



29.3.2003, 15:15

ZnO-Nanostrukturen: Punkte, Ringe und Säulen

**A. Ladenburger^a, M. Haupt^a, A. Reiser^a, X. Cao^a, H. Xu^b,
W. Goedel^b, H. Rauscher^c, A. Waag^a, R. Sauer^a, K. Thonke^a**

^aAbteilung Halbleiterphysik, Universität Ulm

^bAbteilung Organische Chemie III, Universität Ulm

^cAbteilung Oberflächenchemie und Katalyse, Univ. Ulm

Halbleiter-Nanostrukturen aus Zinkoxid mit Größen bis herab zu wenigen Nanometern können in verschiedenen, hoch-parallel arbeitenden selbstorganisierenden Prozessen definiert werden mit der Hilfe von Polymeren. Hierbei kommen sowohl sogenannte „top-down“ als auch „bottom-up“ Verfahren zur endgültigen Strukturierung zum Einsatz.

Die kleinsten Strukturen erhält man unter Verwendung von Mizellen, die sich aus Diblock-Copolymeren in Lösung bilden¹. Wir verwenden z.B. Polystyrol-Poly(2-Vinylpyridin)-Ketten mit typischen Teilblock-Längen von 1000 und 400 Einheiten, die Mizellen mit ca. 10 nm Durchmesser bilden. Diese Mizellen werden mit Salzen wie ZnCl₂ oder CdCl₂ beladen. Im Tauchverfahren bringt man geordnete Monoschichten dieser Mizellen auf Substrate wie z.B. Silizium oder Saphir auf. Eine Behandlung im Sauerstoffplasma beseitigt in einem Schritt das Polymer und wandelt die Metallsalze in Metalloxide um. Hiermit entstehen (Zn,Cd)O-Nanokristalle mit einem Durchmesser von ca. 8 nm und Abstand von 80 nm.

Alternativ kann man mittels der Mizellen und Goldsalzen zuerst Goldpunkte auf einem ZnO-Substrat erzeugen, die man dann als Ätzmasken in einem stark anisotropen Ätzprozess verwendet. Hiermit wird ein „top-down“-Weg zur Herstellung von Säulen mit sehr kleinem Durchmesser eröffnet. Im „bottom-up“-Verfahren kommen die Goldpunkte als geordnete Nano-Katalysatoren zum Einsatz. Auf Saphir-Substraten erlauben sie das Wachstum von sehr hohen ZnO-Säulen mit dem „vapour liquid solid“-Verfahren. Die Säulen, die gemäß ihren Photolumineszenzspektren eine sehr hohe Materialgüte haben, werden in Durchmesser und Ort von den Au-Punkten kontrolliert.

Etwas größere Strukturen mit typischen Durchmessern von 200 nm erhält man mit nanoporösen Masken². Hierzu werden präparierte Kolloidteilchen mit Monomeren auf Wasser aufgebracht. Deren hexagonal dicht gepackte Anordnung wird nach Polymerisation fixiert, und die Kolloidteilchen entfernt. Die resultierende nanoporöse Maske dient einerseits als Schablone zur Bildung von (Zn,Cd)O-Ringen: (Zn,Cd)-Salze werden eingefüllt, die selektiv die Wand benetzen. In einem Sauerstoffplasma werden sie in mikrokristallines (Zn,Cd)O umgewandelt, wobei gleichzeitig das Polymer entfernt wird. Nach Ausheilen zeigen die Ringe die typische ZnO-Bandkanten-Photolumineszenz. Andererseits können die nanoporösen Masken mit Metallen bedampft werden, die nach Entfernen der Maske an den Positionen der Löcher Nano-Metallscheiben hinterlassen. Diese können wieder zur Säulenherstellung per anisotropen Ätzprozessen dienen, aber auch als geordnete Katalysatoren Verwendung finden.

¹ Ref.: J. Spatz, Th. Herzog, St. Mössmer, P. Ziemann, M. Möller, ACS Symp. Ser. 706, 12 (1997)

² H. Xu, W. A. Gödel, Langmuir **19**, 4950 (2003)