AR NEWS

26. Ausgabe, Februar 2013, Allresist GmbH

Inhalt:

1. Anerkennung für den Ludwig-Erhard-Preisträger Allresist

2. CSAR 62 - eine künftige Alternative für den ZEP-Resist

3. NIR-Lack in der Entwicklung – erste Erfolge

Willkommen zur 26. Ausgabe der AR NEWS. Wir möchten Sie auch künftig gern über die Weiterentwicklung des Unternehmens und seiner Forschungsprojekte informieren.

Dies ist eine vorgezogene Ausgabe, da wir Sie bereits jetzt über die besonderen Ergebnisse unseres CSAR 62 – der Alternative für den ZEP-Resist - informieren möchten.

1. Anerkennung für den Ludwig-Erhard-Preisträger Allresist

Wir haben voller Freude im November 2012 über unseren 1. Platz im Ludwig-Erhard-Preis berichtet. Wir erfuhren viel öffentliche Aufmerksamkeit und Lob, unsere Partner und Kunden freuten sich mit uns. Zweimal berichtete der Fernsehsender rbb mit Reportagen über unseren Erfolg.

Wir hatten anlässlich der Preisverleihung ein Kolloquium "Streifzug durch den Nanokosmos - Ergebnisse aus Forschung und Kundenkooperationen" in unserem Unternehmen organisiert. Neben der Vorstellung unserer eigenen Ergebnisse (Matthias Schirmer) präsentierten Hüseyin Sahin, UMS Ulm; Klaus-Dieter Preuß, CiS Erfurt; Dr. Thomas Köpnick, IDM Teltow und Prof. Dr. Georg Schmidt, MLU Halle hoch interessante Details aus den gemeinsamen Kooperationen.
Besonders in dem Vortrag von Herrn Prof. Dr. Schmidt wurden gemeinsame wissenschaftliche Ergebnisse dargestellt, die den Nanokosmos in seiner ganzen Faszination zeigen.

Für die offizielle Ehrung waren der Staatssekretär Henning Heinemann des Wirtschaftsministeriums, für den kurzfristig verhinderten Minister Ralf Christoffers, der Präsident Ulrich Müller und der Hauptgeschäftsführer Gundolf Schülke der IHK Ostbrandenburgs, die Strausberger Bürgermeisterin Frau Elke Stadeler und weitere Persönlichkeiten aus Politik und Wirtschaft gekommen.

Der Staatssekretär würdigte die herausragende Leistung des Allresist-Teams mit Beispielwirkung für ganz Brandenburg und hob hervor, dass Allresist nunmehr auf einer Stufe mit den „Großen" Bosch und BMW steht. Diese waren 2012 ebenfalls Preisträger und Ausgezeichnete im Ludwig-Erhard-Preis.

Bild 1 LEP-Preisverleihung am 26.11.12 in Berlin

2. CSAR 62 - eine künftige Alternative für den ZEP-Resist

Mit der Entwicklung unseres neuen Positiv-E-Beamresists werden wir die Wünsche von vielen Anwendern nach einem empfindlichen, plasmaätzstabilen Elektronenstrahlresist mit höchster Auflösung befriedigen können.

Bisher erfüllt der bekannte ZEP-Resist mit ähnlichen Eigenschaften diese Forderungen. Da jedoch die kommerzielle Verfügbarkeit schwierig ist und die Preise in den letzten Jahren um ein Vielfaches stiegen, trugen Kunden den Wunsch einer Alternative an uns heran. Dies nahmen wir als Ansporn und möchten mit unserem CSAR 62 einen technisch verbesserten Lack zu deutlich günstigeren Konditionen anbieten.

Drei der Hauptakteure aus dem oben erwähnten Kolloquium waren und sind auch an der Entwicklung beteiligt (MLU, IDM, Allresist). Die langwierigen Forschungsarbeiten führten bereits nach nur wenigen Monaten zu überraschend guten Ergebnissen.

Vorausgegangen waren diverse Polymerisationsversuche im IDM mit verschiedenen halogenierten Acrylaten und aromatischen Vinyl-Verbindungen. Diese Arbeiten wurden mit dem „Großen Innovationsgutschein" des Landes Brandenburg gefördert. Aus den aussichtsreichsten Copolymeren wurden Resistmuster hergestellt und in Halle an der MLU getestet.

Dabei hatte sich gezeigt, dass ein Zusatz von CAR-Komponenten (Chemical Amplified Resists), speziell der Säuregeneratoren, sich verbessernd auf die sensitometrischen Eigenschaften auswirken.

Deshalb wurde der neue Resist CSAR 62 (**C**hemical **S**emi **A**mplified **R**esist) genannt.

CSAR 62 ist der Rufname für die spätere Typenbezeichnung AR-P 6200, das aktuelle Experimentalmuster heißt SX AR-P 6200/2.

Folgende Ergebnisse wurden mit den bisher durchgeführten Untersuchungen erzielt:

- **Empfindlichkeitsvergleich CSAR 62 – PMMA 950K**

Die Empfindlichkeit (Dose to clear) des Musters SX AR-P 6200/2 wurde mit dem PMMA 950K Resist (AR-P 679.03) verglichen. Dabei betrug die Empfindlichkeit des PMMA-Resists mit dem Standardentwickler AR 600-56 165 µC/cm² und mit dem (Stopper als) Entwickler AR 600-60 (kontraststeigernd) 311 µC/cm² (siehe Abb. 2). Die Empfindlichkeit des SX AR-P 6200/2 war mit 55 µC/cm² 3-fach bzw. 6-fach höher.

- **Kontrastvergleich CSAR 62 - PMMA 950K**

Der Kontrast der PMMA-Resists beträgt üblicherweise maximal 5 – 7. Verwendet man als Entwickler den AR 600-60 (IPA-Basis), ist eine Steigerung der Gradation auf 10 möglich. Diese Steigerung wird jedoch mit einem gewissen Empfindlichkeitsverlust erkauft.

Der Kontrast des CSAR 62 im Entwickler X AR 600-54/6 weist mit > 14 einen bereits sehr guten Wert auf (siehe Abb. 2), der bei den weiteren Optimierungsarbeiten noch gesteigert werden kann.

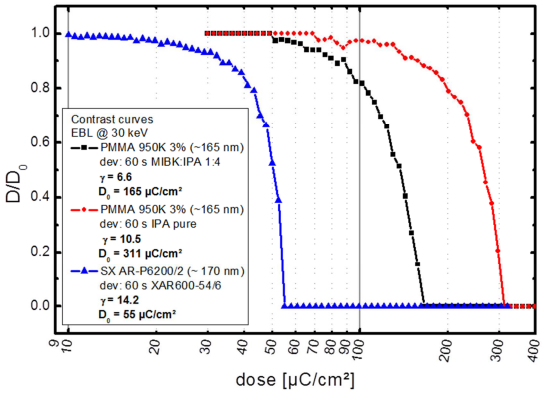

Abb. 2 Vergleich von Empfindlichkeit und Kontrast zwischen CSAR 62 und PMMA 950K

- **Bisher erreichte Auflösung mit CSAR 62**

Die Auflösung des CSAR 62 konnte bei einer Schichtdicke von 180 nm mit 10 nm bestimmt werden (siehe Abb. 3). Das entspricht einem Aspektverhältnis von 18. Die Empfindlichkeit für solch maximale Auflösung liegt in dem Bereich von 220 – 270 pC/cm.

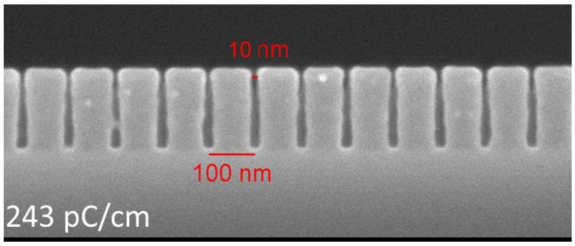

Abb. 3 durchentwickelte, minimale 10 nm-Strukturen

- **Erzeugung extrem kleiner Lift-off-Strukturen mit CSAR 62**

Eine weitere große Möglichkeit dieses neuen Resists ist die Generierung von Nano-Lift-off-Strukturen. Mit einer 1,5 fach höheren Dosis können unterschnittene Resistprofile aufgrund des Proximity-Effektes hergestellt werden (siehe Abb. 4).

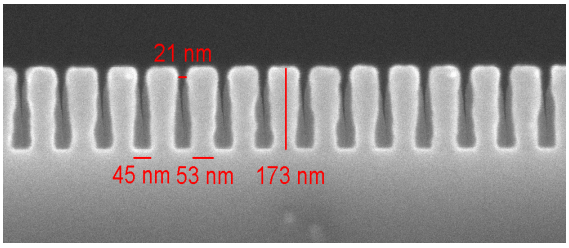

Abb. 4 unterschnittene Resistprofile für den Lift-off-Prozess mit dem CSAR 62

Werden diese Strukturen dann mit Metall bedampft oder gesputtert, entstehen Leitbahnen mit einer Strukturgröße von bis zu 10 nm (siehe Abb. 5).

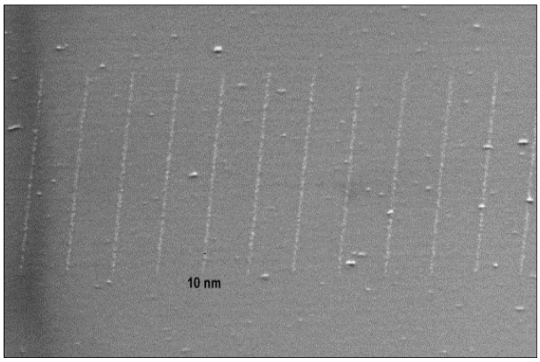

Abb. 5 aufgedampfte 10-nm-Stege aus AuPd

- Entwickleroptimierungen

Die Empfindlichkeit des Resistsystems hängt sehr stark vom Entwicklertyp ab. Neben dem zukünftigen „Arbeitspferd“ X AR 600-54/6 für ein breites Prozessfenster werden auch Entwickler für höchste Empfindlichkeiten konzipiert. Bei ersten Versuchen wurden Dosis-Werte von unter 10 µC/cm² gemessen. Die Entwickleroptimierung beinhaltet eine strikte Gefährdungsminimierung (Safer Solvents, Flammpunkt > 21 °C).

Ein typisches Problem einer extremen Auflösung bei einem Aspektverhältnis > 15 ist das Kollabieren der Stege. In Abb. 6 sind 10-nm-Gräben mit einem Pitch von 50 nm zu sehen. Bei dem Entwicklungsprozess führt die Oberflächenspannung der Lösungsmittel zu einem unerwünschten „Verkleben“ der einzelnen Stege. Zurzeit laufen Versuche, diesen Effekt durch optimierte Entwickler zu minimieren.

Im April werden die neuesten Ergebnisse erstmals auf der „HARMNST 2013“ vorstellen.

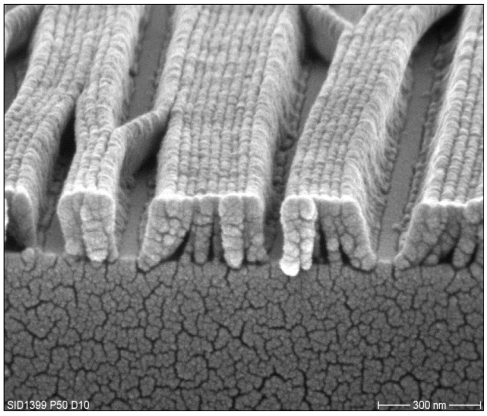

Abb. 6 teils verklebte Stege der 10-nm-Gräben (Pitch 50 nm)

Diese insgesamt sehr hoffnungsvollen Ergebnisse und die uns bekannte Marktsituation haben uns veranlasst, mit höchster Intensität die Eigenschaften des CSAR 62 und seiner Entwickler weiter zu optimieren und die Synthese und Resist-Herstellung rasch und in höchster Qualität zu realisieren.

Erste Muster unseres CSAR 62 werden daher bereits ab Mai 2013 verfügbar sein.

Für die Zwischenzeit bieten wir allen ZEP-Resist-Anwendern an, die vergleichbaren Entwickler für ZED-500 und ZED-N50 über Allresist rasch und zu deutlich geringeren Preisen zu beziehen.

Sprechen Sie uns an, wir unterbreiten Ihnen gern kurzfristig unser günstiges Angebot.

3. NIR-Lack in der Entwicklung

Allresist hat die Entwicklung empfindlicher CAR Negativ-Photoresists für Laseranwendungen für Belichtungen im Wellenlängenbereich von 500 bis 1.100 nm weiter fortgesetzt. Bereits letztes Jahr (AR-News 23) haben wir über erste vielversprechende Resultate berichtet.

Unsere neuen sehr empfindlichen Negativ-Laserlacke eignen sich für den Einsatz im Wellenlängenbereich von 200 – 500 nm (cw und Pulsbetrieb) sind darüber hinaus aber auch außerhalb der üblicherweise verwendeten Belichtungswellenlängen, bei > 480 nm bis in den NIR-Bereich empfindlich, wenn im Pulsbetrieb gearbeitet wird. Im Bereich der sehr hohen Energiedichten, die im gepulsten Laserbetrieb auftreten, kommt es zur Zwei-Photonen-Absorption. Daher kann die Vernetzung auch durch langwelligeres (und damit energieärmeres) Licht induziert und ein vollständiger Schichtaufbau erreicht werden. Die Empfindlichkeit kann durch Zugabe von Farbstoffen, die im Bereich der eingesetzten Laserwellenlänge absorbieren, drastisch gesteigert werden. Die Empfindlichkeitssteigerung beruht dabei auf thermischen Effekten, da sich die Farbstoffe als Folge der intensiven Bestrahlung stark erwärmen.

Unter der Vielzahl an Einflussfaktoren kommt der Schreibgeschwindigkeit des Laserstrahles eine besonders große Bedeutung zu. Je schneller die Schreibgeschwindigkeit, desto geringer wird der lokale Energieeintrag. Unterhalb eines bestimmten Energieeintrags erfolgt keine Vernetzung des Photolacks, dagegen wird der Resist im Fall einer zu intensiven Bestrahlung schnell zerstört.

In einer neuen Versuchsserie wurde ein neuer CAR-Photoresist mit einer sehr hohen Temperaturbeständigkeit bis etwa 300 °C bei einer Wellenlänge von 532 nm prozessiert. Auch im Fall sehr geringer Schreibgeschwindigkeiten < 0,5 mm/s und dem damit verbundenen hohen Energieeintrag konnte keine Zerstörung der Resistschichten beobachtet werden. Die Entwicklung der 1,5 µm dicken Resistschicht erfolgte mit den üblichen wässrig-alkalischen Entwicklern. Auch ohne Zugabe von Farbstoffen konnten mit hoher Empfindlichkeit, saubere Linien mit einer Breite von etwa 35 µm erzeugt werden, die etwas weniger als die 30 µm des Strahldurchmessers sind (siehe Abb. 7).

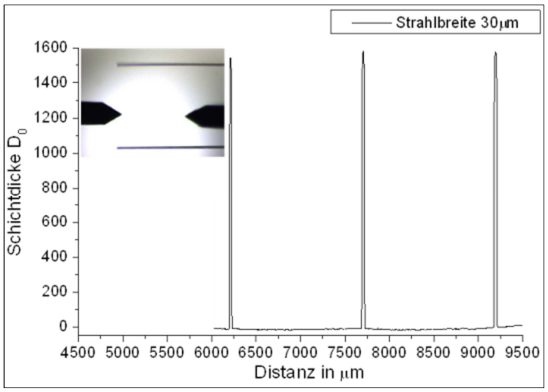

Abb. 7 Mit Ultrakurzpulslaser erzeugte Linienstrukturen (Untersuchung am Günter-Köhler-Institut ifw, Jena)

Die Linien zeigen selbst nach Tempern bei 300°C keine Anzeichen von Zerfließen oder Verrundungen, es tritt lediglich eine allmähliche Verringerung der Schichtdicke auf, als Folge von Sinterprozessen.

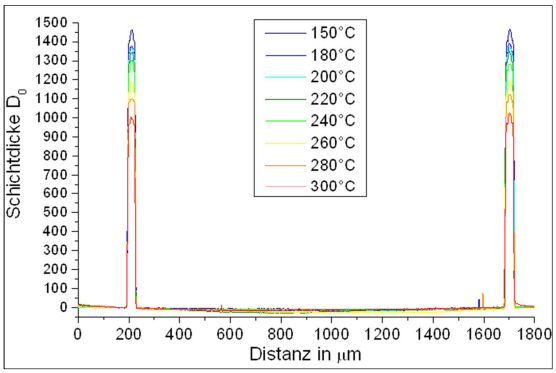

Abb. 8 Hohe Temperaturstabilität der durch Laser erzeugten 30 µm-Linien, Schichtdicke in nm

Es wurden ebenfalls Untersuchungen mit unserem neuen Negativ-CAR-Polyimidresist durchgeführt. Auch hier konnten saubere Linien mit einem Durchmesser von etwa 35 µm erzeugt werden, die über eine ausgezeichnete Temperaturstabilität > 400°C verfügen. Der Entwickler ist in diesem Fall nicht wässrig-alkalisch, sondern besteht aus MIBK.

Für Anwender, die feuchtigkeitsempfindliche Substrate benutzen, ist daher die Verwendung des Polyimid-Negativresists zu empfehlen.

Durch den Einsatz temperaturstabiler Photolacke konnte das Prozessfenster für Laseranwendungen wesentlich erweitert werden.

Die Resists sind auch für die übliche Photolithographie (i-line, g-line) geeignet.

Neben der Herstellung temperaturstabiler Linienstrukturen können durch Laserbelichtung auch Flächen und wellige Oberflächen mit definierter Periodizität erzeugt werden (Abb. 9).

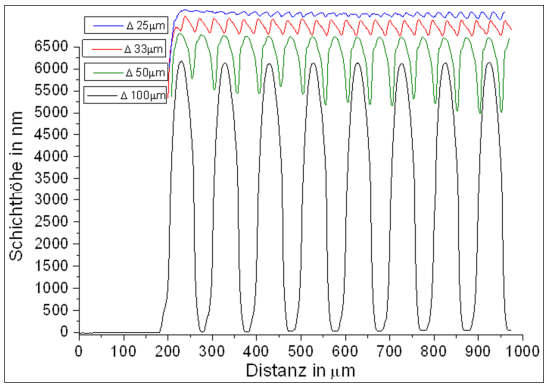

Abb. 9 Einzelne Stege (schwarze Linie) bis zur geschlossenen Fläche (blau) können durch Variation des Linienabstandes generiert werden

Wir hoffen, dass für Sie Anregungen dabei waren und ermutigen Sie, uns Ihre Wünsche mitzuteilen.

Die nächste Ausgabe der AR NEWS werden wir Ihnen wieder im Oktober 2013 vorstellen.
Bis dahin wünschen wir Ihnen und uns viel Erfolg.

Strausberg, 26.02.2013
Matthias & Brigitte Schirmer
im Team der Allresist