



UNIVERSITÄT JENA/JENS MEYER

Am Institut für Festkörperphysik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena werden verschiedene Typen von Nanodrähten entwickelt.

Hoffnungsträger der Optoelektronik

Nanodrähte könnten zur Schnittstelle von elektrischen und Lichtsignalen werden und damit Computer beflügeln

DIRK EIDEMÜLLER

Künftig soll die Elektronik mithilfe von Lichtsignalen blitzschnell werden. Winzige Nanodrähte sollen integrierte optoelektronische Komponenten möglich machen. Dazu wird gegenwärtig ihr mitunter überraschendes Lumineszenzverhalten untersucht.

Nanodrähte zählen zu den spannendsten Kandidaten für neuartige Elektronik. Genau genommen müsste es Optoelektronik heißen: Denn herkömmliche elektronische Bauteile geraten langsam an physikalische Grenzen. Künftig sollen Lichtsignale deshalb nicht nur für die Langstreckenübertragung von Daten sorgen – wie bereits über die Glasfaserkabel im globalen Internet. Lichtpulse sollen auch die Computer selbst beflügeln, da sie extrem schnell getaktet werden können. Dafür braucht es aber auch entsprechend schnelle optoelektronische Komponenten, die elektrische in Lichtsignale umwandeln und umgekehrt.

Und genau hier kommen Nanodrähte ins Spiel. Dies sind extrem dünne Drähte, die mit speziellen Prozessen auf einem Substrat zum Wachsen gebracht werden. »Typischerweise nutzt man Nanodrähte, deren Durchmesser im Bereich der Wellenlänge von Licht liegt, also 50 bis 500 Nanometer«, sagt Carsten Ronning, Professor für Festkörperphysik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter. Solche Nanodrähte sind also rund tausendfach dünner als ein Haar. Gleichzeitig sind sie etwa so lang, wie ein Haar dick ist. Man kann sie nur unter speziellen Mikroskopen beobachten.

Nanodrähte weisen besondere Eigenschaften auf: Da sie ähnliche Dimensionen haben wie die Wellenlänge von Licht, können sie besonders gut mit Lichtwellen interagieren. »Das ist technologisch sehr interessant, denn damit kann man winzige Laser bauen oder etwa auf einem sogenannten optoelektronischen Chip elektrische und Lichtsignale gleichzeitig nutzen«, so Ronning. Noch handelt es sich hier um Grundlagenforschung – ein sehr lohnens-

wertes Ziel sind jedoch stromsparende und sehr schnelle Chips.

Die Forscher aus Jena arbeiten schon lange an verschiedenen Typen von Nanodrähten. »Für unsere neuen Versuche, die die Doktoranden an meinem Institut durchgeführt haben, haben wir Nanodrähte aus Zinkoxid genutzt«, erklärt Ronning. Das ist ein Halbleiter – also ein Material, das Strom nicht einfach so leitet wie ein Metall, das aber dennoch kein Isolator ist. Halbleiter werden für viele Zwecke in der Elektronik und in optischen Systemen genutzt, etwa in LEDs oder in Solarzellen.

Implantation von Fremdatomen

Um die elektronischen Eigenschaften von Halbleitern maßzuschneidern, fügt man üblicherweise Fremdatome in ihr Kristallgitter ein. Das hat das Forschungsteam mithilfe eines speziellen Geräts bewerkstelligt, eines sogenannten Ionenbeschleunigers. »Mit unserem Gerät können wir Atome aus dem gesamten Periodensystem beschleunigen und in ein beliebiges anderes Material hineinschießen – auch in die Nanodrähte, die wir vorher mit chemischer Gasphasenabscheidung gewachsen und die wir anschließend auf ein Substrat aufgebracht haben«, so Ronning. In diesem Fall haben die Wissenschaftler Kobalt-Atome in die Zinkoxid-Nanodrähte implantiert. »Kobalt haben wir deshalb genommen, weil es als Leuchtzentrum in diesem Halbleiter fungieren kann«, sagt der Forscher. Wenn man die Kobalt-Atome etwa mit Röntgenstrahlung anregt, dann fangen sie an, im sichtbaren Licht zu leuchten.

Um dieses – Lumineszenz genannte – Leuchtverhalten genauer zu untersuchen, reichen herkömmliche Röntgenquellen aber nicht aus. »Wir versuchen, mit unserer Grundlagenforschung überhaupt erst einmal das Zusammenspiel der implantierten Atome mit den Nanodrähten und mit externen Energiequellen wie Röntgenstrahlung zu verstehen«, so Ronning. Nun verteilen sich die Kobalt-Atome nicht gleichmäßig in den Nanodrähten, sondern bilden unterschiedliche dichte Gruppierungen. Deshalb braucht man einen extrem scharfen und gleichzeitig intensiven Rönt-

genstrahl, mit dem man solche Nanodrähte schrittweise abrastern kann. Die derzeit beste Röntgenquelle auf der Welt, die diese Kriterien erfüllt, ist das Synchrotron ESRF in Grenoble.

Überraschende Lumineszenz

Die Ergebnisse der Analyse mit dem ESRF waren – wie das in der Grundlagenforschung manchmal so ist – für die Beteiligten eine ziemliche Überraschung. Denn die Röntgenpulse am ESRF sind nicht nur extrem brillant, sondern auch sehr kurz, sodass sich eine sehr hohe Zeitauflösung erzielen lässt. Bei den Kobalt-Leuchtzentren konnte das Team nun zwei unterschiedliche Abklingzeiten messen: eine längere von acht Nanosekunden und eine kurze von nur einer Nanosekunde – also nur eine Milliardstelsekunde.

»Die längere Abklingzeit von acht Nanosekunden war von diesem Material bereits bekannt«, sagt Ronning. Die kurze von nur einer Nanosekunde ist aber ein völlig überraschendes Lumineszenzverhalten. Dabei war es das ursprüngliche Ziel der Forschungsarbeit, die ganze komplexe Messapparatur überhaupt erst einmal zu entwickeln, aufzubauen und mit diesem Material zu testen. »Deswegen waren wir natürlich sehr positiv überrascht, dass wir damit diesem Materialsystem gleich neue Geheimnisse entlocken konnten«, sagt Ronning.

Das Messergebnis war theoretisch gar nicht vorhergesagt. »Unsere Vermutung ist es, dass die kurze Abklingzeit dadurch zustande kommt, dass die Kobalt-Atome im Material direkt angeregt werden«, erklärt Ronning. Normalerweise wird das Gesamtmaterial angeregt, und erst die Wechselwirkung – etwa durch Energietransferprozesse – des Halbleiters mit dem Lumineszenzfarbstoff führt dann zum Leuchten.

Anscheinend lassen sich die Leuchtzentren aber auch direkt anregen. »Ob und wie sich das technologisch verwerten lässt, können wir derzeit aber noch überhaupt nicht sagen«, so der Wissenschaftler. Aber da der Messaufbau so gut funktioniert, will das Team damit nun auch zahlreiche andere Materialien untersuchen.