AR NEWS

36. Ausgabe, Oktober 2017, Allresist GmbH

Inhalt:

1. **25 Jahre Allresist – eine Erfolgsgeschichte auch der Resistentwicklung**
2. **Allresist auf dem Kongress MNE mit Atlas 46**
3. **Neue innovative Produktentwicklungen**
   - **3.1. Fluoreszierende und farbige Resists für die Optik und Sensorik**
   - **3.2. dicker(er) CSAR 62 für die Herstellung tiefer Ätzgruben**
   - **3.3. CSAR 62 innerhalb eines Dreilagensystems zur Erzeugung von T-Gates**

Willkommen zur 36. Ausgabe der AR NEWS. Wir möchten Sie auch künftig gern über die Weiterentwicklung unseres Unternehmens und seiner Forschungsprojekte informieren.

1. 25 Jahre Allresist – eine Erfolgsgeschichte auch der Resistentwicklung

Vor knapp 25 Jahren schrieben wir in unserem ersten Kundenbrief zur Gründung der Allresist: „Eine Reise von 1.000 km beginnt mit dem ersten Schritt“ (Chinesische Weisheit). Mittlerweile haben wir die beschwerlichen Höhen und Tiefen der ersten Jahre und ein Gutteil der Mühen der Ebene hinter uns gelassen. In den letzten 10 Jahren wurden wir immer erfolgreicher. Anläßlich dieses Jubiläums haben wir für uns die 25 Jahre Revue passieren lassen:

Wir begannen 1992 mit einer Handvoll ehemaliger Kollegen aus den Fotochemischen Werken (ORWO) in einem kleinen gemieteten Berliner Gebäude und lediglich 8 Produkten.

Abb. 1 Allresist-Team 1993

Inzwischen produzieren wir in unserem modernen Gebäude auf eigenem Grund und Boden in Strausberg mit 12 Mitarbeitern mehr als 200 Produkte (siehe unserTeamfoto auf der Seite 6).

Abb. 2 Gebäude Allresist GmbH

Abb. 3 Ausschnitt aus unserer Produktion

Wir haben in 25 Jahren 30 Tonnen Resists und 250 Tonnen Prozesschemikalien hergestellt und verkauft. Damit haben wir einen Gesamtumsatz von 17,5 Mio € realisiert, dazu 32 wissenschaftliche Projekte mit Projektkosten in der Höhe von 6,5 Mio. € bei einer Förderung von 2,9 Mio. € erfolgreich abgeschlossen.

Inzwischen haben wir ein Nachfolgeteam bestehend aus drei jungen promovierten Chemikern und unserer Tochter als Master of Business

Administration etabliert. Es unterstützt uns beide Geschäftsführer und erhält nach und nach mehr Verantwortung.

Nicht zuletzt auch durch ihre gute Arbeit gelang es uns, neue, innovative High-Tech-Produkte wie CSAR 62 und Electra 92 zu entwickeln und auf dem Weltmarkt zu etablieren.

Viele Preise und Ehrungen zeugen von der Anerkennung der überzeugenden Firmen-philosophie, die auf dem Excellence-Gedanken des EFQM-Modells beruht und eine Win-Win-Situation aller Partner anstrebt.

Natürlich wären all diese Erfolge ohne Sie, unsere Kunden, nicht möglich gewesen. Heute möchten wir Ihnen Dank für Ihre Treue sagen. Zu Ihnen sowie anderen Partnern pflegen wir langfristige und wertschätzende Beziehungen, zu einigen Partnern sogar überaus herzliche Verbindungen.

Die gute wirtschaftliche Entwicklung Allresists, basierend auf den neuen innovativen Produkten und der Gewinnung zusätzlicher, auch großer Kunden weltweit, macht 2018 eine erneute Erweiterung unseres Firmengebäudes um ca. 500 m² notwendig. Der Planungsprozess hat bereits begonnen und nimmt, wie bei uns üblich, schnell an Fahrt auf. Mitte 2018 werden wir mit den Baumaßnahmen fertig sein. Durch eine komplexe Planung des Baugeschehens werden wir gewährleisten, dass Produktion und Belieferung unserer Kunden auch während der Bauphase störungsfrei realisiert werden können.

2. Allresist auf dem Kongress MNE 2017 mit Atlas 46

Abb. 4 Allresist Stand auf der MNE 2017 in Braga (Portugal)

Allresist nahm als Silbersponsor am Kongress mit eigenem großen Stand teil und konnte viele beachtliche Neuigkeiten präsentieren. Ein besonderes Highlight war unser Wissenschafts-Poster zu unserer Neuentwicklung Atlas 46 und der Vortrag von Dr. Gerngroß über diesen interessanten Negativ Photoresist. Von ihm gibt es gleich drei sofort verfügbare Varianten:

- 46 S: adäquat zum SU-8
- 46 R: wieder leicht entfernbar
- 4600-10 empfindlich bei g-line

Abb. 5 Allresist-Vortrag von Dr. Gerngroß über Atlas 46

In der Kombination der verschiedenen Varianten können dreidimensionale Strukturen generiert werden: Zuerst wird Atlas 46S belichtet ($\lambda_1 \leq 365$ nm) und mittels Temperung vernetzt. Dann wird der SX AR-N 4600-10/10 auf den ersten Lack beschichtet, mit ($\lambda_2 \geq 380$ nm) belichtet und die Doppelschicht wird getempert. Nun erfolgt die Entwicklung, die nicht belichteten Flächen des Toplayers werden abgelöst. Ebenso werden die nicht belichteten Stellen des Bottomlayer unter der zweiten Schicht herausgewaschen, da die zweite Belichtungswellenlänge den unteren Lack nicht belichten kann.

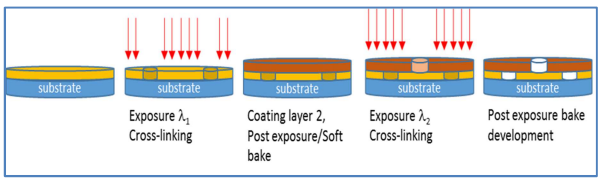

Abbildung 6 Prozessbild 3D-Mehrlagensystem Atlas 46

Die Neuentwicklung Atlas 46 konnte ebenfalls erfolgreich für Nanoimprinting eingesetzt werden (Universität Wuppertal, AG Professor Scheer). In einem ersten Schritt wurden mit dem negativ arbeitenden Resist Atlas 46S Nanostrukturen hergestellt, die anschließend mit UV-Licht bei einer Wellenlänge von 172 nm gehärtet wurden. Der nachfolgende Imprintschritt ergibt dann die gewünschte hierarchische und komplexe Architektur.

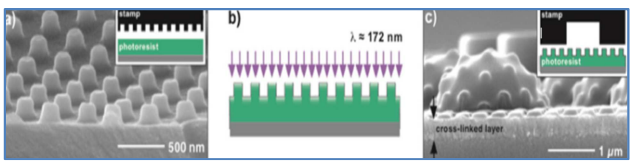

Abb. 7 Schritte des Imprintprozesses

a) Realisierung definierter Nanostrukturen durch thermisches Imprinting

b) Stabilisierung der vorstrukturierten Oberfläche durch Tief-UV-Belichtung

c) Zweiter Imprintschritt zur Erzeugung der hierarchischen Architektur

SU 8 und Atlas 46 zeigen dabei ähnlich gute Ergebnisse, es konnten definierte und sehr gleichmäßige Strukturen erzeugt werden. Der große Vorteil des Atlas 46R ist die leichte Removbarkeit.

(Dieser Link führt Sie zu unseren Postern der MNE 2017 http://www.allresist.de/innovative-neuentwicklungen-auf-der-mne-2017/).

3. Weitere neue innovative Produkt-entwicklungen

3.1. Fluoreszierende und farbige Resists für die Optik und Sensorik

Einen besonderen Blickfang auf der MNE 2017 haben wir mit den **fluoreszierenden Strukturen unserer neuen hochauflösenden Farblacke** erzielt.

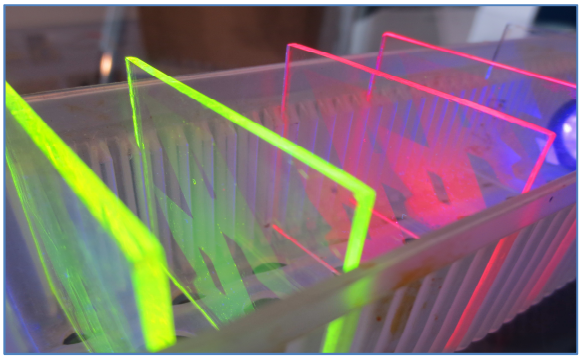

Abb. 8 Fluoreszierende Proben auf dem Messestand

Hochauflösende PMMA- und CSAR 62 E-Beam-resists wurden mit fluoreszierenden Kompo-nenten versehen, die bei UV-Anregung hell leuchten. Hierbei kommt es sehr auf die richtige Konzentration der fluoreszierenden Farbstoffe an, zu wenig ist hier genau so schlecht wie zu viel (Quenchen). Ein markantes Anwendungsbeispiel sind die sehr feinteiligen Skalen in Nachtsichtgeräten.

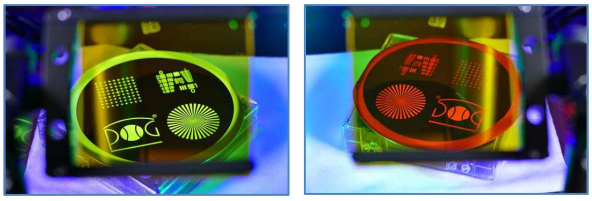

Abb. 9 Fluoreszierende E-Beamstrukturen mit SX AR-P 672.08 (POG Gera) links in gelbgrüner und rechts in roter Fluoreszenz

In einem weiteren Projekt haben wir spezielle **Negativ-Photoresists mit unterschiedlichen Farbstoffen** eingefärbt.

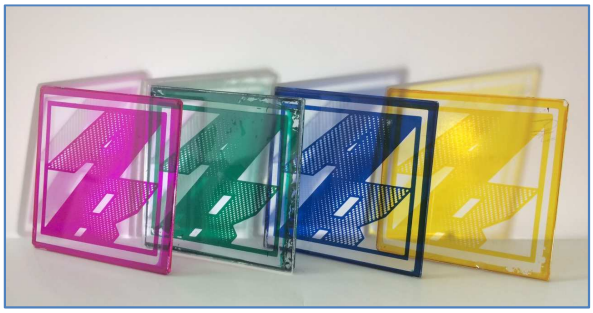

Abb. 10 AR-Logos in einer Farbpalette (Allresist)

Ein typisches Anwendungsbeispiel für solche Farblacke ist ein Color Filter Array von FUJIFILM, mit dem Farbechtheit überprüft werden kann:

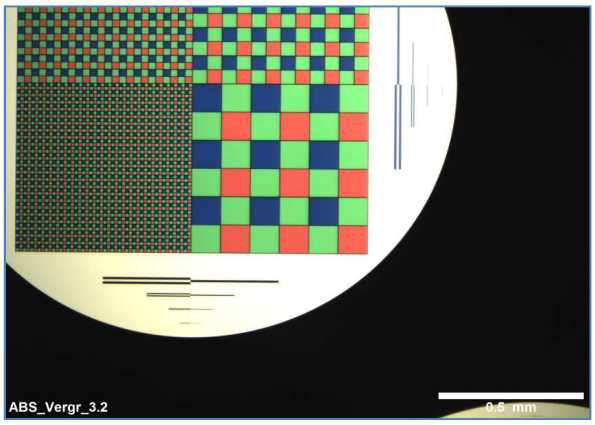

Abb. 11 Ein Color Filter Arraymit farbigen Negativresists (FUJIFILM)

FUJIFILM bietet rot, blau und grün gefärbte Negativresists auf Acrylatbasis an. Diese Resists enthalten jedoch Farbpigmente mit der Größe einiger 100 nm, dadurch sind Auflösung und Kantenschärfe limitiert. Zudem werden gesundheitsbedenklichere organische Lösemittel als Entwickler verwendet.

Allresist bietet mit Farbstoffen gefärbte Negativresists unter der Bezeichnung SX AR-N 8500 an. Damit können anders als bei FUJIFILM eine hohe Auflösung und scharfe Kanten erreicht werden. Da als Grundlack ein leicht modifizierter Negativresist für die "normale" Photolithographie verwendet wird, ist die Entwicklung mit den üblichen wässrig alkalischen Entwicklern möglich.

Eine weitere Besonderheit ist unser Schwarzlack. Dieser Resist hat, in Abhängigkeit von der Schichtdicke, eine komplette Absorption im spektralen Bereich von 300 bis 750 nm und kann dennoch gut strukturiert werden.

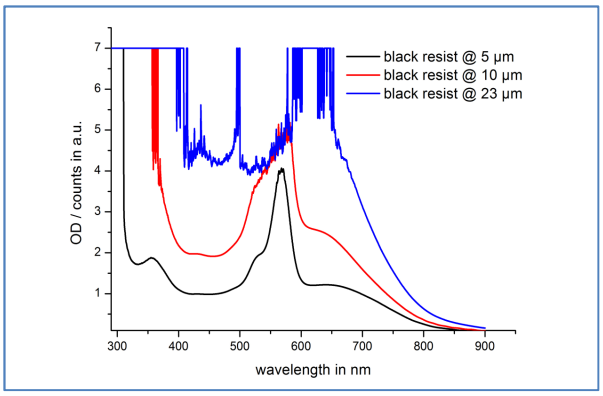

Abb. 12 Absorptionsspektrum des Schwarzlackes

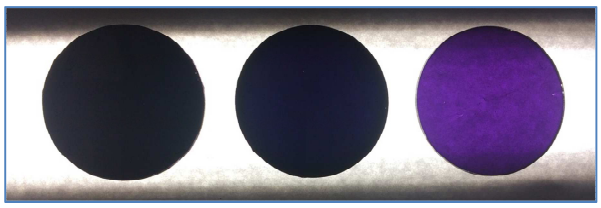

Abb. 13 Visueller Eindruck der optischen Dichte von links nach rechts: - 23 µm, 10 µm, 5 µm

Selbst bei einer hohen Schichtdicke von 23 µm ist eine Strukturierung mit der üblichen Photolithographie realisierbar. Diese Schicht benötigt deshalb einen starken wässrig alkalischen Entwickler (AR 300-26 oder AR 300-73 1 : 1 verdünnt).

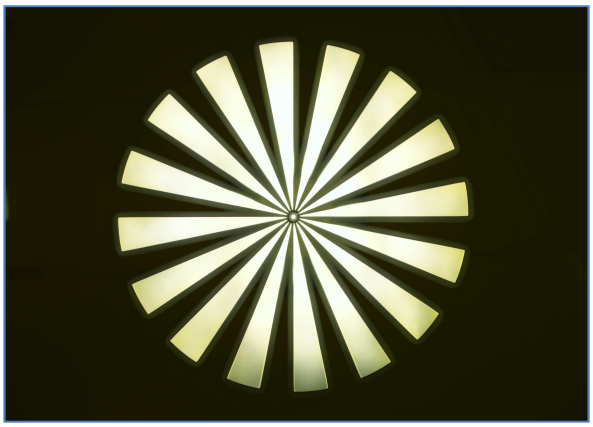

Abb. 14 Siemensstern in einer 23 µm dicken Schwarzlackschicht (Quelle EV Group E. Thallner GmbH)

Alle hier beschriebenen Resists stehen als Experimentalmuster zur Erprobung bereit. Wir freuen uns über ein vielfältiges Feedback mit neuen Anwendungsmöglichkeiten.

3.2. Dicker(er) CSAR 62 für die Herstellung tiefer Ätzstrukturen

Intensive Plasmaätzanwendungen zur Herstellung tiefer Ätzstrukturen mit hohem Aspektverhältnis erfordern ätzstabile Resists und höhere Schichtdicken, die jedoch besondere Anforderungen an Auflösung und Kontrast stellen.

Mit CSAR **AR-P 6200.18** wurden am KIT (IMT, Dr. Lothar Hahn) 1,5 µm dicke Schichten erzeugt. Untersuchungen belegen, dass sich bei dieser Schichtdicke sehr regelmäßige Gräben mit einer Breite von 300 nm bei einer Periode von 300 nm realisieren lassen (siehe Abb. 15).

Der hohe Kontrast von 5 wird durch Einsatz unseres Entwicklers **AR 600-546** ermöglicht, ein kurzes Spülen mit MIBK bewirkt dabei eine rückstandsfreie Entwicklung.

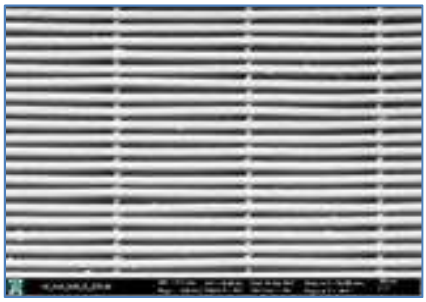

Abb. 15 Dosis 180 µC/cm^2 bei 100 kV; AR 600-546: 20 min, MIBK: 1 min; stabile, sehr regelmäßige Linienstruktur

Werden innerhalb eines speziellen Prozesses deutlich längere Entwicklungszeiten > 30 min erforderlich, wirkt der Standardentwickler AR 600-456 zu stark, so dass Spannungsrisse in der dicken Schicht auftreten (Abb. 16).

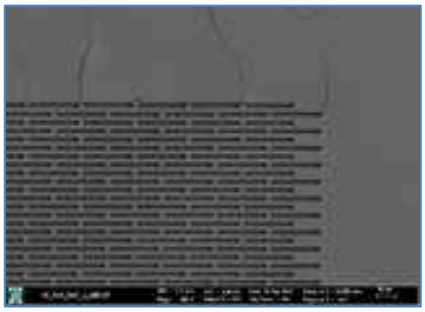

Abb. 16 Dosis 180 µC/cm^2 bei 100kV; AR 600-546: 35 min, MIBK: 1 min; Ausbildung von Spannungsrissen

Im Rahmen erneuter Untersuchungen konnte ein neuer, speziell abgestimmter Entwickler evaluiert werden. Dieser Entwickler X AR 600-546/2 entwickelt ebenfalls mit einem sehr hohen Kontrast und es entstehen in den CSAR 62 Schichten keine störenden Risse.

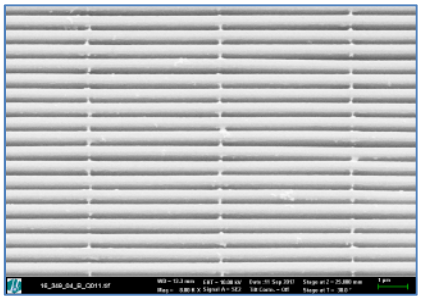

Abb. 17 Dosis 180 µC/cm^2 bei 100 kV; X AR 600-546/2: 4 h, MIBK: 1 min; stabile, sehr regelmäßige, rückstandsfrei entwickelte Linienstruktur ohne Risse

Allerdings ist dieser Entwickler weniger empfindlich als der Standardentwickler AR 600-546. Zur Lösung dieses Problems wurden empfindlichkeitssteigernde Tests durchgeführt: Eine Erhöhung der Entwicklertemperatur auf 30 °C führt zu einer erheblichen Steigerung der Empfindlichkeit bei gleich hohem Kontrast.

Weiterhin erhöht auch eine Verlängerung der Entwicklungszeit die Empfindlichkeit.

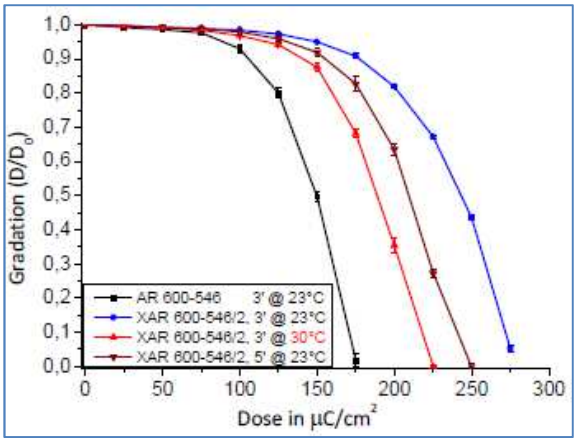

Abb. 18 Gradation von AR-P 6200.18 in AR 600-546 und neuem Entwickler X AR 600-546/2 im Vergleich

In weiteren Untersuchungen werden wir feststellen, bis zu welcher Schichthöhe CSAR 62 entwickelbar ist.

3.3. CSAR 62 innerhalb eines Dreilagensystems zur Erzeugung von T-Gates

T-Gate-Strukturen werden häufig für die Herstellung elektronischer Bauelemente (MEMS, HEMTs) benötigt. Entsprechende Nanostrukturen werden in Mehrlagenprozessen mittels E-Beam-Lithographie realisiert.

Üblicherweise werden Resistschichten verschiedener Empfindlichkeiten, z.B. PMMA's unterschiedlicher Molmassen, übereinander beschichtet, mit Elektronen bestrahlt und anschließend in einem Schritt entwickelt. Für die Erzeugung besser definierter Architekturen ist es jedoch von Vorteil, verschiedenartige Resists zu kombinieren, da zum einen im Beschichtungsprozess eine Vermischung der unterschiedlichen Schichten vermieden werden kann und zum anderen der Einsatz selektiver Entwickler möglich wird. Dadurch können hohe Kontraste und ein exakter Unterschnitt realisiert werden.

An der Martin Luther Universität in Halle (AG Prof. G. Schmidt) wurde folgende Resistkombination sehr erfolgreich evaluiert:

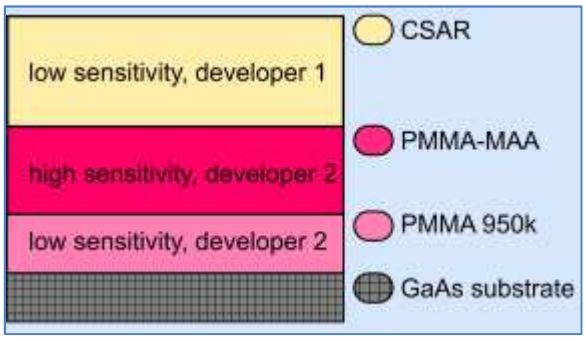

Abb. 19 Resistarchitektur zur Herstellung von T-Gates

Als obere Schicht wurde CSAR 62 verwendet, die Entwicklung erfolgte mit AR 600-546. In diesem kontrastreichen Entwickler haben CSAR 62 und die untere PMMA Schicht des 950k (AR-P 679.03) eine relative geringe Empfindlichkeit. Im sehr intensiv bestrahlten, zentralen Bereich gelingt dennoch eine vollständige Entwicklung aller Schichten. In einem zweiten Entwicklungsschritt mit X AR 600-50/2 wird nachfolgend der Unterschnitt in der mittleren Schicht (PMMAcoMA 33, AR-P 617) hergestellt.

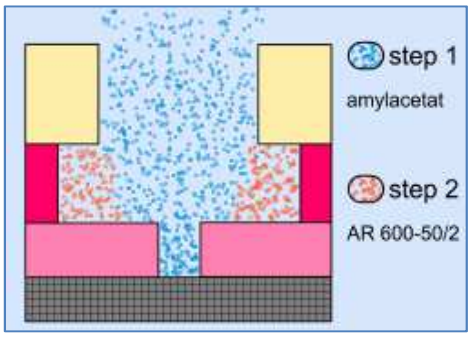

Abb. 20 Prinzipskizze der Entwicklungsschritte 1. und 2.

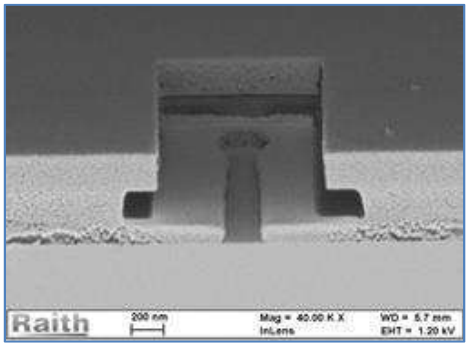

Abb. 21 3D Resistprofil nach der Entwicklung, vor dem Metallisierungschritt

Der Spezialentwickler X AR 600-50/2 entwickelt selektiv die mittlere Schicht. Der beschriebene Dreilagenprozess ermöglicht die Herstellung dreidimensionaler Nanostrukturen mit hohem Kontrast, ausgehend von nur einer Elektronenbestrahlung. Das Prozessfenster ist breit, sowohl die Ausprägung des Unterschnitts, als auch die Geometrie der unteren PMMA-Schicht kann leicht modifiziert werden.

Nach erfolgter Metallisierung und Entfernung der Resiststrukturent mittels Lift-off konnten sowohl T-Gate Architekturen als auch nanoskalige Metallbrücken realisiert werden.

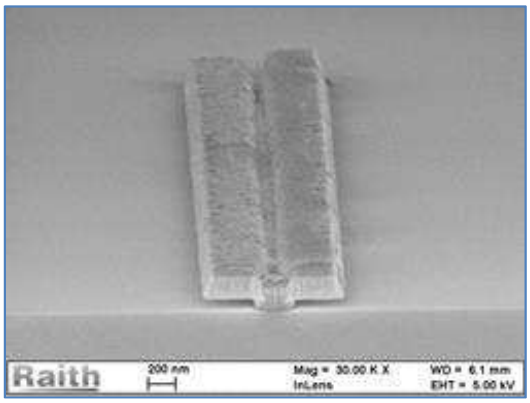

Abb. 22 T-Gate nach lift-off

Einen haben wir noch: Für alle, die **Cytop** als Dielektrikum oder für organische Halbleitern einsetzen, haben wir noch etwas Neues: SX AR-PC 5060. Bei Interesse an diesem Thema rufen Sie uns bitte an ☺.

Wir hoffen, dass für Sie Interessantes und Anregungen dabei waren. Über Ihre Meinung freuen wir uns immer. Sie können uns gern auf der **Semicon Europa 2017 in München (14. – 17. November 2017)** auf unserem Stand besuchen.

Die nächste reguläre Ausgabe der AR NEWS werden wir Ihnen wieder im April 2018 vorstellen.

Bis dahin wünschen wir Ihnen und uns viel Erfolg.

Strausberg, 16.10.2017

Matthias & Brigitte Schirmer im Team der Allresist