

Siliziumdioxid am Ende seiner Kräfte

Wissenschaftler der Technischen Universitäten Clausthal und Wien erforschten mittels Computersimulationen ein neues Material für noch kleinere und leistungsfähigere Transistorgenerationen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse von Clemens J. Först, Karlheinz Schwarz - beide TU Wien - und Christopher R. Ashman sowie Peter E. Blöchl von der TU Clausthal wurden in der ersten Januar Ausgabe von "Nature" unter dem Titel "The interface between silicon and a high -k oxide" publiziert. (Nature 427, 53 (2004))

Je kleiner die Transistoren, desto schneller können sie schalten. Dadurch werden auch die Prozessoren immer schneller. Damit ein Transistor funktioniert, benötigt man eine dünne, isolierende Schicht, das Gatteroxid. Diese Schicht wird in wenigen Jahren nur noch ein Fünfzigtausendstel eines menschlichen Haares "dick" sein. Setzt man wie bisher Siliziumdioxid als Gatteroxid ein, kann man in einigen Jahren die Transistoren nicht mehr verkleinern und damit keine noch schnelleren Chips erzeugen. Weltweit zerbrechten sich Wissenschaftler seit Jahren den Kopf, wie der Weg der Miniaturisierung



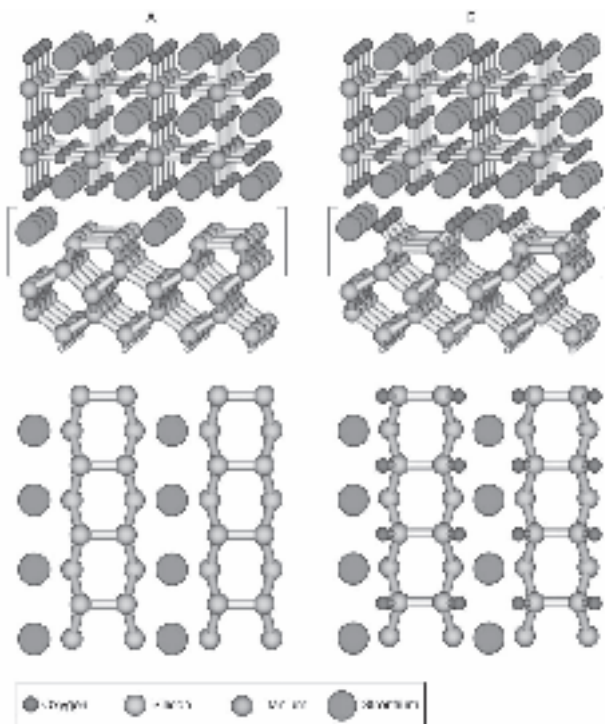
Professor Blöchl: "Computersimulationen bringen Licht in atomare Dimensionen, bei denen man weitgehend blind war. "

sierung dennoch weiter beschritten werden kann. So einfach die Lösung klingt, so schwierig ist ihre Verwirklichung: ein neues Material muss her.

Ist Siliziumdioxid - allgemein als Fensterglas bekannt - nur noch wenige Atomlagen dick, verliert es seine isolierende Eigenschaft. Im Transistor entsteht eine Art Kurzschluss. Also benötigt man ein Material, mit dem eine dickere und damit isolierende Schicht erzeugt werden kann, das sich aber sonst wie eine ultradünne Schicht à la Siliziumdioxid verhält. Das Ziel sollen ja noch kleinere und leistungsfähigere Transistoren sein. Strontiumtitanat hat sich dabei als einer der aussichtsreichsten Kandidaten herauskristallisiert. Bisher kannte man jedoch nur das Kochrezept, nicht aber das Zusammenwirken der einzelnen Zutaten. Dieses Wissensdefizit stand einer gezielten Weiterentwicklung im Weg. Dem Forscherteam aus Wien und Clausthal ist es nun erstmals gelungen, genau dieses Zusammenwirken herauszufinden. Sie können dank Computersimulationen den Herstellungsprozess der Oxidschicht erklären und damit aufzeigen, wie man deren elektrische Eigenschaften beeinflussen kann.

"Computersimulationen bringen Licht in atomare Dimensionen, bei denen man sonst weitgehend blind war," erklärt Prof. Blöchl von der TU Clausthal. Dank der Computersimulationen ist es dem Forscherteam gelungen, Atom für Atom aufzuklären, wie ein neues Gatteroxid - nämlich Strontiumtitanat - auf einen Siliziumwafer aufgebracht werden kann. "Man kann sich den Verbund aus Silizium und Strontiumtitanat wie zwei aufeinander gesteckte Legobausteine vorstellen", erklärt Clemens Först von der TU Wien das wesentliche Resultat. Festkörperoberflächen weisen ein charakteristisches atomares und elektronisches Muster auf, das durch die Anordnung der Atome bestimmt ist. Das Ladungsmuster der Oxidschicht, vergleichbar mit dem Steckmuster eines Legobausteines, passt zu dem Muster der mit Strontium abgesättigten Siliziumoberfläche.

Zukunftsweisend sind die Erkenntnisse der Forscher aus Wien und Clausthal auch in Bezug auf die elektrischen Eigenschaften. Vergleichbar mit einem Damm, der Wasser aufhält, stellt das Oxid eine Barriere für Elektronen dar. Je höher diese Barriere ist, desto besser sind die isolierenden Eigenschaften. Die Wissenschaftler konnten erstmals zeigen, dass die Barriere durch chemische Prozesse an der Grenzfläche entscheidend vergrößert werden kann. ►



Der atomare Aufbau der Silizium-Strontiumtitanat Grenzfläche sowie Detailansicht der Grenzflächenstruktur.

(A) In der unteren Hälfte sind einige Lagen des Siliziumsubstrates zu sehen. Die obersten Siliziumatome müssen durch Strontium chemisch abgesättigt werden, um einen stabilen Verbund mit Strontiumtitanat zu gewährleisten. Darauf aufgesetzt befindet sich dann das Strontiumtitanat.

(B) Durch Einbringen von Sauerstoff an die Grenzfläche (vergleiche A) kann die Barriere, die das Oxid den Elektronen entgegenstellt, entscheidend vergrößert werden.

Copyright der Abbildung: TU Clausthal/ TU Wien/ Nature



Seit 1829 Hand in Hand mit der Hochschule: Die Grosse'sche Buchhandlung (links)



Ihre Fachbuchhandlung für:

**Technik • Naturwissenschaften
Bergbau • Umwelttechnik**

GROSSE'SCHE BUCHHANDLUNG

ADOLPH-ROEMER-STRASSE 12 • TEL. (0 53 23) 9390 - 0 • FAX - 20

grosse.harz.de • buch@grosse.harz.de

D-38668 CLAUSTHAL-ZELLERFELD

Dadurch können die Eigenschaften der Gatteroxide in Einklang mit technologischen Anforderungen gebracht werden.

Die Forschungsarbeit wurde im Rahmen des internationalen Forschungskonsortiums - Integration of very high-k dielectrics with silicon CMOS technology (INVEST) durchgeführt. Das Projekt wird vom 5. Rahmenprogramm für Technologie der Informationsgesellschaft (IST) der Europäischen Kommission gefördert.

Weitere Informationen:

Mag. Clemens Först
Institut für Materialchemie
Technische Universität Wien
Getreidemarkt 9
1060 Wien
Tel.: +43-1-58801-15677
Fax.: +43-1-58801-15698
Privat : +43-650-9175878
eMail: clemens.foerst@tuwien.ac.at

Prof. Peter E. Blöchl
Institut für Theoretische Physik
Technische Universität Clausthal
Leibnizstraße 10
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. +49(5323)722021 +49(5323)722555
(Sekretariat)
Fax: +49(5323)723116
Privat : +49-5321-398937
eMail: Peter.Bloechl@tu-clausthal.de
<http://www.pt.tu-clausthal.de/atp/>