



DEFEKTFREIE SILIZIUMOXID-SCHICHTEN FÜR DAS AVOGADRO-PROJEKT

Das Ur-Kilogramm, auf das alle Waagen kalibriert sind, verliert an Gewicht. In einem internationalen Projekt soll daher die Basiseinheit der Masse neu definiert und künftig auf Naturkonstanten bezogen werden. Hierfür wird im sogenannten Avogadro-Experiment bestimmt, wie viele Atome in nahezu perfekten Siliziumkugeln enthalten sind. Am Fraunhofer IST werden Beschichtungsprozesse zur homogenen und uniformen Siliziumoxid-Beschichtung (SiO_2) der Kugeloberfläche durchgeführt, um die Messunsicherheit zu verringern.

Die Neubestimmung der Avogadro-Konstante

Das Kilogramm ist die letzte Größe im internationalen Einheitensystem SI, die durch einen makroskopischen Körper – das Ur-Kilogramm – definiert wird. Alle anderen Einheiten werden bereits auf atomare Prozesse, Molekül-Eigenschaften oder Naturkonstanten zurückgeführt. Gelingt es, die Atome in einem Siliziumkristall der Masse 1 kg mit höchster Präzision zu zählen, kann das materielle Kilogramm zukünftig auch durch eine physikalische Konstante ersetzt werden.

Die Avogadro-Konstante wird in einem weltweiten Projekt bearbeitet. Mehrere metrologische Institute führen dabei die einzelnen benötigten Messungen durch: von der Bestimmung der Kugelmasse, des Kugelvolumens oder der molaren Masse über die Analyse der Gitterparameter und Dichtedifferenzen bis hin zu Untersuchungen von Oxidschichteigenschaften, Wasserschicht und Verunreinigungen.

ALD- SiO_2 -Schicht minimiert Messunsicherheiten

An der Oberfläche der Siliziumkugeln liegt immer eine natürliche Schicht aus SiO_2 vor, die ebenfalls Einfluss auf Masse und Volumen der Kugeln hat. Diese native Schicht wächst

langsam, zum Teil aber sehr ungleichmäßig. Dadurch lässt sich das tatsächliche Gewicht sowohl der Oxidschicht als auch der Kugel sehr schwer messen. Für die Neubestimmung der Avogadro-Konstante wird daher eine alternative, homogene SiO_2 -Beschichtung untersucht, um Messunsicherheiten zu verringern und Volumen und Masse der Kugel präzise bestimmen zu können.

Mithilfe der am Fraunhofer IST verfügbaren Atomlagenabscheidung (ALD, Atomic Layer Deposition) können stöchiometrische SiO_2 -Schichten mit definierter Rauheit und einstellbarer Schichtdicke abgeschieden werden, deren Beschaffenheit den hohen Anforderungen entspricht: Sie sind reproduzierbar und können als extrem dünne Oxidschicht mit homogener Dicke auf der Kugel aufgebracht werden. Potenzielle Verunreinigungen wie Kohlenstoff oder Stickstoff liegen unterhalb der Nachweisgrenze, die Rauheit der Schichten bleibt unter einem Nanometer.

Die Beschichtungen der Siliziumkugeln wurden 2017 beendet. Die Ergebnisse innerhalb des Avogadro-Konsortiums werden im Herbst 2018 auf der Konferenz für Maß und Gewicht vor-

gestellt, spätestens dann soll das Ur-Kilogramm als Standard abgelöst werden. Ende 2017 fanden am Fraunhofer IST weitere Beschichtungen von Siliziumkugeln statt, um den Einfluss unterschiedlicher SiO₂-Schichtdicken näher zu untersuchen.

Ausblick

Die am Fraunhofer IST entwickelten SiO₂-Schichten lassen sich nicht nur auf Kugelsysteme, sondern auf beliebig komplex strukturierte Oberflächen aufbringen. Mögliche zukünftige Einsatzbereiche sind daher vielfältig und reichen von optischen Anwendungen über den Halbleiter- und Elektronikbereich bis hin zur Medizintechnik.

1 *Ein Blick in die Siliziumkugel.*

2 *Vorbereitung und Halterung der Siliziumkugel für den Beschichtungsprozess.*

KONTAKT

Tobias Graumann

Telefon +49 531 2155-780

tobias.graumann@ist.fraunhofer.de