

Universität Hamburg, Jungiusstr. 11, 20355 Hamburg

Sonderforschungsbereich 668 und
Landesexzellenzcluster "NANOSPINTRONICS"
Institut für Angewandte Physik
Universität Hamburg
Jungiusstr. 11
20355 Hamburg
Heiko Fuchs
Öffentlichkeitsarbeit
Tel.: (0 40) 428 38 – 69 59
Fax: (0 40) 428 38 – 24 09
hfuchs@physnet.uni-hamburg.de

Pressemitteilung

Hamburg, 28.04.2010

Abbildung und Manipulation atomarer Spins Neue Möglichkeiten für zukünftige Computertechnologie

Wie die renommierte britische Fachzeitschrift "Nature Nanotechnology" berichtet, hat ein internationales Forscherteam an der Universität Hamburg mit einem Rastertunnelmikroskop eine Kette von Kobaltatomen gebaut und deren magnetische Eigenschaften untersucht. Die spinsensitiven Messungen („Spins“ - magnetische Momente von Elektronen) zeigen überraschenderweise, dass die beobachtete Form der Atome von deren magnetischer Orientierung abhängt – ein Effekt der von Forschern der Kieler Universität erklärt werden konnte. Diese Arbeit ist die erste weltweit, die Spinsensitivität mit der Technik der Atommanipulation kombiniert, und eröffnet so neue Möglichkeiten den Magnetismus künstlich hergestellten atomarer Strukturen zu untersuchen.

Der Magnetismus gehört zu den ältesten bekannten physikalischen Phänomenen und ist dennoch eines der aktuell spannendsten Forschungsgebiete. Neue Messtechniken erlauben dabei einen Einblick in die grundlegenden Wechselwirkungen, die die Eigenschaften magnetischer Strukturen auf der atomaren Skala bestimmen. Die treibende Kraft ist dabei der Wunsch nach höheren Speicherdichten auf Computerfestplatten und die damit einhergehende Miniaturisierung der schreib- und lesbaren Informationseinheiten.

Das digitale Alphabet besteht nur aus zwei Zeichen, „0“ und „1“, und ist daher ideal zur magnetischen Kodierung in Nord- und Südpol geeignet. Auf aktuellen Festplatten kann man sich die kleinsten Dateneinheiten – die Bits – wie winzige Kompassnadeln vorstellen: je nachdem, ob die Magnetisierungsrichtung nach Norden oder Süden zeigt, können Datenbits die Werte „0“ oder „1“ annehmen. Der Schreib-Lese-Kopf einer Festplatte kann die Bits beliebig auf Nord- oder Südpol ausrichten oder deren Ausrichtung einfach abfragen.

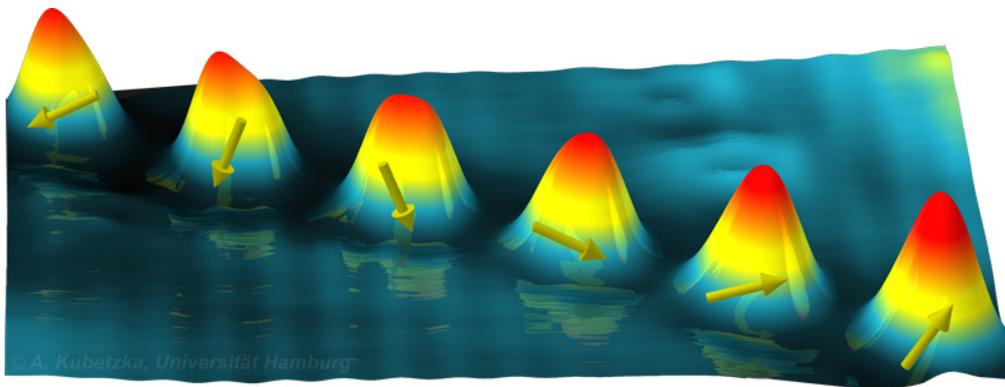
Das ultimative Ziel ist die Speicherung eines Bits als Magnetisierungsrichtung eines einzelnen Atoms. Bei dieser Miniaturisierung bestehen jedoch zwei Grundprobleme: i. Die Energiebarriere zwischen den Zuständen „0“ und „1“ nimmt mit der Strukturgröße ab, so dass thermische Fluktuationen zu Datenverlust führen können. ii. Die magnetischen Eigenschaften atomarer Strukturen lassen sich kaum vorhersagen: Ein einzelnes magnetisches Atom verhält sich eben nicht wie der Magnet, der eine Notiz am Kühlschrank festhält.

Bei den in Hamburg durchgeführten Experimenten wurden Kobaltatome auf eine Manganoberfläche aufgebracht. Die Manganatome ordnen sich magnetisch in Form einer Spirale. Diese Oberfläche wurde aus zwei Gründen gewählt: i. Thermische Fluktuationen der magnetischen Momente („Spins“) der Kobaltatome werden durch die sogenannte Austauschkopplung unterbunden und ii. die Kobaltatome haben, durch die Manganoberfläche vorgegebene, ortsabhängig variierende Spinrichtungen, was eine systematische Untersuchung ermöglicht. Als Messtechnik wurde spinpolarisierte Rastertunnelmikroskopie (SP-RTM) eingesetzt. Dabei tastet eine magnetische Spitze in einem Abstand

von einigen Zehntel Nanometern einen Oberflächenbereich ab. Der gemessene Tunnelstrom ermöglicht ein Abbild der Elektronendichte und der lokalen Spinrichtung mit extrem hoher Ortsauflösung.

Überraschenderweise ist nicht nur die gemessene Höhe der Kobaltatome sondern auch deren Form im SP-RTM Bild von der Spinrichtung abhängig. Mit Hilfe von parameterfreien Elektronenstrukturrechnungen konnten theoretische Physiker der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zeigen, dass hierfür spinabhängige orbitale Symmetrien der Kobaltelektronen verantwortlich sind. Dies hat zur Folge, dass jeder Spinrichtung eine spezifische Form zugeordnet werden kann und daher pro Atom im Prinzip mehr als nur ein Bit auslesbar ist. Durch Expertise in atomarer Manipulation, die im Rahmen einer Gastprofessur aus Ohio (USA) nach Hamburg gebracht wurde, konnte man experimentell noch einen Schritt weiter gehen: Die Kobaltatome können mit der Spitze eines Rastertunnelmikroskops beliebig positioniert werden und richten ihren Spin jeweils parallel zu den nächsten Nachbaratomen der Manganoberfläche aus. Dadurch kann die Spin-Richtung einzelner Atome gezielt eingestellt werden.

Die in dieser Arbeit erstmals demonstrierte Kombination von Spinsensitivität und atomarer Manipulation eröffnet neue Perspektiven bei der Herstellung und Charakterisierung atomarer magnetischer Strukturen.



Die Abbildung zeigt eine durch laterale Manipulation mit der Tunnelspitze hergestellte Kette aus sechs Kobaltatomen. Die einzelnen Kobaltatome koppeln magnetisch parallel zu den nächsten Manganatomen des Substrats. Die mit einer magnetischen Spitze gemessene Form der Atome hängt von deren Spinrichtung (Pfeile) ab, die sich von Atom zu Atom um etwa 42° ändert. Das Experiment wurde im Ultrahochvakuum bei $T=10$ Kelvin durchgeführt. (Bildbereich: etwa $8\text{ nm} \times 5\text{ nm}$).
Bildnachweis: A. Kubetzka, SFB 668, Universität Hamburg

Weitere Informationen:

D. Serrate, P. Ferriani, Y. Yoshida, S.-W. Hla, M. Menzel, K. von Bergmann, S. Heinze, A. Kubetzka and R. Wiesendanger
Imaging and Manipulating the Spin Direction of Individual Atoms, Nature Nanotechnology, online Veröffentlichung:
25 April 2010, DOI: 10.1038/NNANO.2010.64

Für Rückfragen:

Dipl.-Chem. Heiko Fuchs
Universität Hamburg
Institut für Angewandte Physik
Sonderforschungsbereich 668
Tel: (0 40) / 42838 - 69 59
E-Mail: hfuchs@physnet.uni-hamburg.de
URL: <http://www.sfb668.de>

Claudia Eulitz
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Stabsstelle Presse und Kommunikation
Tel: 0431 / 880 - 4855
E-Mail: ceulitz@uv.uni-kiel.de