

SCHICHTDESIGN MIT HOCHAKTIVIERTEN METALLPLASMEN

DIE AUFGABE

Die technische Realisierung transparenter Elektroden ist eine Schlüsselfrage bei der Entwicklung von Zukunftstechnologien, so z. B. in der Solartechnik, bei der Entwicklung optoelektronischer Bauelemente oder in der Displaytechnik. Für die Herstellung dieser transparenten Elektroden kommen bisher vorwiegend ausgewählte Keramikschichten (TCO: transparent conductive oxides) zum Einsatz. Allerdings haben diese Materialien eine vergleichsweise geringe Leitfähigkeit, für viele Anwendungen ungünstige mechanische Eigenschaften und einen hohen Herstellungsaufwand.

Grundlegende Innovationen auf diesem Gebiet könnten vielen Bereichen der High-Tech-Branche neue Impulse geben. Als alternative Schichtwerkstoffe kommen z. B. extrem dünne Metallschichten in Frage. Prinzipiell sind damit Leitfähigkeiten erreichbar, die um den Faktor 100 bis 1000 höher sind als bei den gängigen TCO-Materialien. Die Schichten können also entsprechend dünner und damit transparent abgeschieden werden.

Mit herkömmlichen Beschichtungsverfahren, wie z. B. der Bedampfung oder der Sputtertechnik, wachsen dünne Metallschichten jedoch zunächst inselförmig auf, bevor bei einer bestimmten Mindestschichtdicke (Perkolationsschwelle), ein Zusammenwachsen der Inseln eintritt und die Schichten elektrisch leitfähig werden. Dies tritt meist bei Schichtdicken oberhalb von 10 nm auf, bei denen die Transparenz der Schichten bereits deutlich abnimmt. Solche Schichten sind als transparente Elektroden nicht einsetzbar.

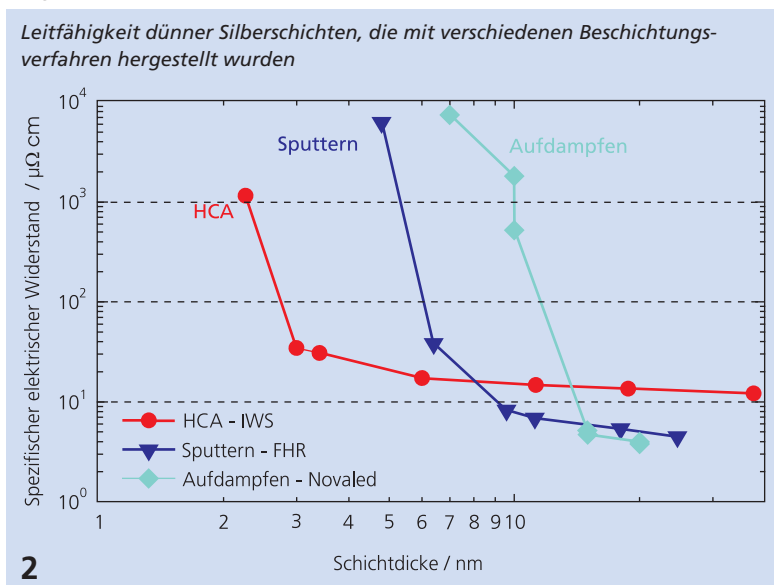
UNSERE LÖSUNG

Mit dem am Fraunhofer IWS entwickelten gepulsten Hochstrombogenverfahren (High Current pulsed Arc - HCA) können Metallplasmen mit extrem hohen Ionisierungsgraden und Ionenenergien erzeugt werden. Schichten, die mit diesem Verfahren hergestellt werden, wachsen nicht inselförmig auf die Substratoberfläche auf, sondern werden in die Oberfläche subplantiert, wodurch extrem dichte und gleichmäßige Strukturen entstehen. Die HCA-Technologie bietet durch die gepulste Betriebsweise eine sehr große Variationsbreite bezüglich der Plasmamaparameter an, die für die Einstellung optimaler Bedingungen für das Schichtwachstum genutzt werden können.

Zur Herstellung transparenter, leitfähiger Schichten, wurde Silber mit der HCA-Technologie auf Glassubstrate aufgebracht und bezüglich der elektrischen Leitfähigkeit und der Transparenz vermessen. Vergleichende Untersuchungen wurden auch mit Schichten gemacht, die bei Projektpartnern mit Sputterverfahren und Aufdampfverfahren hergestellt wurden.

ERGEBNISSE

Im Diagramm sind die Ergebnisse der elektrischen Widerstandsmessungen in Abhängigkeit von der Silberschichtdicke dargestellt.



Deutlich sichtbar sind die unterschiedlichen Perkolations-schwellen für die elektrische Leitfähigkeit bei den unterschiedlichen Beschichtungsverfahren. Während bei aufgedampften Schichten eine signifikante Widerstandsabnahme erst ab ca. 10 nm Dicke eintritt, ist dies bei der Sputtertechnologie schon ab ca. 5 bis 6 nm der Fall. Bei Verwendung der HCA-Technologie erreicht man diesen Effekt bereits zwischen 2 und 3 nm Schichtdicke.

Die mit der HCA-Technologie hergestellten Silberschichten haben eine für viele Anwendungen bereits ausreichende Transparenz und Leitfähigkeit, allerdings ist es Aufgabe laufender Forschungsarbeiten, die Eigenschaften dieser Schichten weiter zu optimieren und sie langfristig als Ergänzung zu bekannten TCO-Materialien am Markt zu etablieren.

1 Hochstrombogenentladungen verschiedener Puls-längen auf einer Metall-kathode. Sichtbar sind die Brennflecken der Ent-ladung, die mit steigender Puls-länge (im Bild von links nach rechts) eine immer größere Fläche abtragen. Mit Hochstromentladungen im Kilo-Ampere-Bereich können hochionisierte Plas-men mit mehrfach gelade-nen Ionen erzeugt werden.

KONTAKT

Dr. Otmar Zimmer
 Telefon: +49 351 83391-3257
 otmar.zimmer@iws.fraunhofer.de

