

28.05.2009 | Seite 1/3

Supraleitende Chips – reine Zukunftsmusik?

Die meisten chemischen Elemente werden supraleitend, wenn man sie stark abkühlt bzw. hohem Druck aussetzt, doch gibt es immer noch einige unbekannte „Inseln“ im Periodensystem der Elemente. So verweigerten sich bisher Kupfer, Silber und Gold ebenso dem Zustand der Supraleitung wie Germanium. Hier waren nun Wissenschaftler im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) erfolgreich, indem sie erstmalig den supraleitenden Halbleiter Germanium erzeugten. In einer sorgfältigen Experimentreihe entschlüsselten sie zudem einige der Rätsel, die die Supraleitung bei Halbleitern immer noch umgeben. Die Ergebnisse erschienen jetzt in der Fachzeitschrift „Physical Review Letters“, wobei der Herausgeber den Artikel als besonders lesenswert einstufte („editor’s choice“).

Supraleiter sind Stoffe, die elektrischen Strom verlustfrei leiten können, also ihren elektrischen Widerstand verlieren, wenn sie stark abgekühlt werden. Reine Halbleiter wie Germanium oder Silizium leiten bei tiefen Temperaturen kaum Strom, sie werden erst durch die Verunreinigung mit fremden Atomen gut leitend. Das Einschleusen der fremden Atome geschieht in der Chipindustrie ebenso wie in der Forschung beispielsweise mit Hilfe der Ionen-Implantation (Ionen sind geladene Atome), wodurch fremde Ionen in das Kristallgitter des Halbleiters eingebracht werden. Um jedoch einen supraleitenden Halbleiter zu erzeugen, muss man ihn mit extrem vielen Fremdatomen dotieren, weit mehr, als der Stoff gewöhnlich aufnehmen würde. Immerhin schießen die Rossendorfer Forscher rund sechs Atome Gallium pro 100 Atome Germanium in die Probe hinein. Sie konnten in ihren Experimenten nun schlüssig nachweisen, dass tatsächlich die dotierte, nur sechzig Nanometer dünne Halbleiter-Schicht supraleitend wird und nicht etwa die Cluster aus den Fremdatomen, die sich bei der extremen Dotierung leicht bilden könnten.

Durch die Ionen-Implantation wird das Kristallgitter des Germaniums stark gestört, so dass es anschließend wieder repariert werden muss. Hierfür steht im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf eine spezielle Anlage zur Ausheilung der Schäden zur Verfügung. Die dort entwickelte Blitzlampen-Anlage erhitzt mit kurzen Lichtblitzen von drei Millisekunden nur die Oberfläche des behandelten Germaniums, was die Schäden im Kristallgitter beseitigt, ohne jedoch die Verteilung der Fremdatome wesentlich zu verändern.

Wissenschaftlich betrachtet ist das neue Material äußerst spannend. So zeigt es ein überraschend hohes kritisches Magnetfeld im Vergleich zur Temperatur, in der die Supraleitung einsetzt. Der Effekt der Supraleitung tritt bei vielen Materialien nur bei sehr tiefen Temperaturen kurz über dem absoluten Nullpunkt (-273 Grad Celsius oder 0 Kelvin) auf. Das mit Gallium dotierte Germanium etwa wird bei rund 0,5 Kelvin supraleitend, allerdings lässt sich durch die Veränderung verschiedener Parameter während der Ionen-Implantation und Ausheilung die Übergangstemperatur noch erhöhen.

Physiker träumten schon lange von supraleitenden Halbleiter-Materialien. Dabei gaben sie dem Halbleiter Germanium nur geringe Chancen, überhaupt supraleitfähig zu werden. Germanium ist das Halbleitermaterial der ersten Transistor-Generation, bevor es vom Silizium abgelöst wurde. Neuerdings wächst das Interesse an diesem „alten“ Halbleiter wieder stark an, da mit ihm viel schnellere Schaltkreise gebaut werden können als mit Silizium. Experten rechnen derzeit sogar mit einer Renaissance des Germaniums, da die Miniaturisierung in der Mikroelektronik-Industrie bei Silizium an ihre Grenzen stößt. Das liegt u. a. daran, dass man heute sehr dünne Oxidschichten auf den Chips benötigt, die man besonders fein strukturieren möchte - das funktioniert bei Siliziumoxid nicht mehr. Germanium als wiederentdecktes Grundmaterial für Chips hätte den großen Vorteil, dass es schnellere Prozesse erlauben und zugleich zu einer weiteren Miniaturisierung in der Mikro- und Nano-Elektronik führen würde. Mit supraleitendem Germanium könnten dann in Zukunft vielleicht Schaltkreise für neuartige Computer realisiert werden.

Im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf wurde ganz gezielt nach einem supraleitenden Halbleiter gesucht. Statt mit Bor zu dotieren, was vor gut zwei Jahren in Frankreich zum supraleitenden Silizium führte, wählten die Forscher Gallium wegen der besseren Löslichkeit im Germanium aus. Auch bei den Untersuchungen gingen die Wissenschaftler gezielt vor. Ihre vielen Experimente belegen, dass der Halbleiter Germanium reproduzierbar supraleitend wird und dass auch die Sprungtemperatur, bei der die Supraleitfähigkeit einsetzt, in gewissen Grenzen erhöht werden kann. Die gebündelte Expertise im Ionenstrahlzentrum sowie im Hochfeld-Magnetlabor Dresden des FZD erlaubt ein „Fine-Tuning“ der Parameter für weitere Experimente (z.B. Energie und Winkel beim Ionen-Beschuss oder Temperatur und Dauer des Blitzlampen-Ausheilens) und so will man die Untersuchungen fortführen, um noch weitere Rätsel der supraleitenden Halbleiter zu entdecken.

Veröffentlichung:

T. Herrmannsdörfer, V. Heera, O. Ignatchik, M. Uhlarz, A. Mücklich, M. Posselt, H. Reuther, B. Schmidt, K.-H. Heinig, W. Skorupa, M. Voelskow, C. Wündisch, R. Skrotzki, M. Helm, J. Wosnitza, „Superconducting state in a gallium-doped germanium layer at low temperatures“, in: Physical Review Letters, Volume 102, Number 21, page 217003 (2009), doi: 10.1103/PhysRevLett.102.217003
 URL: <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.102.217003>

Bildunterschrift:

Animation der Implantation von Germanium-Wafern mit Gallium-Ionen (symbolisch blau), gefolgt von der Ausheilung von Gitterdefekten durch kurze intensive Lichtblitze und schließlich Beobachtung der Supraleitung bei tiefen Temperaturen. Die Supraleitung wird, anders als in Normalleitern, durch schwach gebundene Elektronenpaare bzw. Elektronen-Lochpaare mit antiparalleler Impuls- und Eigendrehimpuls-Orientierung hervorgerufen (symbolisch rot).

Weitere Informationen:

Dr. Thomas Herrmannsdörfer
 Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden des FZD
 Tel.: 0351 260 - 3320
 Email: t.herrmannsdoerfer@fzd.de

Dr. Viton Heera
 Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung des FZD
 Tel.: 0351 260 - 3343 oder - 2748
 Email: v.heera@fzd.de

Pressekontakt:

Dr. Christine Bohnet
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit im FZD
Bautzner Landstr. 400, 01328 Dresden
Tel.: 0351 260 - 2450 oder 0160 969 288 56
Email: presse@fzd.de

Information:

Das Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) hat das Ziel, strategisch und langfristig ausgerichtete Spitzenforschung in politisch und gesellschaftlich relevanten Forschungsthemen wie Energie, Gesundheit und Schlüsseltechnologien zu leisten. Folgende Fragestellungen stehen dabei im Mittelpunkt:

- Wie verhält sich Materie unter dem Einfluss hoher Felder und in kleinsten Dimensionen?
- Wie können Tumorerkrankungen frühzeitig erkannt und wirksam behandelt werden?
- Wie schützt man Mensch und Umwelt vor technischen Risiken?

Diese Fragestellungen werden in strategischen Kooperationen mit Forschungs- und Industriepartnern bearbeitet. Ein weiterer Schwerpunkt ist der Betrieb von sechs einmaligen Großgeräten, die auch externen Nutzern zur Verfügung stehen.

Das FZD wird von Bund und Land gefördert und beschäftigt rund 750 Personen. Bei der Auswahl neuer Mitarbeiter stehen Qualität und Internationalität an erster Stelle. Die Ausbildung von wissenschaftlichem und technischem Nachwuchs erfolgt auf hohem Niveau und in enger Zusammenarbeit mit den Hochschulen. Auf die Vereinbarkeit von Familie und Beruf achtet das FZD in besonderem Maße.