

Nanotechnologie

Manfred Roth, Abteilung Oberflächen- und Füge-technik

Die Nanowelt (nanos = Zwerg/griechisch) mit ihrer Dimension von ein millionstel Millimeter entzieht sich unserem Vorstellungsvermögen. Dennoch ist sie technologisch ausserordentlich bedeutsam. Man kann sich ihr von zwei Seiten her nähern: von oben nach unten, das heisst durch Miniaturisierung, oder von unten nach oben, was den Aufbau von Molekülaggregaten bedeutet.

Derartig kleine Nanogebilde weisen deutlich unterschiedliche physikalische und chemische Eigenschaften auf gegenüber diesen Eigenschaften der grösseren Festkörper. Denn die Materialmerkmale ändern sich massiv, wenn man sich den Nanometer-Dimensionen nähert.

Ein breites Anwendungsfeld für die Nanotechnologie sind dünnste Schichten und Schichtkombinationen mit ausserordentlichen optischen, elektrischen, magnetischen und mechanischen Eigenschaften sowie auch nanoskalige Materialien mit neuartigen Funktionen und spezifischen Effekten. Dazu gehört ebenfalls die Herstellung extrem präziser Oberflächen und nanoskaliger Oberflächenstrukturierungen.

Ein Beispiel für die Miniaturisierung, also die Annäherung von oben nach unten, ist die Entwicklung von nanostrukturierten Hartstoffbeschichtungen für den Verschleisschutz. Seit den Siebzigerjahren werden Schneidwerkzeuge mit Hilfe von plasmagestützten Abscheidungsprozessen aus der Gasphase (CVD) hergestellt; ein bekanntes Beispiel dafür sind goldfarbene Titannitrid-Schichten auf Hochleistungsbohrern. Die an der EMPA entwickelten superharten Schichten zeichnen sich dadurch aus, dass durch Zulegen von Silizium ein Kompositsystem erzeugt wird: Nanokristallines Titannitrid ist in eine Matrix aus amorphem Siliziumnitrid eingebettet. Diese Schichten sind bis 900 Grad Celsius oxidationsbeständig und weisen eine zehnmal geringere Verschleissrate auf im Vergleich zu konventionellen Schichten. Dieses Optimum wird erreicht, wenn die Kristallite rund 5 nm gross sind und ihr Abstand durch die amorphe Phase lediglich 0,5 nm beträgt.

Der zweite Weg, nämlich bei einzelnen Atomen oder Molekülen zu beginnen und von unten nach oben Nanostrukturen mit bestimmten Eigenschaften zu erzeugen, wird an der EMPA ebenfalls erforscht. Das Ziel besteht darin, definierte Molekülstrukturen auf einer metallischen Oberfläche (z.B. Nickel) zu erzeugen. Es handelt sich dabei um Heptahelicene, die alle eine bestimmte Chiralität – in diesem Fall linkshändig – aufweisen. Das Charakterisieren der Schichten erfolgt unter anderem mit einem Tieftemperatur-Rastertunnelmikroskop, in dem die einzelnen Moleküle und damit deren Anordnung abgebildet werden. Derartige Schichten mit einem hohen Ordnungsgrad eignen sich für Anwendungen in der Chemie (stereoselektive Katalyse) oder in der Physik. Chirale organische Schichten sind viel versprechende Kandidaten als Emittierer von zirkular polarisiertem Licht für Anwendungen in der optischen Datenspeicherung sowie für Hintergrundbeleuchtung in Flüssigkristallbildschirmen (LCDs).