



# AR NEWS

49. Ausgabe, April 2024, Allresist GmbH



## Inhalt:

- 1. Allresist auf dem „8<sup>th</sup> Thermal Probe Workshop“ von Heidelberg Instruments Nano AG**
- 2. Vom PPA-Pulver zum flüssigen Resist: der Phoenix 81**
- 3. Medusa 84 SiH – SX AR-N 8400: Die Markteinführung hat begonnen**
- 4. Unsere aktuellen Umweltaktivitäten: Neupflanzung von Bäumen**

Willkommen zur 49. Ausgabe unserer AR NEWS.

Es scheint gerade so, als ob die Welt vor der Lösung der Katastrophen (dem Krieg in der Ukraine und im Gazastreifen sowie der steigenden Klimaerwärmung) kapitulieren würde. Die Machtlosigkeit der Menschheit gegenüber zunehmend autokratischen Staatslenkern allein in Europa und angrenzenden Staaten ist schlichtweg erschreckend. Jedoch ist es umso wichtiger, dass jeder von uns an den Stellen, die wir entscheiden können, Gutes bewirkt. Jeder kann etwas für die Umwelt tun, und jeder kann spenden, um das weltweite Leid zu lindern.

Allresist fühlt sich weiterhin dem Exzellenzgedanken verpflichtet, den Klimaschutz, die Vermeidung von Umweltschäden und die Unterstützung nicht nur unserer Region durch weltweite Spenden zu fördern. Im Sinne des Exzellenzgedanken zählt für uns vor allem der wertschätzende Umgang mit unseren Partnern und Kunden, die unsere Produkte höchster Qualität bei raschen Lieferzeiten zu schätzen wissen. Wie in jedem April und Oktober möchten wir Sie gern weiterhin über die Weiterentwicklung unseres Unternehmens und seiner Forschungsprojekte informieren.

## **1. Allresist auf dem „8<sup>th</sup> Thermal Probe Workshop“ von Heidelberg Instruments Nano AG**

Die fruchtbare Kooperation zwischen Heidelberg Instruments Nano AG (früher SwissLitho AG) und Allresist begann 2014 mit einem EuroStar-Projekt „PPA-Litho“, das zum Ziel hatte, für den neu entwickelten NanoFrazor einen zuverlässigen Resist zu entwickeln (→ Punkt 2). Wir konnten das Projekt 2017 mit großem Erfolg abschließen.

Der NanoFrazor ist mittlerweile weltweit etabliert. Dabei hat sich auch unser Phoenix 81 (AR-P 8100, thermolabiler Resist) zuverlässig bewährt. Jedes Jahr veranstaltet Heidelberg Instruments Nano AG einen Workshop in Zürich, zu dem alle Anwender und Interessenten des NanoFrazor eingeladen sind. An zwei Tagen im März wurden hoch interessante Vorträge gehalten, die sich um das Thema der tSPL (thermal Scanning Probe Lithography) ranken.

Auch unser Mitarbeiter Harry Biller hielt einen viel beachteten Vortrag über die Weiterentwicklung

des Phoenix 81 und vor allem über dessen deutlich verbesserte Stabilität.

Wegen der geringen Haltbarkeit des thermolabilen Resists Phoenix 81 verkaufte Allresist bisher das im Gefrierschrank gelagerte Pulver, mit dem sich die Anwender den Resist mit Lösemittel selbst mischten.

Durch eine Syntheseoptimierung des Polymer PPA (Polyphthalaldehyd), dem Hauptbestandteil des Phoenix 81, konnte die Stabilität erheblich verbessert werden (→ Punkt 2). Durch diese Verbesserungen sind wir nun in der Lage, den Resist einsatzbereit anzubieten.



Abb. 1 Allresist auf dem Workshop: Maik Gerngroß, Matthias Schirmer, Harry Biller mit Emine Cagin (HI)

Etwas Besonderes hatten sich unsere Gastgeber für das gemeinsame Abendessen ausgedacht. Wir fuhren in das Restaurant Stadtkäserei. Dort wurde uns offenbart, dass wir aus den bereitgestellten Lebensmitteln uns das Abendessen selbst zubereiten werden. So produktiv wie zuvor der Workshop, wurde auch der Abend sehr besonders und fröhlich, Danke ☺.



Abb. 2 Workshop-Teilnehmer beim Zubereiten ihres gemeinsamen abendlichen Menüs

## 2. Vom Pulver PPA zum flüssigen Resist: der Phoenix 81

Mit der Entwicklung des NanoFrazors ist Heidelberg Instruments Nano AG ein großer technologischer Wurf gelungen.



Abb. 3 NanoFrazor der Swisslitho AG

NanoFrazor-Systeme sind t-SPL-Geräte (thermal scanning probe lithography), die eine binäre Lithographie mit einer Auflösung von unter 10 nm und 3D-Strukturierung mit vertikaler Auflösung im sub-nm Bereich ermöglichen. Die erhitzte Spitze sublimiert Phoenix 81 und kann auch eine In-situ-Bildgebung ähnlich des AFM durchführen. Aufgrund der Tatsache, dass keine geladenen Teilchen an dem Prozess beteiligt sind, ist die NanoFrazor-Lithographie nicht invasiv, d. h. die Strukturierung beschädigt die Proben nicht und

implantiert somit keine zusätzlichen Ladungen. Auch ist die NanoFrazor-Lithographie mit Standardverfahren zur Musterübertragung kompatibel: Lift-off der Doppelschicht, hochauflösendes Ätzen, Übertragen und Verstärken von 3D-Mustern in verschiedene Materialien usw.

Für den Einsatz des NanoFrazors ist kein Vakuum oder Reinraum erforderlich. Jedoch sollte die Resistbeschichtung mit Phoenix 81 unter Reinraumbedingungen erfolgen.

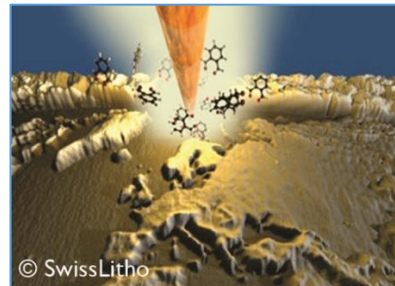


Abb. 4 Dreidimensionale Strukturierung mittels NanoFrazor

Über das thermische Verfahren hinaus sind jedoch auch Strukturierungen mittels Laser (Photolithographie) und E-Beam möglich. Damit erweitern sich die Anwendungsmöglichkeiten auch für unseren Phoenix 81 erheblich. Deshalb war es nun wichtig, die Resiststabilität zu erhöhen.

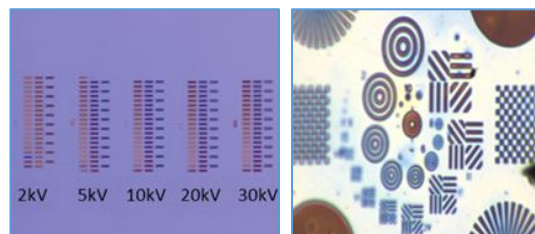


Abb.5 E-Beam-Strukturen Laser-Strukturen Phoenix 81

Mit unserem langjährigen Partner IDM e.V. (Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e.V., Teltow) überarbeiteten wir das Herstellungs-konzept. Mit diesem gelang eine viel höheren Reinheit des Polyphthalaldehydes. Allresist untersuchte die Stabilität der neuen Resistproben des Phoenix 81.

Parallele Versuche bei Heidelberg Instruments Nano AG wiesen nach, dass die so verbesserten Resistproben ihre exzellenten Anwendungseigenschaften auch noch nach drei Monaten Lagerung bei Raumtemperatur beibehielten.

Die Ergebnisse der Weiterentwicklungen des Phoenix 81 stellte Harry Biller in einem Vortrag auf dem Workshop vor.



Abb.6 Harry Biller bei seinem Vortrag zu Phoenix 81

Für die Versuche wurden Resists mit 6 % Feststoff in dem Lösemittel Anisol angesetzt. Die Proben wurden im Gefrierschrank (-18°C), im Kühlschrank (10°C), bei Raumtemperatur und im Ofen bei 40°C gelagert. Monatlich wurden Wafer beschichtet, die Schichtdicke und die Zersetzungstemperatur gemessen. Für die Messung der Zersetzungstemperatur wurde der Wafer auf eine 100°C heiße Hotplate gelegt und dann mit 5°C pro Minute aufgeheizt. Das komplette Verdampfen wurde visuell beurteilt.

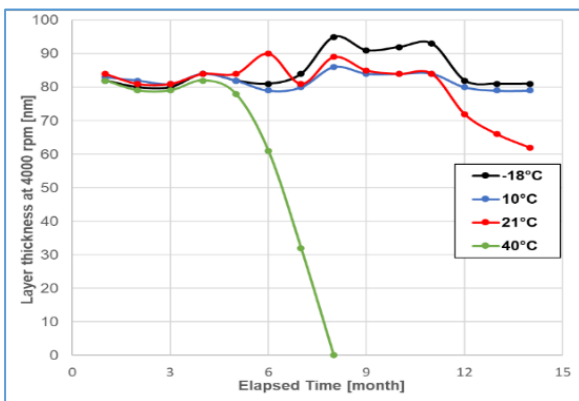


Abb.7 Schichtdicken nach der jeweiligen Lagerzeit

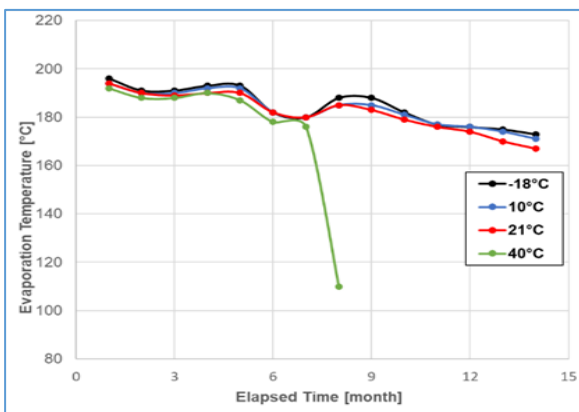


Abb.8 Zersetzungstemperatur nach der jeweiligen Lagerzeit

Die Untersuchungen belegen, dass selbst bei einer Lagerung bei Raumtemperatur die Einsetzbarkeit nach 12 Monaten gegeben ist. Sogar die bei 40°C gelagerten Proben können nach 6 Monaten ohne jegliche Qualitätseinbuße eingesetzt werden.

Diese Tatsache ist besonders für einen Flugtransport im Sommer wichtig.

Der zweite Teil des Vortrages beschäftigte sich mit unserem neuen Projekt „TMS PPA zur Erhöhung der Ätzfestigkeit“ für das ein besonderes PPA mit 14% Si synthetisiert wurde.

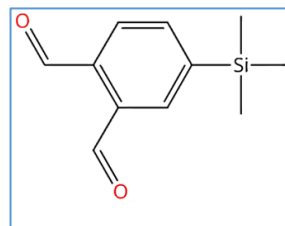


Abb.9 TMS Polyphthalaldehyd Siliziumgehalt 14%

Mit diesem neuen Polymer kann eine Hartmaske kleinster Strukturen auf direktem Weg und deutlich schneller hergestellt werden.

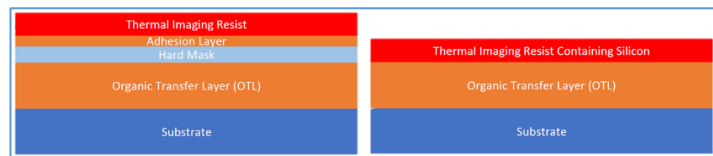


Abb.10 Vergleich der Verfahren für Ätzprozesse

In Abb.10 ist links der bisher übliche Prozess dargestellt. Auf der zu ätzenden Schicht (OTL) wird eine Hartmasken-Schicht (SiO<sub>2</sub>) aufgetragen, dann mit Haftvermittler und anschließend mit PPA beschichtet. Das PPA wird strukturiert, die Hartmaske geätzt und dann die zu bearbeitende Schicht geätzt.

Wird dagegen das siliziumhaltige TMS PPA auf die zu ätzende Schicht aufgetragen (Abb.10 rechts) und strukturiert, kann mit einem kurzen Sauerstoffplasma-Ätzschritt (RIE) aus dem Silizium des Polymers Siliziumoxid erzeugt werden. Damit entsteht eine Ätzmaske aus SiO<sub>2</sub>. Aufgrund der gewünscht geringen Schichtdicke (hier 17 nm) ist eine Auflösung bis 10 nm erreichbar.

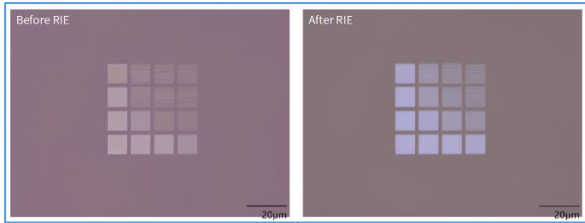


Abb.11 Geätzte Strukturen des TMS PPA mit 14% Si

Versuche bei Heidelberg Instruments Nano AG bestätigten, dass sich das TMS PPA genau so gut wie Phoenix 81 verarbeiten lässt bei deutlich höherer Ätzstabilität.

Dieses gute Ergebnis bewog uns, ein weiteres TMS PPA mit noch höherem Siliziumgehalt zu synthetisieren.

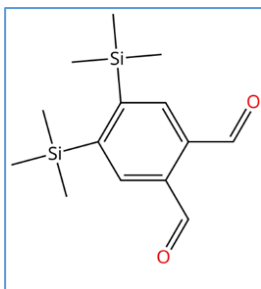


Abb.12 Doppel TMS PPA mit Siliziumgehalt von 20%

Sobald wir belastbare Ergebnisse auch über diese Anwendungseigenschaften haben, werden wir Sie gern darüber informieren.

### 3. Medusa 84 SiH – SX AR-N 8400: die Markteinführung hat begonnen

Der Resist HSQ wird weltweit in der Elektronenstrahl-Lithographie eingesetzt. Neben seinen guten Eigenschaften ist jedoch seine Haltbarkeit sehr begrenzt. Nachdem viele Kunden beklagten, dass die Belieferung mit dem HSQ deutlich schwieriger wird, entwickelte wir einen eigenen, praktisch identischen Resist. Unsere Neuentwicklung besteht (ähnlich wie der HSQ) aus anorganischen Silanen (SiH) und trägt den Namen **Medusa 84 SiH (SX AR-N 8400)**. Die damit einhergehende hohe Transparenz prädestiniert ihn auch für optische Anwendungen.

Die Polymerentwicklung erfolgte wieder zusammen mit dem Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e.V. Die Syntheseführung wurde so verbessert, dass gezielt eine Polymerfraktion synthetisiert und isoliert wird, die für die Anwendungseigenschaften optimal ist. Außerdem setzten wir ein spezielles Lösemittel für die Erhöhung der Haltbarkeit ein. Auch inzwischen

10 Monaten gelagerte Proben behalten damit weiter ihre sehr guten Eigenschaften.

Mittlerweile haben auch Anwender diese Muster getestet. Alle lobten die gute Handhabbarkeit des Resists und bestätigten ebenfalls, dass sich dessen Eigenschaften in der Zeit, die die Tests dauerten, nicht verändert haben.

An der Martin-Luther-Universität unter Leitung von Dekan Prof. Schmidt wurden von Herrn Dr. Heyroth intensive Versuche mit Medusa 84 SiH durchgeführt.

Zugleich wurde der handelsübliche HSQ unter gleichen Bedingungen getestet. Ein Vergleich der Empfindlichkeiten zeigt, dass unser Medusa 84 SiH deutlich sensitiver ist.

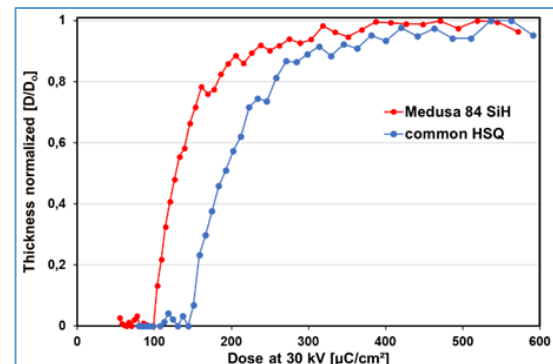


Abb.13 Vergleich der Empfindlichkeiten von Medusa 84 SiH und HSQ, Entwickler AR 300-73

Die Schichtdicken beider Resists wurden auf 70 nm eingestellt. Die Beschleunigungsspannung betrug 30 kV.

#### Medusa 84 SiH

Sensitivität: 159  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ , AR 300-44

Sensitivität: 210  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ , AR 300-73

HSQ - Sensitivität: 252  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ , AR 300-73

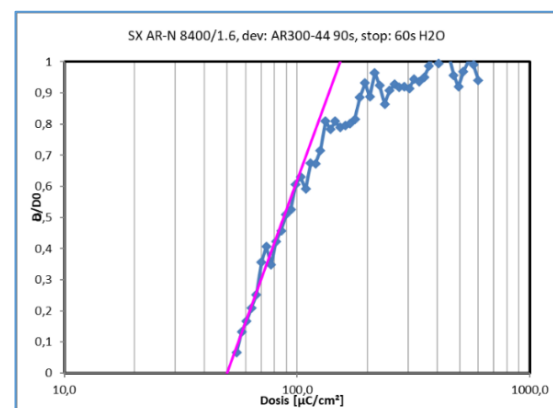


Abb. 14 Gradationskurve von Medusa 84 SiH (damals noch Testmuster SX AR-N 8400/1.6), 159  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ , 30 kV, Entwickler AR 300-44

Damit ist Medusa 84 SiH erstaunlich empfindlich. Die maximale Auflösung betrug bei einer Schichtdicke von 70 nm 15 nm.

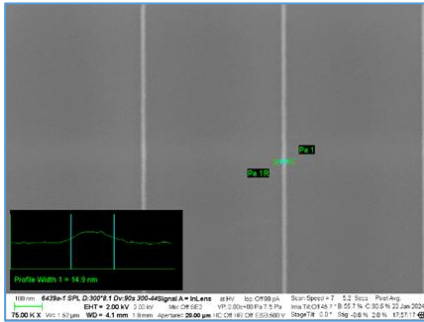


Abb. 15 Medusa 84 SiH-Stege 15 nm breit

Bei parallelen Untersuchungen der Fa. Raith wurden Auflösungen von 10 nm gemessen.

Vorteile von Medusa 84 SiH sind:

1. Deutlich höhere Stabilität mit einer über Monate gleichbleibenden Qualität
2. Eine höhere Empfindlichkeit für eine kurze Schreibzeit
3. Die siliziumhaltige Medusa-Variationen haben ein deutlich besseres Plasmaätzverhalten.

Mit diesen positiven Eigenschaften könnte Medusa 84 SiH für viele Anwender eine interessante Alternative für den jahrelang genutzten HSQ sein.

#### 4. Unsere aktuellen Umweltaktivitäten: Neupflanzung von Bäumen



Zur schönen Tradition geworden ist unser jährlicher Baumpflanz-Aktionstag mit dem ganzen Team im Wald bei Gottesgabe im Landkreis Märkisch Oderland. Seit 2021 unterstützen wir den dortigen Förster mit großzügigen Spenden, von denen er hunderte Setzlinge kauft, die wir dann alle zusammen einpflanzen. Wenn das Wort Teambuilding mal verwendet werden sollte, dann hier. Wir haben bald einen Allresist Wald 😊.

Wir hoffen, dass für Sie Interessantes und Anregungen dabei waren und freuen uns über Ihre Meinung. Die nächste Ausgabe der AR NEWS werden wir Ihnen wieder im Oktober 2024 vorstellen.

Bis dahin wünschen wir Ihnen und uns viel Erfolg 😊.



Strausberg, 29.04.2024  
Matthias & Brigitte Schirmer im Allresist-Team

