



AR NEWS

39. Ausgabe, April 2019, Allresist GmbH



Inhalt:

- 1. Synthesewoche im neuen Produktionstrakt**
- 2. Allresist auf den Kongressen Triple Beam (EIPBN 2019) und MNE 2019**
- 3. Medusa 82 besteht vielfältige Anwendungstests**
 - 3.1. Auflösungstest mit dem empfindlichen PAG-Medusa 82 (SX AR-N 8250)**
 - 3.2. Einfluss des PEB auf die Empfindlichkeit von Medusa 82**
 - 3.3. Plasmaätzversuche mit Medusa-Strukturen**
 - 3.4. Medusa 82 mit einem gezielt geringen Kontrast**
- 4. Fünf farbige Negativresists auf einem Glaswafer**

Willkommen zur 39. Ausgabe der AR NEWS. Wir möchten Sie auch künftig gern über die Weiterentwicklung unseres Unternehmens und seiner Forschungsprojekte informieren.

I. Synthesewoche im neuen Produktionsstrakt

Unser um 450 m² erweitertes Gebäude, wir berichteten ausführlich in den letzten AR NEWS, ist nun komplett einsatzbereit. Der Härtestest, eine komplexe Synthesewoche im Dreischichtsystem, in der die Rohstoffe für die Zugpferde CSAR 62, Electra 92 und die Bottomresists AR-BR 5400 für die nächsten Monate hergestellt wurden, wurde mit Bravour bestanden. Die verbesserten technologischen Möglichkeiten, flankiert von weiteren Entwicklungsarbeiten, führten bei der Synthese des Electra-Polymers zu einer Ausbeutesteigerung von 11 auf 38 %. Bei der PMMA-Copolymer-Synthese, wichtiger Bestandteil der Bottomresists, konnten nach einem neuen Verfahren, 2,5 Tonnen Fällungslösemittel eingespart werden.

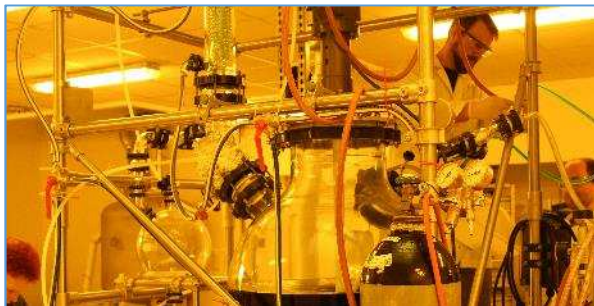


Bild 1 Synthesen im Reaktor im neuen Produktionstrakt

Der Kraftakt des Neubaus im letzten Jahr erweist sich nun als sehr vorausschauend. Die drei Resists erfahren zurzeit erstaunliche Umsatzsteigerungen. Mittlerweile machen sie schon 33 % des Produktumsatzes aus. Und mit unserem neusten Highlight, Medusa 82, dem HSQ-Analogon, steht eine weitere hochkarätige Neuentwicklung in den Startlöchern.

Neben den neuen Produktions- und Synthesemöglichkeiten konnten wir ebenfalls unsere Lagerkapazität erheblich vergrößern. Damit können wir uns einen großen Vorrat an strategischen Rohstoffen leisten, um so kostengünstig großchargig zu produzieren. Ein weiteres wichtiges Ziel dieser Maßnahme ist die langfristige, chagentreue Belieferung unserer KA-Kunden mit ihren maßgeschneiderten Resists.

Aber auch für das Wohlbefinden aller Allresistler haben wir bei der Bauplanung vieles getan. Der neu entstandene und bepflanzte 5 x 12 m große Lichthof, der die „alten“ Labore von der neuen Produktion trennt, ist bei unseren Mitarbeitern sehr beliebt. Das Frühlingswetter lockt uns in der Pause in das Freie, in wenigen Wochen wird dort alles blühen.



Bild 2 Lichthof für die Pausengestaltung des Allresist-Teams

2. Allresist auf den Kongressen Triple Beam (EIPBN 2019) und MNE 2019

Unser Forschungsteam war in den letzten Jahren sehr erfolgreich und hat innovative Resists entwickelt, die weltweit gern eingesetzt werden. Um das Fachpublikum über den Stand der Entwicklungen zu informieren, werden wir wieder auf den beiden Kongressen vertreten sein. Wir haben mehrere Paper eingereicht und werden somit wieder mit Vorträgen und Postern in Erscheinung treten.

Das Highlight der Präsentationen wird Medusa 82 sein. Mit ihm haben wir eine verbesserte Alternative zum HSQ-Resist auf den Markt gebracht. Schon im Vorfeld der EIPBN 2019 ist das Interesse, besonders in den USA, an Medusa 82 groß.

Gerald Lopez, Universität Pennsylvania, Mitorganisator der EIPBN 2019, hat auch eine Meeting-Reihe für Advanced Electron Beam Lithography (MAEBL) in den USA initiiert. Allresist sponsort diese Veranstaltungen. Auf diesen Meetings wurde auch schon der neue Resist vorgestellt. Da wir auf der EIPBN 2019 in Minneapolis (Minnesota, USA) einen Vortrag über Medusa 82 halten werden, werden wir einen großen Kreis von interessierten Anwendern erreichen.

Ebenso werden wir auf der MNE 2019, die dieses Jahr Ende September auf Rhodos stattfindet, unsere Ergebnisse präsentieren. Über Medusa 82 hinaus werden neue Details der Entwicklung von Atlas 46, Phoenix 81 sowie den farbigen und fluoreszierenden Resists vorgestellt.

Wir würden uns freuen, wenn Sie uns auf unseren Ständen besuchen.

3. Medusa 82 besteht vielfältige Anwendungstests

Nach den ersten sehr guten Ergebnissen wurden Proben von Medusa 82 an viele Interessenten mit der Bitte geschickt, uns ihre Ergebnisse mitzuteilen. Jeder E-Beam Anwender benutzt seine selbstentwickelten Technologie und Kniffe. In den ersten Versuchen setzten unsere Kunden teils auch andere Entwickler sowie eigene Prozessparameter ein. Das führte im ersten Anlauf zu etwas anderen Resultaten als bei Allresist, jedoch sind diese sehr bemerkenswert und zeigen weitere Anwendungsfelder auf. Was sich jedoch durch alle Feedbacks zieht, sind die durchweg positiven Erfolge mit dem neuen E-Beamresist. Im Folgenden stellen wir einige Resultate vor.

3.1. Auflösungstest mit dem empfindlichen PAG-Medusa 82 (SX AR-N 8250)

Herr Pyka von der Firma Raith, Dortmund, hat einen Vergleich von Medusa 82 mit Photosäuregenerator (AR-N 8250) und ohne Photosäuregenerator (AR-N 8200) gemacht. Die Proben wurden wie folgt vorbereitet:

Substrat:	4"Si-Wafer <100>
Coating:	30s @ 4500rpm
Pre Bake:	90s @ 180°C
Exposure:	Raith e-Line Plus, 30kV

Die Entwicklung erfolgte in beiden Versuchen mit AR 300-44 für 90 Sekunden.

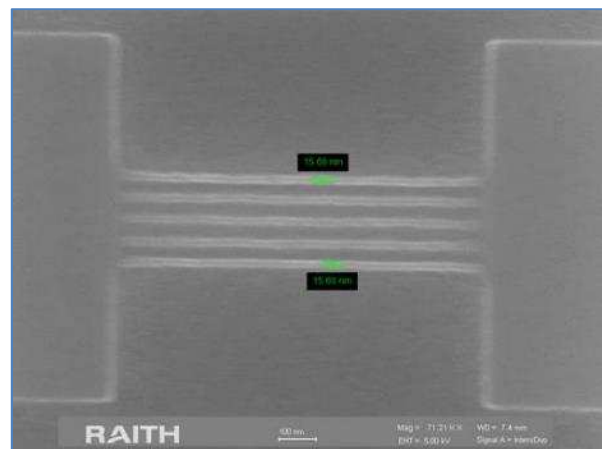


Abb. 3 Medusa 82 SX AR-N 8200.03/1 (ohne PAG), erzeugte 14 nm Linien, Dosis 7500 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$

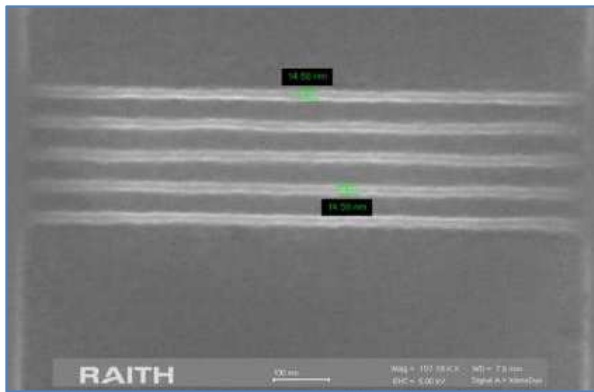


Abb. 4 Medusa 82 SX AR-N 8200.03/2 (mit PAG) erzeugte 14 nm Linien, Dosis 1290 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$

Mit diesem Versuch wurde die empfindlichkeitssteigernde Wirkung des Photosäuregenerators (PAG) bestätigt. Sehr erfreulich war die Erkenntnis, dass die maximale Auflösung von 14 nm auch mit dem deutlich empfindlicheren Medusa erreicht werden kann. Herr Pyka äußerte sich äußerst lobend über die Eigenschaften des Resists. Zitat: „Was ich bei diesem Resist wirklich faszinierend finde, ist die unkomplizierte Handhabung. Für vernünftige HSQ-Strukturen muss bei uns im Haus ein riesiger Aufwand betrieben werden. Die Proben müssen hydrophobiert werden, die Lagerung der Proben und des Resists ist ja auch noch einmal eine eigene Geschichte. Dieser Resist ist da deutlich einfacher.“

3.2. Einfluss des PEB auf die Empfindlichkeit von Medusa 82

An der TU Delft, Niederlande, wurden von Frau Anja van Langen-Suurling die empfindlichkeitssteigernden Effekte durch einen Prebake und einen Post-Exposure-Bake (PEB) untersucht. Dazu wurden zuerst die Medusa-Proben nach dem Beschichten bei 140 °C und bei 170 °C getempert. Dann wurden Empfindlichkeit und Kontrast bestimmt (siehe Abb. 5 und Tab. 1). Als Entwickler dienten der MF 321 und der MF 322 von DOW.

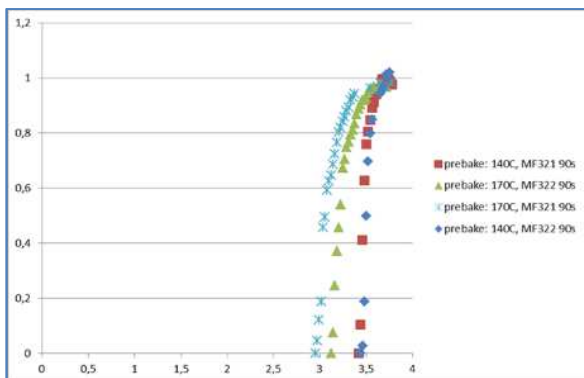


Abb. 5 Kontrastkurven von Medusa 82 SX AR-N 8200.03/1 nach unterschiedlichem Prebake

Prozess Bedingungen	D50 [$\mu\text{C}/\text{cm}^2$]	γ
Prebake 170°C, MF322 60s	775	4.4
Prebake 170°C, MF321 60s	467	2.0
Prebake 140°C, MF322 90s	3163	13.4
Prebake 140°C, MF321 90s	2950	11.4

Tab. 1 Empfindlichkeit und Kontrast von Medusa 82 SX AR-N 8200.03/1

Die Empfindlichkeit kann schon beim Prebake (Softbake) nach dem Beschichten deutlich gesteigert werden. Allerdings ging das bei diesem Versuch zu Lasten des Kontrastes, er war bei beiden Entwicklern niedriger. Der Photosäuregenerator zersetzt teilweise bei der Bestrahlung die Struktur des Silsesquioxane und erhöht so die Empfindlichkeit. Dieser Effekt kann auch schon thermisch beim Softbake induziert werden. Da bei der thermischen Zersetzung jedoch die gesamte Fläche betroffen ist, werden auch die später unbestrahlten Areale empfindlicher und der Kontrast sinkt.

Beim PEB verhielt sich der Kontrast anders (siehe Abb. 6 und Tab. 2). Die Empfindlichkeit erhöht sich bei dem steigenden PEB auf 180 °C um den Faktor 10. Hier bleibt jedoch der hohe Kontrast > 10 erhalten, weil die Empfindlichkeitssteigerung nur in den bestrahlten Strukturen stattfindet.

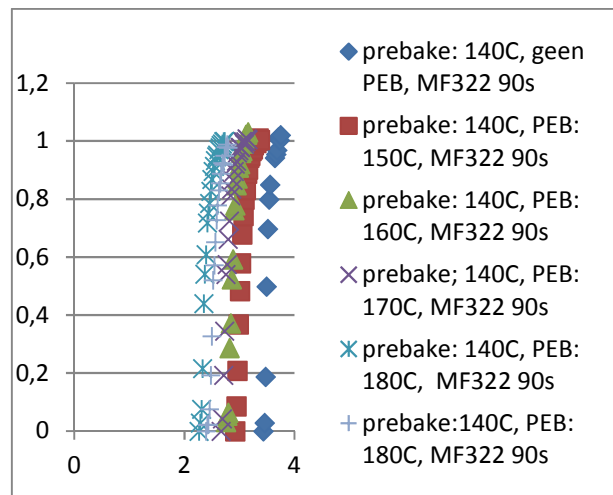


Abb. 6 Einfluss des PEB, Kontrastkurven von Medusa 82 SX AR-N 8200.03/1

Post-Exposure-Bake	Sensitivity $\mu\text{C}/\text{cm}^2$
no	3163
150	1038
160	730
170	568
180	332

Tab. 2 Empfindlichkeit von Medusa 82 SX AR-N 8200.03/1 nach unterschiedlichem PEB

Bei den Strukturierungsversuchen wurden, analog zu Raith, Linien bis 13 nm aufgelöst (siehe Abb. 7). Die Balken und Quadrate (siehe Abb. 8) konnten in sehr guter Qualität realisiert werden.

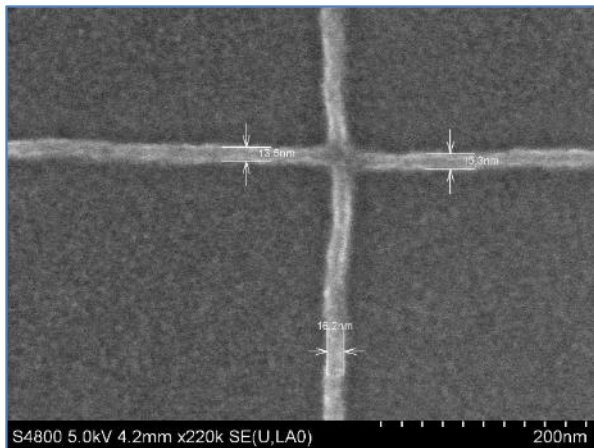


Abb. 7 Sich kreuzende Linien bis 13 nm Auflösung

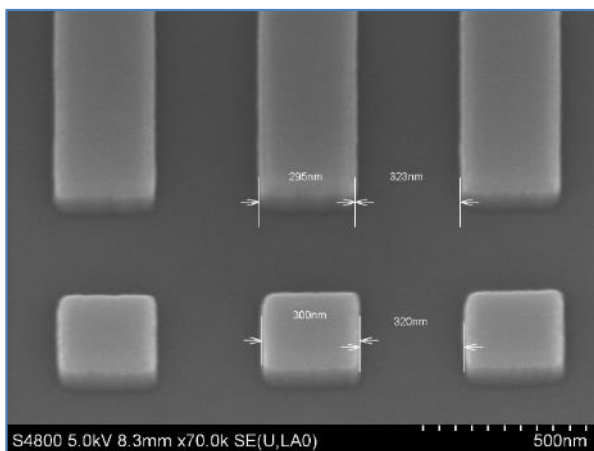


Abb. 8 Hohe Abbildungsgüte der Medusa-Strukturen

3.3. Plasmaätzversuche mit Medusa-Strukturen

Herr Laurent Markey von der Universität Bourgogne, Frankreich, hat mit Medusa 82 eine Wellenleiterstruktur hergestellt. Folgende Prozessparameter wurden verwendet:

Si Wafer mit $4\mu\text{m SiO}_2 + 230\text{ nm TiO}_2$

MEDUSA 82 Resist beschichten:

Wafer dehydratisiert 5 min bei 120°C Hotplate

1000 rpm Schleudergeschwindigkeit

150°C Hotplate Bake, 5 min

EBL Bedingungen Raith Pioneer EBL System:

20 kV Beschleunigungsspannung

Flächendosis $300\ \mu\text{C}/\text{cm}^2$

Dosis Faktor wurde variiert um 1 \rightarrow $df=0,7$ ergaben das beste Resultat ($210\ \mu\text{C}/\text{cm}^2$)

Entwicklung AZ 726 MIF Developer, 30 sec.

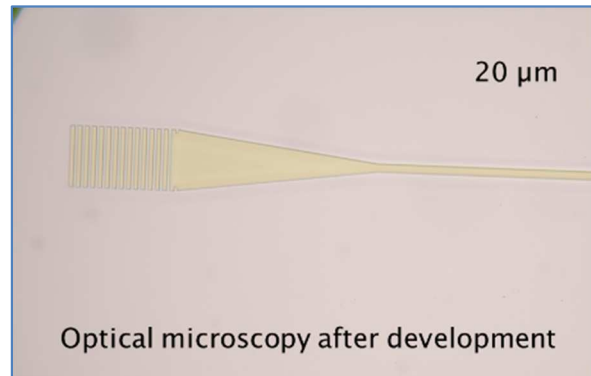


Abb. 9 Wellenleiter aus Medusa, Schichtdicke 199 nm, Dosis $210\ \mu\text{C}/\text{cm}^2$, 20 kV

Diese Medusa 82 Strukturen wurden nun mit einem Sauerstoffplasma geätzt:

Plasmaätzparameter:

RIE O_2 , 80W, 50 mTorr, 5 min



Abb. 10 Medusa-Strukturen nach dem O_2 -Ätzen Schichtdicke noch 140 nm

Die geätzten Strukturen wiesen eine sehr gute Qualität auf, die resultierende Schichtdicke von 140 nm war für die folgenden Prozessschritte völlig ausreichend.

Sentech Instruments, Berlin, hat die Ätzzraten von Medusa 82 in zwei Plasmen bestimmt:

Sauerstoff:

30 sccm O_2 , 230 W ICP, HF Bias -317 V , 1 Pa, 20°C , Ätzrate: 6 nm/min

Sauerstoff/Tetrafluormethan:

30 sccm O_2 , 5 sccm CF_4 , 230 W ICP, HF Bias -317 V , 1 Pa, 20°C , Ätzrate: 160 nm/min

3.4. Medusa 82 mit einem gezielt geringen Kontrast

Herr Voigt aus der Arbeitsgruppe von Dr. Hübner Leibniz-IPHT Jena, befasst sich in seiner Masterarbeit mit der Erzeugung von dreidimensionalen Strukturen mittels Medusa 82. Untersucht werden der „reine“ Medusa Resist AR-N 8200.06 und der mit

PAG versetzte Medusa Resist SX AR-N 8250.06/1.
Erste Ergebnisse liegen mittlerweile vor:

Resist: Medusa 82 UV

Dicke: 400 nm

Belichtung: 50keV

Gerät: Vistec SB3500S (variable shaped beam)

Dosisbereich: 100 bis 1500 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$

Entwicklungszeit: 30s

Entwickler: AR 300-44, gespült in DI-H₂O

Empfindlichkeit:

Do: 55 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$

DI: 267 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$

Kontrast: γ (Gamma)=-1,45

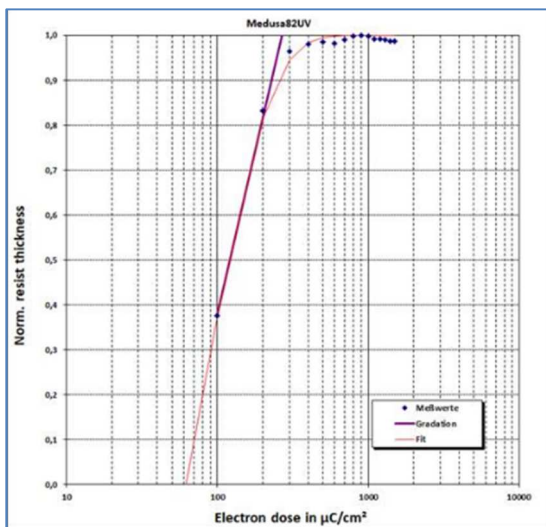


Abb. 11 Kontrastkurve von Medusa 82 UV

Resist: Medusa 82

Bedingungen wie Medusa 82 UV

Empfindlichkeit:

Do: 500 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$

DI: 632 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$

Kontrast: γ (Gamma)=-9,8

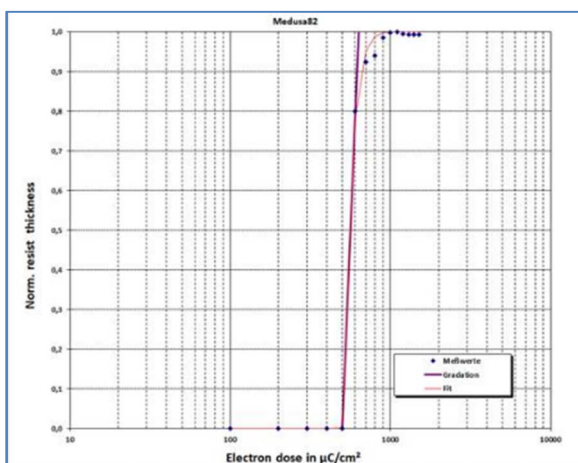


Abb. 12 Kontrastkurve von Medusa 82

Medusa 82 UV enthält zusätzlich einen Photosäuregenerator (PAG). Auch bei diesen Versuchen bestätigt sich, dass die PAG empfindlichkeitssteigernd ist. Hier wurden jedoch die Bedingungen und die Resistrezeptur so gewählt, dass ein möglichst geringer Kontrast resultiert. Bei den Resists mit einem hohen Kontrast (> 10) ist der Schichtaufbau innerhalb von wenigen $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ abgeschlossen. Um z.B. 8 unterschiedliche Dosen für 8 unterschiedliche Schichtdicken zu realisieren, dürfte der Abstand jeweils nur 1 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ betragen. Das ist technisch nicht zu realisieren. Zieht sich der Aufbau jedoch über 100 bis 200 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ hin, kann man einige differenzierte Dosen setzen.

In der Abb. 11 ist der geringe Kontrast von 1,45 dokumentiert. Werden jetzt in dem Bereich von 55 – 267 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ Strukturen mit unterschiedlichen, ansteigenden Dosen erzeugt, erhält man für jede Dosis eine andere, ansteigende Schichtdicke (Abb. 13). So könnten später Grauwertgitter und DOE's geschrieben werden.

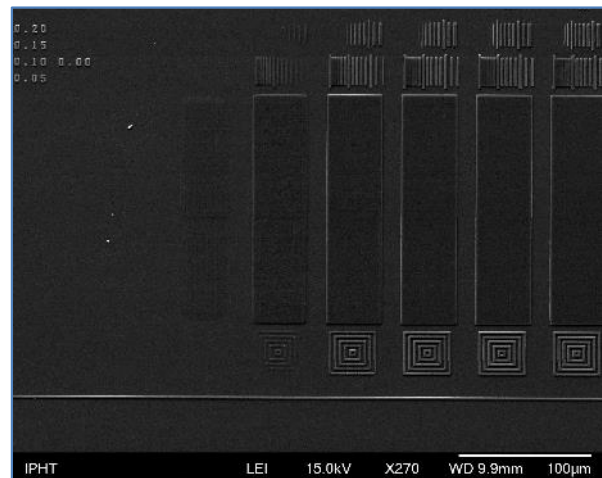


Abb. 13 Ein Grautonkeil aus Strukturen von Medusa 82 UV

Weitere Ergebnisse werden spätestens auf der MNE 2019 auf Rhodos vorgestellt. Wir bereiten ein gemeinsames Paper mit dem Leibniz-IHPT für die MNE vor.

4. Fünf farbige Negativresists auf einem Glaswafer

Auf der MNE 2018 hatten wir die ersten Ergebnisse unserer farbigen Atlas-Resists vorgestellt (siehe Abb. 14).

Die Entwicklung an den farbigen Resist ging jedoch weiter:



Abb. 14 Grobe Teststrukturen auf einem Glaswafer

So konnten der Präzisionsoptik Gera GmbH (POG) verschiedene qualifizierte farbige Atlasresists zur Verfügung gestellt werden. Herr Hermeyer von POG testete sie und erstellte einen Demonstrationswafer. Auf diesem Glaswafer wurden nacheinander fünf verschieden farbige Strukturen aufgebracht. Zuerst wurde der gelbfarbene Siemensstern belichtet, vernetzt und entwickelt. Die unbelichteten Flächen wurden wegentwickelt. Nun wurde der zweite Lack aufgeschleudert. Die schon vorhandenen Strukturen störten dabei nicht und wurden auch nicht angelöst. Die zweite Schicht wurde ebenfalls entwickelt.

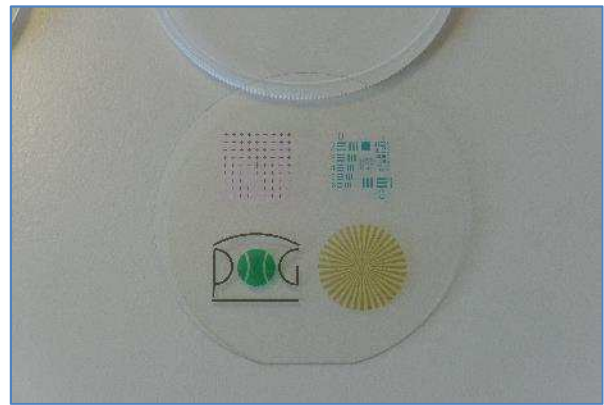


Abb. 15 Testwafer mit 5 unterschiedlichen Farben

Eine wichtige Eigenschaft bei den farbigen Strukturen ist die Langzeitstabilität. Die war bei einzelnen Mustern noch nicht gegeben. Neue Farbstoffe, die in der Zusammenarbeit mit der Universität Potsdam und der Präzisionsoptik Gera GmbH evaluiert wurden, geben berechtigte Hoffnung, dass mit ihnen eine sehr gute Langzeitstabilität erreicht werden kann. Zur Unterstützung der Arbeiten wird ein ZIM-Projekt eingereicht.

Wir hoffen, dass für Sie Interessantes und Anregungen dabei waren – wir freuen uns über Ihre Meinung. Sollte Ihnen der Weg nach Minneapolis oder Rhodos ☺ zu weit sein, wir werden Sie nachfolgend informieren.

Die nächste reguläre Ausgabe der AR NEWS werden wir Ihnen wieder im Oktober 2019 vorstellen.
Bis dahin wünschen wir Ihnen und uns viel Erfolg.



Strausberg, 30.04.2019
Matthias & Brigitte Schirmer im Team der Allresist