

Elektronenstrahlen für die Nanotechnologie der Zukunft

Physiker entwickeln Verfahren zur Optimierung von Legierungen

Smartphones, Tablets, das Internet der Dinge: all diese Technologien basieren auf dem Einsatz immer kleinerer und leistungsfähigerer Prozessoren. Seit 1965 folgt die Entwicklung von Computerchips dem nach dem Mitgründer der Firma Intel benannten Moor'schen Gesetz. Dieses besagt, dass sich die Anzahl an Transistoren auf einer Fläche alle 12 bis 18 Monate verdoppelt und entsprechend die Leistung der Prozessoren steigt. Neuentwickelte Verfahren wie die Extrem-Ultraviolett (EUV)-Lithographie erlauben mittlerweile die Herstellung von Halbleiterstrukturen, die kleiner als zehn Nanometer groß sind. Mit dieser Miniaturisierung der Chips steigen Anforderungen an die zugrundeliegenden Materialien und Technologien. Die Halbleiter-Nanostrukturen bestehen nicht – wie derzeit – aus Silicium, sondern sind Legierungen, also Mischungen zweier oder mehrerer Metalle wie zum Beispiel Silicium und Germanium. Die elektrischen Eigenschaften einer solchen Legierung zu optimieren stellt eine große Herausforderung dar, da diese stark mit der Zusammensetzung variieren. Zudem erfordert die Reparatur der bei der EUV-Lithographie eingesetzten Photomasken eine Präzision im Nanometerbereich.

Ein Verfahren, das neben anderen Anwendungen zur Reparatur der EUV-Lithographie-Photomasken eingesetzt werden kann, wurde von Professor Dr. Michael Huth und seinen Mitarbeitern am Physikalischen Institut entwickelt. Mittels fokussiertem Elektro-



Prof. Michael Huth

nen- (FEBID: Focused Electron Beam Induced Deposition) oder Ionenstrahl (FIBID: Focused Ion Beam Induced Deposition) können nichtleitende und leitfähige Nanostrukturen hochpräzise abgeschieden werden. FEBID- und FIBID-Verfahren besitzen deutliche Vorteile, wie etwa eine wesentlich höhere Präzision, im Vergleich zur lithographischen Strukturierung klassisch mittels chemischer und physikalischer Abscheidungsverfahren erzeugter Dünnschichten. Auch ist der direkte Aufbau von definierten dreidimensionalen Struktu-

ren möglich. Jedoch erfordert die Wahl des Moleküls, das durch den Elektronen- oder Ionenstrahl zum Beispiel zu amorphem Silicium zersetzt wird, einschlägige Erfahrung. Dieser sogenannte Precursor muss bei FEBID- und FIBID-Prozessen so gewählt sein, dass er auf der einen Seite ausreichend an der Oberfläche haftet, auf der die Nanostruktur abgeschieden werden soll, und auf der anderen Seite genug mit den Elektronen bzw. Ionen wechselwirkt.

Pionierarbeit

Prof. Huth und Mitarbeiter konnten auf Grund ihrer langjährigen Expertise Oligosilane, Moleküle mit mehreren direkten Silicium-Silicium-Bindungen, als geeignete Precursoren identifizieren. Bereits 2010 meldeten sie die Technologie als Erfindung bei der universitätseigenen Technologietransfergesellschaft Innovectis. Welche Pionierarbeit die Frankfurter Wissenschaftler leisten, zeigt die Tatsache, dass die Markteinführung von mit EUV-Lithographie hergestellten Chips erst in den nächsten Jahren erfolgen soll. „An diesem Beispiel erkennt man, dass die Grundlagenforschung von heute bei einer zielgerichteten Weiterentwicklung zu den Produkten von morgen führt. Daher strebt die Goethe-Universität einen langfristigen Schutz von zukunftssträchtigen Erfindungen durch Patentanmeldungen an“, erläutert Prof. Schubert-Zsilavec, als Vizepräsident zuständig für den Technologietransfer an der Goethe-Universität. Um zu bewerten, welche Erfindung ein gutes Verwertungspotential – bereits heute oder erst in der Zukunft – besitzt, wurde an der Goethe-Universität eigens ein Gremium mit Experten aus der Goethe-Universität und aus Unternehmen eingerichtet. Die entwickelte Technologie von Prof. Huth und Mitarbeitern überzeugte das Gremium und wurde von der Goethe-Universität zum Patent angemeldet. Um die Technologie langfristig vor Nachahmern zu schützen und somit die Grundlage für eine erfolgreiche Verwertung zu schaffen, folgten Patentverfahren in den wichtigen Märkten Europa, USA und Japan, deren Koordination durch Innovectis erfolgt.

Um den Prozess weiter zu entwickeln, wurde das Verfahren im Rahmen eines vom Land Hessen durch die Wirtschafts- und Infrastrukturbank (WI-Bank) Hessen geförderten Projektes optimiert. Neben der Abscheidung von reinem Silicium wurden auch erstmals Molybdän/Silicium-Legierungen untersucht. Um die aufwendige Optimierung der Leitfähigkeit verschiedener Legierungen zu automatisieren, hat sich die Gruppe um Prof. Huth eines Prinzips bedient, das die meisten Menschen in erster Linie aus der Biologie bzw. Evolution kennen: Ein genetischer Algorithmus erzeugt fortlaufend neue Generationen an Einstellungen, mit der die FEBID- oder FIBID-Anlage gesteuert wird. So können beispielsweise die Zusammensetzung der Precursor-Mischung oder die Dauer, die der Elektronen- oder Ionenstrahl auf einer Stelle verweilt, variiert werden. Mit Hilfe der direkt während des Abscheidungsprozesses gemessenen Leitfähigkeit werden die vielversprechendsten Parameter als „Eltern“ für die darauffolgende Generation ausgewählt. Dieser Prozess wird wiederholt, bis sich die Leitfähigkeit nicht mehr wesentlich ändert. Somit können abgeschiedene Legierungsschichten innerhalb kürzester Zeit opti-

miert werden. Auch diese während des WI-Bank-Projekts entwickelte Technologie wurde von der Goethe-Universität in Europa, Japan, USA und Südkorea zum Patent angemeldet. „Eine Software muss einen technischen Effekt bewirken, um durch ein Patent in Europa geschützt werden zu können. Der Einsatz eines Computerprogrammes zur Optimierung eines Herstellungsprozesses stellt hierbei ein typisches Beispiel für eine solche vorhandene Technik dar“, weiß Professor Dr. Bereiter-Hahn, langjähriger Vorsitzender des Bewertungsgremiums. Der Patentschutz ist die Grundlage für ein neues Projekt, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und von der Goethe-Universität mit einem Eigenanteil gefördert wird. Dieses soll die Übertragbarkeit des Prinzips auf die Abscheidung verschiedener Legierungen, weitere Prozesse und Eigenschaften, wie die Härte der abgeschiedenen Schicht, zeigen. Durch den Beweis der vielseitigen Anwendbarkeit soll ein Marktführer im Bereich der Lithographie-Photomasken-Reparatur, der bereits Interesse bekundet hat, endgültig überzeugt werden, die Technologie in sein Portfolio aufzunehmen. Dieses sogenannte Veredelungsprojekt startete im Januar 2016 mit einer Laufzeit von einem Jahr und wird durch das Projektmanagement der Innovectis begleitet. So wird auch diese Technologie rechtzeitig zur Verfügung stehen, um die Entwicklung der Computerchips der Zukunft zu unterstützen.

Matthias Parthey

ANZEIGE



Aylin, Constanze und Robert
Studierende | Kunden seit Schultagen

Unser Leben, unsere Unabhängigkeit, unsere Frankfurter Sparkasse

„Wir wollen frei über unsere Zeit bestimmen. Mit dem Online-Banking der Frankfurter Sparkasse ist das alles kein Problem. Das Internet hat ja immer offen ;-)“

Probieren geht über Studieren:
das Sparkassen-PrivatKonto
Young Plus – schon ab 0,- Euro¹
für junge Erwachsene ab 18 Jahre
bis zum 26. Geburtstag.²

 Frankfurter
Sparkasse 1822

¹ Der monatliche Kontopreis beträgt 2,90 Euro. Sie erhalten bis zu 100% Rabatt, wenn Sie regelmäßig einen Finanz-Check machen. Beleghaft beauftragte Buchungen für Geschäftsvorfälle in Euro im EWR kosten 1,50 Euro pro Posten, Kontoauszüge am SB-Service kosten 0,50 Euro pro Auszug.

² Schüler, Studenten, Auszubildende sowie freiwillig Wehrdienstleistende und Teilnehmer am Bundesfreiwilligendienst.