

GASFLUSS-GESPUTTERTE SILIZIUMSCHICHTEN

Reines Silizium ist seit Jahrzehnten das Basiselement der Mikroelektronik und besitzt damit eine überragende technologische und wirtschaftliche Bedeutung. Im Rahmen aktueller Forschungsprojekte wird versucht, die Mikroelektronik um Systeme zu erweitern, die mit der Umwelt interagieren. Dies können zum Beispiel sensorische, aktorische, chemische oder elektrochemische Komponenten sein. Auch hierfür ist Silizium ein sehr attraktives Ausgangsmaterial, allerdings sind die traditionellen Abscheidungsverfahren für Halbleitersilizium wie die chemische Gasphasenabscheidung (Chemical Vapour Deposition, CVD) nicht immer dafür geeignet. Im Rahmen eines Fraunhofer-internen Forschungsprogramms werden daher neuartige Silizium-Abscheidungsprozesse entwickelt und untersucht. Einer dieser Prozesse nutzt das am Fraunhofer IST entwickelte Hohlkathoden-Gasfluss-Sputtern (GFS).

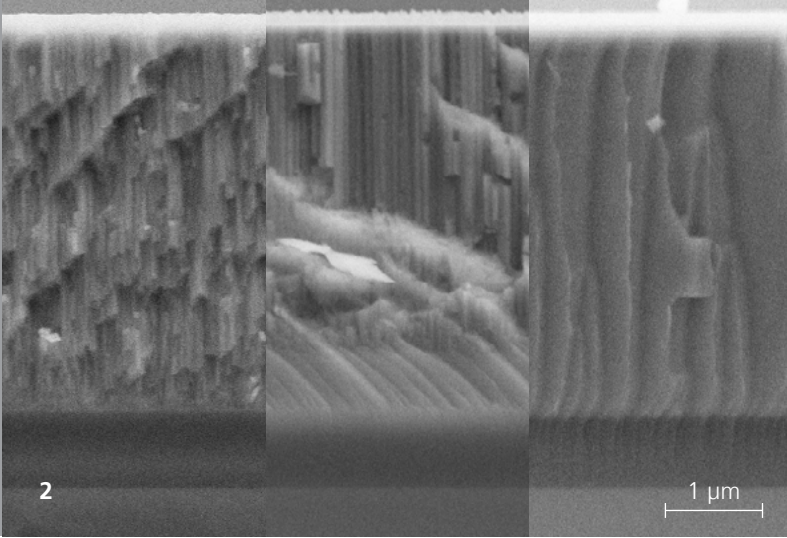
Gasfluss-gesputterte Siliziumschichten

Das Gasfluss-Sputtern (GFS) ist ein Hochrate-Sputterverfahren, bei dem eine intensive Hohlkathoden-Glimmentladung für die Zerstäubung genutzt wird. Die abgestäubten Atome werden über einen gerichteten Gasstrom zum Bauteil transportiert. Innerhalb des genannten Forschungsprojekts wird hochdotiertes Silizium (n-Typ, Phosphor) in einer Plasmaentladung zerstäubt und bei moderaten Temperaturen auf ebenen Siliziumsubstraten abgeschieden. Als Vertreter der physikalischen Gasphasenabscheidung (Physical Vapour Deposition, PVD) verwendet das Gasfluss-Sputtern ungiftige Ausgangsstoffe und ermöglicht durch die Plasma-Unterstützung eine ausgezeichnete Schichtenanbindung an das Substrat. Die Prozessparameter können bei der Abscheidung so gewählt werden, dass die Schichten entweder eine kolumnare, d. h. poröse oder eine kompakte, dichte Mikrostruktur aufweisen (vgl. Abbildung 1). Neben der Struktur können auch die Eigenspannungen der entstehenden Schichten in gewissem Umfang kontrolliert werden. Typische Schichtdicken liegen hier im Bereich von

10 Mikrometern. Grundsätzlich können beim GFS aber auch Schichtdicken von 100 Mikrometern und darüber hinaus erreicht werden.

Silizium-PVD mit Wasserstoffzugabe

Plasma-unterstützte PVD-Prozesse basieren auf rein physikalischen Vorgängen und nutzen in der Regel Argon als Prozessgas. Dagegen werden in Prozessen der herkömmlicher Weise für die Silizium-Abscheidung verwendeten chemischen Gasphasenabscheidung (CVD) chemische Vorgänge für die Mobilisierung der Teilchen und die Schichtbildung genutzt. Oft spielt dabei Wasserstoff eine entscheidende Rolle. Abbildung 2 zeigt, dass Wasserstoff aber auch in PVD-Prozessen einen Einfluss auf die Schichteigenschaften haben kann. Dem Gasfluss-Sputterprozess wurden bei sonst gleichen Bedingungen unterschiedliche Mengen Wasserstoff zugegeben. Die Wasserstoffzugabe erhöht hier die Beweglichkeit der schichtbildenden Teilchen auf der Oberfläche und begünstigt damit eine kompakte Schichtstruktur.



Ausblick

Zukünftig könnten mit PVD-Verfahren hergestellte Siliziumschichten leicht im selben Prozess mit metallischen Elektrodenschichten kontaktiert oder mit Barrierschichten wie Siliziumoxid passiviert werden. Die variable Mikrostruktur macht GFS-Silizium auch attraktiv als Anodenmaterial für Lithium-Ionenbatterien oder für katalytisch aktive Oberflächen, z. B. für die Gassensoren.

Das Projekt

Das Projekt wurde im Rahmen der internen Programme der Fraunhofer-Gesellschaft gefördert.

1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Silizium-Bruchkanten. Je nach Prozessparametern können Siliziumschichten mit unterschiedlich poröser oder dichter Mikrostruktur erzeugt werden. In der Abbildung nimmt die Substrat-Vorspannung von links nach rechts zu.

2 Auch durch eine Zugabe von Wasserstoff in den Gasfluss-Sputterprozess kann die Dichte der entstehenden Schichten beeinflusst werden. In der Abbildung nimmt die Wasserstoffzugabe von links nach rechts zu.

KONTAKT

Dr. Kai Ortner
Telefon +49 531 2155-637
kai.ortner@ist.fraunhofer.de