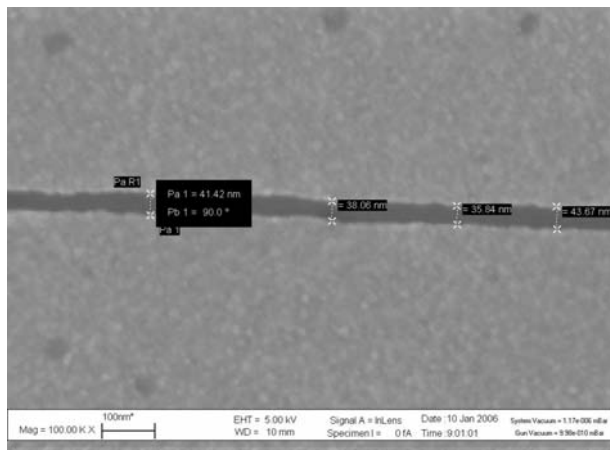


Abbildung 7 Darstellung eines Kanals der oben gezeigten Struktur mit einer durchschnittlichen Kanalbreite von weniger als 40 nm.

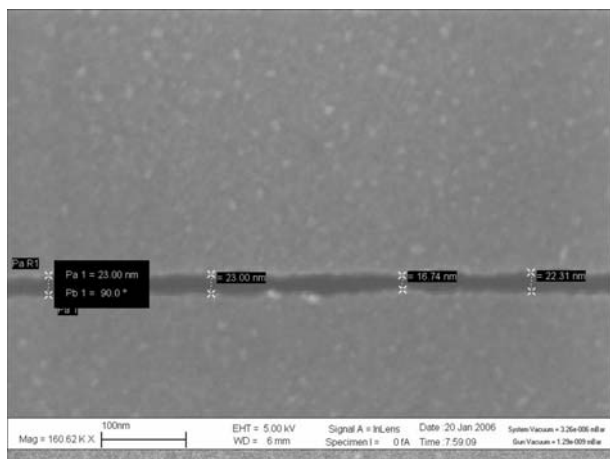


Abbildung 8 Kleinste hergestellte Kanalbreiten: 23 nm. Die Bestrahlungsdosis dieser Struktur betrug bei einer Beschleunigungsspannung von 30 kV 260  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ .

## 3.2 Hochauflösender PMMA-Einlagen-Resist

Bei der Verwendung des PMMA 90K als Einlagensystem kann durch die Veränderung der Prozessparameter, insbesondere der Dosis, eine noch bessere Auflösung erzielt werden. Allgemein kann festgestellt werden, dass die Angabe der Empfindlichkeit der E-Beamresists extrem von der gewünschten Strukturgröße abhängt. Will man die maximale Auflösung erreichen, benötigt man eine Dosis, die um den Faktor 10 höher liegen kann als bei z.B.  $1 \times 1 \mu\text{m}$  Quadraten.

### 3.2.1 Verarbeitungsparameter

Der Resist PMMA 90K wurde auf eine Schichtdicke von 60 nm aufgebracht. Die Trocknung wurde 60 min @ 200°C auf der hot plate durchgeführt. Die Belichtung erfolgte mittels Elektronenstrahlithographie bei einer Beschleunigungsspannung von 30 kV. Es wurden sog. Single-Pixel-Linien belichtet, d.h. Linien mit minimaler Breite.

Die Entwicklung erfolgte 1 min in reinem Isopropanol. Es wurden 6 nm Gold aufgedampft und der Lift-off in Aceton durchgeführt.

### 3.2.2 Ergebnisse

Es konnten sehr schmale Linien mit kleinen Periodizitäten erzeugt werden. Der Resist eignet sich gut für die hochauflösende Elektronenstrahlithographie. Die Ergebnisse der oben genannten Veröffentlichung mit diesem Resist konnte bestätigt werden. Die Bestrahlungsdosis muss größer als 6000  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  bei einer Beschleunigungsspannung von 30 kV sein. Es können bis zu 8 nm schmale Linien hergestellt werden. Ebenso können Goldlinien mit sehr kleinen Abständen hergestellt werden. Die kleinste erreichte Periodizität wurde mit 45 nm gemessen.



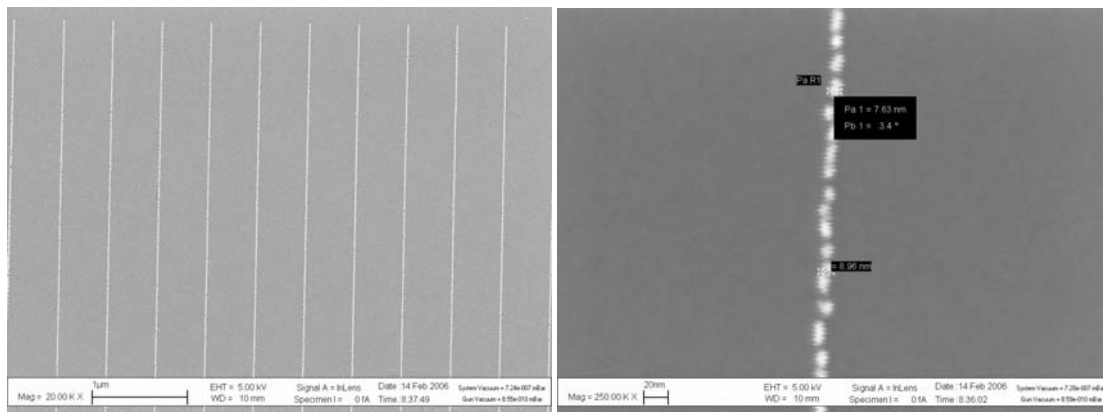


Abbildung 9 und 10 Linie mit einer Breite von 8 nm nach Lift-off. Das aufgedampfte Gold hat eine Dicke von 6 nm. Aufgrund der granularen Natur von Gold besteht die Struktur aus einer Reihe von individuellen Punkten nach dem Lift-off.

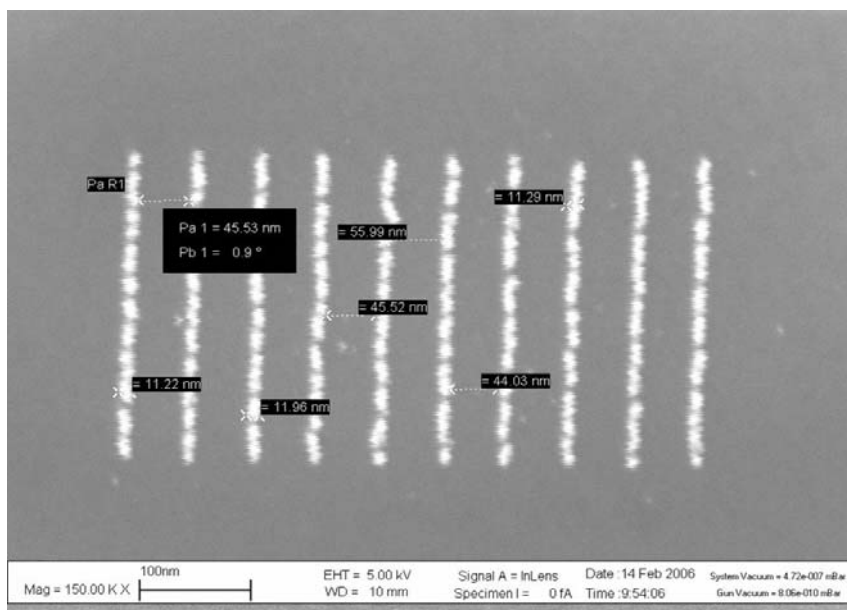


Abbildung 11 300 nm lange und 11 nm breite Linie aus Gold. Die Periodizität der Strukturen wurde als 45 nm gemessen.

Weitere Ergebnisse aus dem Projekt werden in der nächsten Ausgabe der AR NEWS vorgestellt.

#### 4. Neues Projekt – E-Beamresist für die Maskenfertigung

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines neuen E-Beamresists, der für die Herstellung von Maskenblanks für den Anwendungsbereich von sub-50-nm-Strukturen geeignet ist. Solche Maskenblanks werden für die Fertigung von Photomasken für die Herstellung von höchstintegrierten Schaltkreisen verwendet. Es werden extrem hohe Anforderungen an die Qualität der Blanks gestellt. Bisher existiert kein Resist, der allen Ansprüchen für eine kostengünstige Fertigung von sub-50-nm-Strukturen (das sind Strukturen unter 50 nm), gerecht werden kann.

Der neue Resist muss folgenden Ansprüchen genügen:

- Hohe Empfindlichkeit auf Maskenblanks von 2 – 10  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  (20 kV)
- Strukturauflösung von mindestens 50 nm, angestrebt sind 30 nm
- Hohe Prozessstabilität
- Gute Plasmaätzbeständigkeit
- Sehr glatte Struktur Oberflächen nach dem Entwicklungsprozess
- Leitfähigkeit von  $> 10 \text{ S/m}$

Einzelne Parameter werden von kommerziell erhältlichen E-Beamresists erfüllt, aber eine wirtschaftliche (kurze Schreibzeit durch hohe Empfindlichkeit) und stabile (Prozessanfälligkeit der chemisch verstärkten Resists) Produktion von 50-nm-Strukturen ist mit diesen Resists nicht zu realisieren.

Allresist verfügt über Elektronenstrahlresists, die alle oben genannte Ansprüche einzeln erfüllen können. So verfügt der SX AR-N 7700/37 bei einer Auflösung von 50 nm (bei noch nicht ausreichender Strukturqualität) über eine Empfindlichkeit von ca. 3  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  (☞ Abb. 12). Der AR-N 7520 (☞ Abb. 13) weist eine sehr gute Auflösung und Strukturqualität auf (☞ Veröffentlichung [1]), in der eine 20-nm-Linie bei einer Schichtdicke von 80 nm beschrieben wird. Im Projekt kommt es jetzt darauf an, die guten Eigenschaften der jeweiligen Resists in einem Hybridlack zusammenzufassen.

Abbildung 12 50-nm-Struktur mit AR-N 7700/37

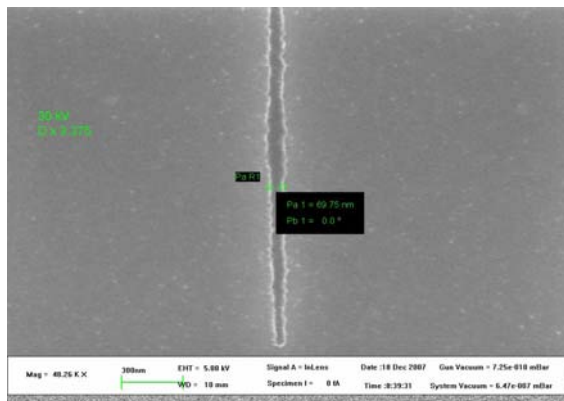
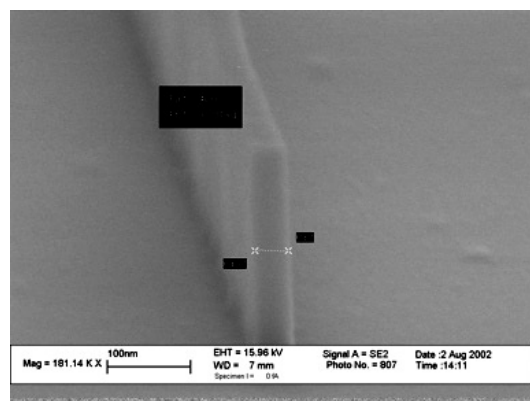


Abbildung 13 40-nm-Struktur mit AR-N 7520



Die neuen E-Beamresists werden in Zukunft nicht nur für die Maskentechnologie geeignet sein. So freuen wir uns, wenn sich schon jetzt Interessen melden und über den Fortgang der Arbeiten informiert werden möchten. Gern nehmen wir Ihre Anregungen für gewünschte Eigenschaften entgegen.

[1] „Structures using a negative tone Novolak based e-beam resist“

Tatiana Borzenko a, Petra Fries a, Georg Schmidt a, Laurence W. Molenkamp a, M. Schirmer b  
a Physikalisches Institut der Universitaet Wuerzburg Am Hubland Wuerzburg, 97074, Germany  
b ALLRESIST GmbH Am Biotop 14 Strausberg, 15344, Germany

[2] „Fabrication of sub-10-nm Au-Pd structures using 30 keV electron beam lithography“

F. Lehmann, G. Richter, T. Borzenko, V. Hock, G. Schmidt and L. W. Molenkamp in **Microelectronic Engineering; Volume 65, Issue 3, March 2003, Pages 327-333“**

Wir hoffen mit der Vorstellung dieser Ergebnisse Ihnen Anregungen gegeben zu haben, neue Applikationen mit unseren Photoresists in Angriff zu nehmen.

Die nächste Ausgabe der AR NEWS werden wir Ihnen wieder im April nächsten Jahres vorstellen. Bis dahin wünschen wir Ihnen und uns viel Erfolg.

Strausberg, 10.10.2008

Matthias & Brigitte Schirmer  
Im Team der Allresist