



SPRAYPYROLYSE VON ALUMINIUMOXID ZUR ABSCHIEDUNG VON PASSIVIERUNGSSCHICHTEN AUF WAFERMATERIALIEN

DIE AUFGABE

Für kostengünstige dünne Solarwafer werden alternative Konzepte zur Rückseitenpassivierung der Zellen gesucht. Eine Dünnschichtpassivierung mit Aluminiumoxid hat gegenüber einer konventionellen Passivierung mit einer Siebdruck-Aluminiumpaste den Vorteil, dass sich auch dünnere Zellen bei nachfolgenden Feuerungsschritten in der Zellfertigung nicht verbiegen. Durch einen hohen Anteil an negativen Ladungen in Aluminiumoxidschichten eignet sich das Material besonders für die Feldeffektpassivierung von p-dotierten Siliziumoberflächen.

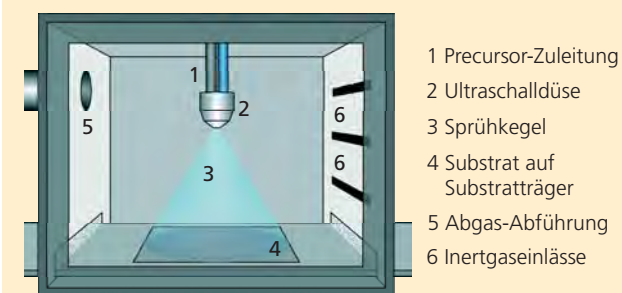
Übliche Verfahren, um qualitativ hochwertiges Aluminiumoxid auf Silizium aufzubringen, sind die Atomlagenabscheidung (ALD) und die plasmagestützte chemische Gasphasenabscheidung (PECVD). Zum Aufbringen von Aluminiumoxidschichten im Nanometerbereich ist ein alternatives Atmosphärendruck-Verfahren zu entwickeln. Im Vordergrund stehen dabei der Einsatz von sicheren, leicht anwendbaren und kostengünstigen Precursoren zur Schichtabscheidung, der Verzicht auf Vakuumkammern, die Skalierbarkeit und die In-line-Fähigkeit des Prozesses. Hohe Abscheideraten sind essentiell, um einen Waferdurchsatz von 3600 Wafer pro Stunde zu erzielen.

UNSERE LÖSUNG

Zur Abscheidung von Aluminiumoxidschichten wird im Fraunhofer IWS Dresden ein Ultraschall-Spraypyrolyse-Verfahren entwickelt. Der Sprühprozess arbeitet bei Atmosphärendruck in Luft oder Stickstoffatmosphäre. Eine

Ultraschalldüse (Frequenz 120 kHz, Durchflussrate 1 ml min⁻¹) vernebelt die Precursorlösung. Das entstehende Aerosol wird durch eine Stickstoffströmung zu einem Hohlkegel geformt und in Richtung des geheizten Substrats gelenkt. Kurz vor dem Substrat geht das Aerosol in die gasförmige Phase über; auf dem Substrat bildet sich durch Gasphasenabscheidung die Aluminiumoxidschicht. Ein Thermoelement bestimmt die Temperatur im beheizten Graphithalter. Die Ultraschalldüse wird mit Hilfe eines 2-Achs-Linearmotorsystems bewegt, um ein homogenes Sprühmuster zu erhalten.

Schema der Beschichtungskammer



2

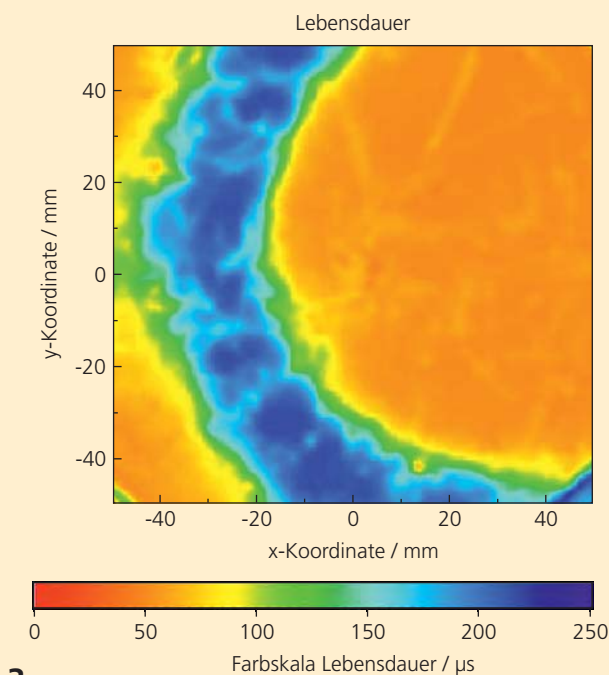
ERGEBNISSE

Getestet wurde eine Precursorlösung bestehend aus Aluminiumacetylacetonat mit Methanol, Diethylglycolmonobutylether und 3 oder 33 % Wasser. Die Schichtabscheidung erfolgte auf 156 mm · 156 mm großen Substraten mit Referenzschichten aus mittels ALD hergestelltem Aluminiumoxid auf der Rückseite.

Zur Evaluierung der Schichtqualität wurden Mikrowellen-detektierte Photoleitfähigkeitsmessungen (MDP) durchgeführt. Diese bestimmen orts aufgelöst die effektive Ladungsträgerlebensdauer (LTLD) in passivierten Cz-Siliziumwafern (p-dotiert, $1 - 5 \Omega \text{ cm}$, Dicke $525 \mu\text{m}$).

Auf Wafern mit gesprühtem Aluminiumoxid auf der Vorderseite wurden effektive Ladungsträgerlebensdauern bis zu $260 \mu\text{s}$ gemessen (Abb. 3). Daraus resultiert eine effektive Oberflächen-Rekombinationsgeschwindigkeit von 113 cm s^{-1} . Diese wird von der gesprühten Aluminiumoxidschicht bestimmt. Da die Substrattemperatur bei der Abscheidung der Schichten bereits $340 \text{ }^\circ\text{C}$ beträgt, ist eine thermische Nachbehandlung der gesprühten Schicht zur Aktivierung der Aluminiumoxidschichten nicht notwendig.

Topogramm der Minoritätsladungsträgerlebensdauer für eine statische Aluminiumoxid-Beschichtung (blauer Kreisring)



Die für die Passivierung optimale Dicke der Aluminiumoxidschicht beträgt ca. $15 - 20 \text{ nm}$. Die Schichtabscheiderate beim Einsatz dieser Precursorlösung liegt mit $16,6 \text{ nm min}^{-1}$ im Bereich der mit PECVD-Verfahren erzielbaren Abscheiderate. Während der Abscheidung werden keine Partikel in die Schicht eingebaut. Die mittlere Rauheit der Schichten beträgt $0,55$ bis $0,59 \text{ nm}$.

Durch die Erhöhung des Wassergehaltes in der Precursorlösung von 3% auf 33% konnte die Passivierungswirkung der mit Sprühpyrolyse aufgetragenen Aluminiumoxidschichten gesteigert werden. Ein hoher Wasseranteil in der Sprühlösung bewirkt danach eine bessere Defektab sättigung durch Wasserstoff an der Grenzfläche $\text{AlO}_x/\text{SiO}_2$ (chemische Passivierung).

Mit dem Verfahren der Spraypyrolyse ist auch die Abscheidung anderer Schichtsysteme wie z.B. transparente leitfähige Schichten (TCO) denkbar.

Die hier vorgestellten Arbeiten erfolgten im Rahmen des Projektes S-PAC - Sächsisches Photovoltaik-Automatisierungscluster - Chemnitz/Dresden (FKZ 03WKBW03C), welches Bestandteil der BMBF-Initiative »Innovative regionale Wachstumskerne« ist.

1 Ultraschalldüse mit Kühlkörper

KONTAKT

Dipl.-Ing. Dorit Linaschke
 Telefon: +49 351 83391-3295
 dorit.linaschke@iws.fraunhofer.de

