

## Medienmitteilung

Dübendorf, St. Gallen, Thun, 17. Juni 2010

**Verfahren zur Herstellung nanoelektronischer «Minischaltkreise» entwickelt**

### **Nanodrähte für die (Opto-)Elektronik der Zukunft**

**Am Anfang stand eine Machbarkeitsstudie zur Herstellung farbig fluoreszierender Dünnschichten für optische Sicherheitsanwendungen. Daraus wurde ein EU-Projekt zur Entwicklung neuartiger Gassensoren. Inzwischen ist es Empa-Forschern und -Forscherinnen gelungen, komplexe organische Nanodrähte zu synthetisieren und leitend miteinander zu verbinden, ein erster Schritt zum Bau künftiger elektronischer und optoelektronischer Bauteile.**

Organische Halbleiter sind viel versprechende Kandidaten für die Herstellung billiger, grossflächiger und flexibler optischer und mikro- bis nanoelektronischer Bauteile wie Transistoren, Dioden, und Sensoren. Vorausgesetzt es gelingt, die Komponenten elektrisch leitend miteinander zu verbinden, sie also in Schaltkreise einzubinden. Empa-Forscher und -Forscherinnen haben ein neues Verfahren entwickelt, mit dem sich einfache Netzwerke aus organischen Nanodrähten herstellen lassen.

#### **Der Ursprung: das EU-Projekt «PHODYE»**

Nachdem der spanische Physiker Angel Barranco nach einem dreijährigen Forschungsaufenthalt an der Empa nach Valencia zurückgekehrt war, initiierte er das EU-Projekt «PHODYE» – unter anderem mit seinen ehemaligen Empa-KollegInnen. Ziel ist, hoch sensible optische Gassensoren zu entwickeln, beispielsweise um Strassenverkehrsemissionen zu überwachen oder um Laborpersonal sowie Bergwerkerarbeiter frühzeitig vor Giftstoffen zu warnen. Die Sensoren basieren auf fluoreszierenden Dünnschichten, die beim Kontakt mit bestimmten Gasmolekülen Farbe und Fluoreszenz ändern.

«Uns schwebte zunächst eine Art elektronischer Schlüssel für Sicherheitsanwendungen vor, der nur auf bestimmte optische Bedingungen reagiert», erklärt der Empa-Physiker Pierangelo Gröning. Hierfür waren transparente, stark fluoreszierende Dünnschichten gefragt. Deswegen entwickelten Gröning und Barranco ein Plasmaabscheidungsverfahren, um fluoreszierende Farbstoffmoleküle wie Metallo-Porphyrine, Perylene und Phthalocyanine unversehrt und in hoher Konzentration in SiO<sub>2</sub>- oder TiO<sub>2</sub>-Schichten einzulagern.

Schnell zeigte sich: Lagern sich bestimmte Gasmoleküle an die Farbstoffteilchen in den Dünnschichten an, fluoreszieren diese Teilchen in einer anderen Wellenlänge, das heisst in einer anderen Farbe, und die Dünnschicht ändert dadurch ihre Farbe. Kommen verschiedene Farbstoffe zum Einsatz, lassen sich unterschiedliche, für den Menschen gefährliche Gase bereits in kleinsten Mengen detektieren.

## **Überraschend vielseitig einsetzbar**

Für viele Sensoranwendungen ist allerdings auch ein möglichst schnelles Ansprechverhalten wichtig – was sich mit kompakten Plasmafarbschichten kaum erfüllen lässt. Anders mit möglichst offenporigen Schichten – etwa in Form eines «Teppichflors» im Nanomassstab –, von denen sich die WissenschaftlerInnen zudem weitere Vorteile erhofften: Durch sie erhöht sich die Adsorptionsfläche für die nachzuweisenden Gasmoleküle, und die Diffusionswege verkürzen sich; dadurch sollte der Sensor deutlich schneller reagieren. Die Physikerin Ana Borrás entwickelte daraufhin ein neues Vakuumdepositionsverfahren zur Synthese organischer Nanodrähte.

Inzwischen können die Empa-Forschenden sogar – je nach Ausgangsmolekül und Versuchsbedingungen – Nanodrähte mit den unterschiedlichsten Eigenschaften herstellen. Nanodrähte aus Metallo-Phthalocyanin-Molekülen weisen etwa einen Durchmesser von lediglich 10 bis 50 Nanometer und eine Länge von bis zu 100 Mikrometer auf. Das Besondere und Unerwartete am neuen Verfahren: Bei genauer Kontrolle von Substrattemperatur, Molekülfluss und Substratvorbehandlung zeigen die organischen Nanodrähte über ihre gesamte Länge einen bislang unerreichten perfekten monokristallinen Aufbau.

Schon nach den ersten elektronenmikroskopischen Untersuchungen war Gröning klar, dass das neue Verfahren nicht nur Nanodrähte für die beabsichtigten Gassensoren liefert, sondern auch komplexe «Nanodraht-Schaltkreise» für (opto-)elektronische Anwendungen wie Solarzellen, Transistoren und Dioden ermöglicht. Denn verschiedenartige Nanodrähte können miteinander beliebig zu Netzwerken mit den unterschiedlichsten Eigenschaften kombiniert werden, wie Gröning & Co. unter anderem in der Fachzeitschrift «Advanced Materials» berichteten.

Der Trick dabei: Die auf der Oberfläche gewachsenen Nanodrähte werden in einem zweiten Schritt durch ein Sputter-Beschichtungsverfahren mit Silber-Nanopartikeln «dekoriert»; ein Target – in diesem Fall ein Silberfestkörper – wird mit energiereichen Ionen beschossen, wodurch sich Silberatome herauslösen, in die Gasphase übergehen und auf den Nanodrähten ablagern. Und darauf kann das Empa-Team in einem letzten Schritt weitere Nanodrähte wachsen lassen – die mit dem Ursprungsdraht via Silberpartikel erst noch elektrisch leitend verbunden sind: die Grundstruktur eines verzweigten Schaltkreises im Nanomassstab.

## **Der erste Schritt von der Mikro- zur Nanoelektronik**

Erste Leitfähigkeitsmessungen in einem speziellen 4-Spitzen-Rastertunnelmikroskop im Ultrahochvakuum haben selbst die kühnsten Erwartungen übertroffen: Das Material besitzt eine aussergewöhnlich hohe Qualität. «Das eröffnet uns die Möglichkeit, bald auch organisches Material als Halbleiter herzustellen», ist Gröning zuversichtlich. «Und dies erst noch mit einem einfachen und günstigen Verfahren.» Inzwischen gelingt es den ForscherInnen, immer komplexere Nano-Drahtstrukturen zu synthetisieren und diese mit viel Geschick und Fingerspitzengefühl zu verbinden.

Zum Beispiel Nanodrähte, die abschnittsweise aus unterschiedlichen Ausgangsmolekülen bestehen. Verwendet man dabei Moleküle, die entweder nur positive oder nur negative Ladungen transportieren können, entsteht eine Diode, die den Strom nur in eine Richtung «durchlässt». Gut möglich, spekuliert Gröning, dass daraus eines Tages Bauteile für die Nanoelektronik und Nanophotonik entstehen.

### Literaturhinweis

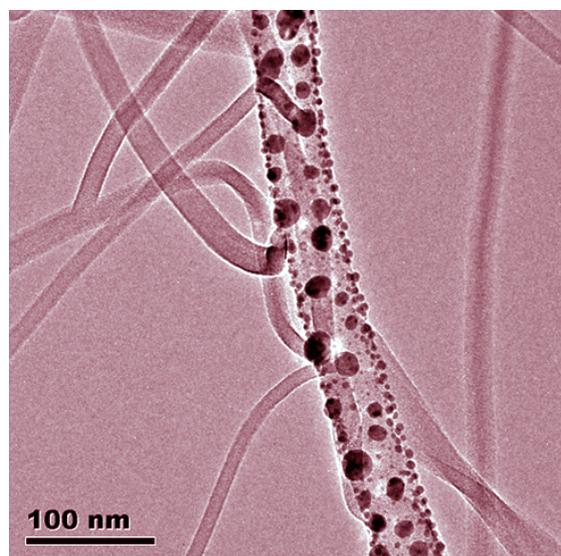
A. Borrás, O. Gröning, J. Köble, P. Gröning: *Organic Nanowires: Connecting Organic Nanowires*, *Advanced Materials*, vol. 21, issue 47, pp. 4816 – 4819; DOI: 10.1002/adma.200901724

### Weitere Informationen

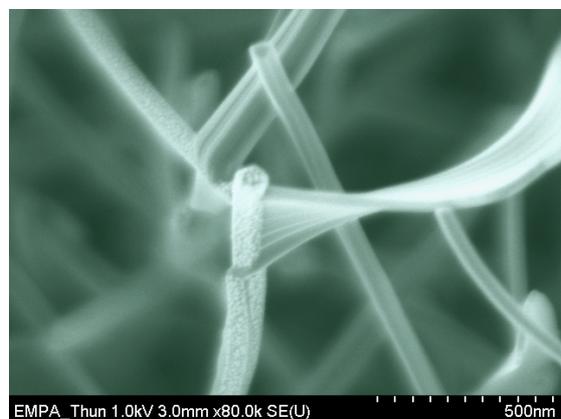
Dr. Pierangelo Gröning, nanotech@surfaces, Tel. +41 44 823 40 04 / +41 33 228 52 15,  
[pierangelo.groening@empa.ch](mailto:pierangelo.groening@empa.ch)

### Redaktion / Medienkontakt

Dr. Michael Hagmann, Kommunikation, Tel. +41 44 823 45 92, [redaktion@empa.ch](mailto:redaktion@empa.ch)



Unter dem Transmissionselektronenmikroskop (TEM): mehrere Kobalt-Phthalocyanin-Nanodrähte, die auf einem mit Silberpartikeln belegtem Eisen-Phthalocyanin-Nanodraht gewachsen sind.



Unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM): Palladium-Octaethyl-Porphyrin-Nanolamellen und -Nanodrähte, die auf mit Silberpartikeln belegten Perylen-Nanodrähten gewachsen sind.

Die Bilder in druckgeeigneter Auflösung und der elektronische Text können bezogen werden bei [redaktion@empa.ch](mailto:redaktion@empa.ch)