



Poren in geordneten Positionen

Max-Planck-Wissenschaftler überziehen Aluminium rasch mit einer strukturierten Oxidschicht, die sich für nanotechnologische Anwendungen eignet

Ob Kochgeschirr, Fensterrahmen oder Karosserieteile - Aluminium macht viele Dinge leicht und stabil. Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik in Halle haben jetzt ein neues Verfahren entwickelt, um das Metall mit einem schützenden Oxid-Mantel zu überziehen. Dabei nutzen sie die Vorteile zweier bereits bekannter Verfahren der elektrolytischen Oxidation von Aluminium (Eloxal-Verfahren). Sie geben der Oxidschicht mit der neuen Methode nicht nur eine sehr geordnete Porenstruktur, sondern lassen die Poren auch sehr rasch wachsen. Die herkömmlichen Eloxal-Verfahren liefern entweder geordnete Strukturen oder sind schnell. Der neue Prozess eignet sich, um Produkte der Hochtechnologie wie photonische Kristalle oder gezielt Nanostrukturen herzustellen. (Nature Materials advanced online publication 20. August 2006)

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Telefon: +49 (0)89 2108 - 1276
Telefax: +49 (0)89 2108 - 1207
presse@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

Pressesprecher:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Chef vom Dienst:
Dr. Andreas Trepte (-1238)

ISSN 0170-4656

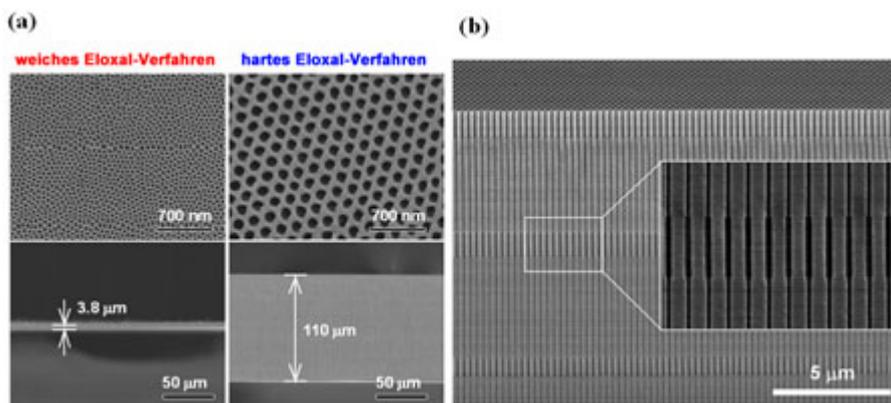


Abb.1: (a) Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Aluminiumoxid. Das weiche Eloxal-Verfahren (MA - linke Spalte) liefert feinere Poren als die harte Anodisierung (HA - rechte Spalte), welche die Hallenser Wissenschaftler entwickelt haben. In der oberen Reihe ist die hexagonale Anordnung der Poren deutlich zu erkennen. Die unteren Aufnahmen des Querschnitts zeigen, wie dick die Membranen sind. (b) Querschnittsaufnahme einer Aluminiumoxid-Membran: Hier haben die Wissenschaftler den Porendurchmesser beeinflusst, indem sie bei der Elektrolyse die Spannung variierten.

Egal wo uns Aluminium im Alltag begegnet, das Metall hat wahrscheinlich immer dasselbe mitgemacht: bis zu einer halben Stunde Elektrolyse bei mehr als 70 Volt in fünf bis zehn prozentiger Schwefelsäure. Die Prozedur macht den Werkstoff hart und imprägniert ihn mit einer Schicht aus Aluminiumoxid. Der Oxidmantel ist zwischen 5 und 25 Mikrometer dick und verhindert, dass weiterer Sauerstoff das Metall zersetzt. Die Methode, die schnell wirkt und preiswert ist, bezeichnen Materialwissenschaftler als hartes Eloxal-Verfahren oder harte Anodisierung (HA).

"Wir haben den HA-Prozess jetzt so abgewandelt, dass wir Oxidschichten mit regelmäßig angeordneten Poren erzeugen", sagt Woo Lee, der maßgeblich dazu beigetragen hat, den Prozess zu entwickeln. Eine geordnete Oxidschicht verspricht viele Anwendungen in der Nanotechnologie, während eine ungeordnete Oxidschicht gerade einmal Fensterrahmen und Karosserien gegen Korrosion imprägnieren kann. "Mit unserem Verfahren können wir auch photonische Kristalle züchten, mit denen die Optoelektronik arbeitet", so Woo Lee. Oder Materialwissenschaftler nutzen solche Strukturen, um darauf geordnet Nanodrähte wachsen zu lassen. "Unsere Methode ist für eine technische Anwendung sehr interessant, weil die Oxidschicht dabei in weniger als einer Stunde auf 50 Mikrometer anwächst", sagt Kornelius Nielsch, der die Arbeitsgruppe leitet, die das neue Verfahren entwickelt hat. So schnell also wie im herkömmlichen HA-Prozess mit Schwefelsäure, der jedoch nur ungeordnete Porenstrukturen liefert.

Damit sich die Poren zu einem regelmäßigen Muster anordnen, füllen die Forscher Oxal- statt Schwefelsäure in die Elektrolysezelle. Dann legen sie für fünf bis zehn Minuten 40 Volt an und fahren die Spannung dann auf über 110 Volt hoch. Da sich die Elektrolysezelle dabei stark aufheizt, haben sie eine spezielle Kühlung entworfen. In einem Prozess, den Physiker als Selbstorganisation bezeichnen, ordnet sich die Poren des Aluminiumoxid in einer hexagonalen Struktur an, die an eine Bienenwabe erinnert. Dabei ist jede Pore regelmäßig von sechs weiteren umgeben.

Unter milderer Bedingungen, vor allem mit sehr viel niedrigerer Spannung, lassen sich solche geordneten Strukturen schon seit ca. 10 Jahren produzieren. Diese weichen Anodisierungs-(MA)-Verfahren brauchen allerdings Tage, um Oxidschichten zu erzeugen, deren Dicke technisch relevant ist. Mit dem neuen Verfahren haben die Wissenschaftler den Prozess nicht nur drastisch beschleunigt. Sie haben auch Poren in einem Abstand von 200 bis 300 Nanometern gezüchtet - das war mit den bereits bekannten Verfahren nicht möglich. Indem sie die Spannung verändern, manipulieren die Wissenschaftler zudem den Durchmesser der Poren: So formen sie Kanälchen, die sich mal um einige Nanometer weiten und dann wieder verjüngen.

Noch ist nicht völlig klar, warum das Aluminiumoxid solche geordneten Strukturen bildet. Fest steht nur: Mit niedriger Spannung zu beginnen, schafft eine wenige Nanometer dicke Schutzschicht, die das System bei hohen Spannungen vor Kurzschlüssen schützt. Auch die Kühlung leistet einen wichtigen Beitrag. Denn die Hitze, die auch im herkömmlichen HA-Prozess frei wird, stört das geordnete Wachstum und reißt die Oxidschicht auf. Doch welche Kraft zwingt das Oxid in die regelmäßige Struktur? "Wir vermuten, dass die hohe Wachstumsrate das Aluminium unter enormen mechanischen Stress setzt, weil es sich dabei im Volumen ausdehnt", sagt Woo Lee: "Diesem Stress weicht das System vermutlich aus, indem sich die Poren so kompakt wie möglich anordnen. Dabei bildet das Aluminiumoxid selbst-organisiert eine Bienenwabenstruktur." Ganz ähnlich, wie sich Bälle in einer Ebene zu einer hexagonalen Struktur anordnen, wenn man sie möglichst dicht zusammenpacken möchte. Zu verstehen, wie sich die geordnete Struktur aus Aluminiumoxid bilden, ist nicht nur von akademischem Interesse: Erst wenn die Wissenschaftler den Prozess verstehen, können sie auch gezielt weitere harte Eloxal-Verfahren mit wesentlich kleineren Poren oder anderen Elektrolyten entwickeln.

[PH]

Originalveröffentlichung:

Woo Lee, Ran Ji, Ulrich Gösele, Kornelius Nielsch

Fast fabrication of long-range ordered porous alumina membranes by hard anodization.

Nature Materials advanced online-publications, 20. August 2006

Kontakt:

Dr. Kornelius Nielsch

[Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle \(Saale\)](#)

Tel.: 0345 5582 902

E-mail: knielsch@mpi-halle.mpg.de

Dr. Woo Lee

[Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle \(Saale\)](#)

Tel.: 0345 5582 929

Fax: 0345 5511 223

E-mail: woolee@mpi-halle.mpg.de