

„Die CMOS-Technologie ist so lebendig wie noch nie“

Interview zur Zukunft der Mikroelektronik

Vor vierzig Jahren formulier- te Gordon Moore das bis heute gültige „Gesetz“, wonach sich die Dichte an Transistoren auf integrierten Schaltkreisen alle 18 Monate verdoppelt. Aus diesem Anlass sprach Stefan Jorda mit Dr. Markus Dilger, Leiter von Corporate Research bei der Infineon Technologies AG.

In der Grundlagenforschung zur Elektronik der Zukunft sind derzeit Konzepte wie Einzel-Elektronen-Transistoren oder auch die Spintronik ein großes Thema. Ist nach 40 Jahren Mooreschem Gesetz ein Ende der bisherigen Entwicklung der Silizium-Welt abzusehen?

Tatsache ist, dass sich in den letzten Jahren nichts Wesentliches geändert hat. Durch die Miniaturisierung ist es gelungen, die Schaltungen so zu verbessern, dass man heute sogar Hochfrequenz-Anwendungen mit Standard-CMOS-Technologie machen kann. Früher dachte man, dafür bräuchte man Silizium-Germanium oder Gallium-Arsenid. Von daher ist der Standard CMOS so lebendig wie noch nie. Der CMOS wird auch entscheiden, ob wir als Unternehmen überhaupt da ankommen, wo die neuen Konzepte mal greifen werden ...

Inwiefern?

Diese neuen Konzepte werden erst in 15 bis 20 Jahren zu wesentlichem Umsatz führen. Bis dahin müssen wir im CMOS weltweit *competitive* sein und die Arbeitsplätze in der Siliziumtechnologie verteidigen. Nanodevices, Spintronik usw. mögen ja kommen, aber wir müssen als Unternehmen auch dort ankommen. Wenn wir bei diesen neuen Konzepten jetzt einen Wettbewerbsvorteil haben, dann müssen wir das Unternehmen so führen, dass wir diesen auch 15 Jahre halten können, das ist gar nicht so leicht ...

Wo sehen Sie derzeit die großen Herausforderungen für die Mikroelektronik?

Hier muss man unterscheiden zwischen der Technologie, der Schaltungstechnik sowie der Systemebene. Hinsichtlich der Technologie

deutet alles darauf hin, dass wir auf dem „Shrink-Pfad“ bleiben, dass die vorhandene CMOS-Technologie also weiter skalierbar ist bis zu Strukturen von 30 oder 20 Nanometern. Dafür brauchen wir aber neue Device-Typen, ich denke da insbesondere an Multi-Gate-Devices.¹⁾ Daneben wird in den nächsten Jahren



Markus Dilger (38) ist nach der Promotion über Einzel-Elektronen-Transistoren 1996 zu Siemens gegangen. Bei Siemens bzw. Infineon hatte er seither verschiedene Positionen inne, zuletzt war er General Manager und Managing Director des Advanced Mask Technology Center in Dresden, bevor er Ende 2004 zum Leiter von Corporate Research bei Infineon bestellt wurde.

sicherlich die Lithographie eines der Schlüsselthemen bleiben, dazu kommen Materialfragen, etwa, wie man Materialverspannungen nutzt, um die Devices noch schneller zu machen.

Wie steht es mit der Schaltungstechnik und der Systemebene?

In der Schaltungstechnik dominiert das Thema Hochfrequenz, also immer schnellere Schaltungen, sowie die Leistungsaufnahme, damit die Chips nicht zu Heizplatten werden. Heute wird auch der Systemgedanke immer wichtiger, und man muss die ganze Kette von der Technologie über die Schaltungstechnik bis zum System verstehen.

Was sind die typischen Vorlaufzeiten von der Forschung bis in die Produktion?

Bei den Applikationen liegen die Zeiten typischerweise bei rund fünf Jahren, zum Beispiel rechnet man bis 2010 mit Fahrerassistenzsystemen zur Fußgänger- oder Spurerkennung, mit Abstandsradar in drei bis fünf Jahren. Bei der Technologie bewegen wir uns eher im 10-Jahres-Bereich. Daher hat die Industrie heute ein ziemlich klares Bild davon, wie 2012 die Technologie ausschauen wird, Parameter wie die Betriebsspannung oder Gatestackdicken können Sie侧面weise in der International Semiconductor Roadmap nachlesen. Aber wie das Handy im Jahr 2012 ausschauen wird, kann Ihnen niemand klar sagen.

Wie identifizieren sie hier am Forschungszentrum viel versprechende Forschungsthemen?

Viel versprechend heißt für uns als Unternehmen natürlich zunächst, dass das Thema ein gewisses Umsatzpotenzial hat. Ein weiteres Kriterium ist, ob der neue Ansatz in dem Sinne *unique* ist, dass sich das Ergebnis nicht mit einem anderen Ansatz erreichen lässt. Und schließlich fragen wir, ob der Ansatz zu unseren Kernkompetenzen und zu unserem Know-How passt, sodass wir damit auch bis auf den Markt kommen. Die technische Erforschung ist das eine, und die *last mile* bis zum Markt das andere.

Kann es sich ein Unternehmen heute noch leisten, den Forschern auch Spielgeld zu geben, um „verrückten“ Ideen nachzugehen?

Ich weiß nicht, ob es früher Spielgeld gegeben hat, aber heute gibt es nur Geld für Innovationen. Natürlich darf und soll ein Forscher kreativ sein, aber wir machen keine Forschung mehr, bei der unklar ist, wie das Geld zurückkommt. Jeder Mitarbeiter unseres *Senior Technical Staff* kann einen Businessplan machen und versteht die Mechanismen, die zum *Return of Invest* führen. Das gehört genau so dazu wie die entsprechende Fachexpertise. Ich glaube, insgesamt hat da ein Kulturwandel stattgefunden zur Frage, wie Forschung funktioniert.

Das heißt, Sie probieren nichts einfach mal aus?

1) Im Gegensatz zu den konventionellen Feldeffekt-Transistoren (FET), bei denen die Steuerungsspannung nur von einer Seite an das Gate angelegt wird, ist dies bei den Multi-Gate-Devices von mehreren Seiten möglich. Dadurch lässt sich die Strukturbreite deutlich reduzieren.

2) Der Fin-FET ist ein Double-Gate-Transistor, bei dem der vertikal stehende Kanal durch ein U-förmiges Gate von zwei Seiten oder drei geschaltet wird.

Doch, schon. Obwohl wir ein ausgeklügeltes Bewertungssystem haben, liegen wir natürlich auch einmal falsch. Und weil wir das wissen, probieren wir auch Dinge aus, häufig sehr eng gemeinsam mit Hochschulen. Aber so, wie die ganze Welt schneller geworden ist, muss auch die Forschung schneller werden. Das heißt, dass man ein Thema auch schneller wieder wechseln oder für einige Zeit beiseite legen muss, wenn man auf Schwierigkeiten stößt. Beispielsweise haben wir hier die Polymerelektronik evaluiert und sind dabei zu der Erkenntnis gekommen, dass man bei weiterer Miniaturisierung auf ähnliche Probleme stößt wie bei der Mikroelektronik und dass dann die Vorteile verloren gehen. Daher haben wir entschieden, unsere Ressourcen lieber auf andere Themen zu konzentrieren.

Wie klappt die Zusammenarbeit mit den Hochschulen?

Die Zusammenarbeit klappt sehr gut. Hilfreich ist immer eine gewisse Kundenorientierung bei den Universitäten. Wesentlich bei erfolgreichen Kooperationen ist, dass die Hochschulen verstehen, wie die Industrie funktioniert, dass wir auch in Meilensteinen und Lieferdaten denken. Wichtig ist auch ein Verständnis dafür, dass Innovation nicht nur darin besteht, sehr weit vorne in der Technologie zu liegen, zum Beispiel mit selbstorganisierten Strukturen, sondern dass es auch bei konkreten heutigen Problemen, zum Beispiel dem Fin-FET²⁾, sehr spannende Fragen gibt. Diese Zusammenarbeit ist in den letzten Jahren deutlich besser geworden, aber da gibt es noch Potenziale auf beiden Seiten.

Gibt es hinsichtlich der Zusammenarbeit einen kulturellen Unterschied zwischen amerikanischen und deutschen Universitäten?

Ja, schon. Während wir in Deutschland meist viele Hochschulprofessoren einzeln ansprechen müssen, fühlt sich an ausländischen Universitäten häufiger jemand für die ganze Fakultät zuständig.

Haben die Universitäten nicht eher einen Auftrag in Richtung Grundlagenforschung, und ist das Fin-FET nicht Sache der Industrie?

Das Konzept des Fin-FET kommt aber aus der University of Berkeley. Der Transistor der Zukunft ist doch ein schönes Thema, warum kann man das nicht an der Uni erforschen? Während die Ingenieursdisziplinen besser „getaktet“ sind, gibt es in der Physik schon noch Potenzial,

die Forschung an den Universitäten stärker mit den Unternehmen zu verlinken. Das liegt historisch sicherlich auch daran, dass die Festkörperphysik in Deutschland sehr stark auf die III-V-Verbindungen gesetzt hat, und wir wenig technologieorientierte Forschung mit Silizium haben. Aber am gerade eingeweihten Forschungszentrum für Nanoelektronische Technologien CNT in Dresden wollen wir mit der Fraunhofer-Gesellschaft und anderen Partnern künftig an einem Strang ziehen.

Wie nahe ist ein Physiker hier noch an der Physik?

Man darf nicht glauben, dass man keine Physik mehr macht, wenn man in die Industrieforschung geht. Dass das rein grundlagenorientierte Forschen komplizierter oder spannender ist, möchte ich in Frage stellen. Nehmen Sie beispielsweise das neue boomende Feld der Prozess- und Device-Simulationen. Das ist Physik *at its best* und hat die gleiche Qualität wie zum Beispiel Festkörpersimulationen an einem Lehrstuhl.

Aber der Rahmen ist ein anderer.

Natürlich. Da gibt es Termin- und Projektpläne, und als Industriephysiker muss man lernen, ein Thema auch einmal aufzugeben, denn hier haben Sie nicht die Sicherheit wie an der Uni. Nehmen Sie als Beispiel die Lithographie mit 157 Nanometer. Das war ein Riesenthema für Firmen und Forschungsinstitute, aber dann wurde entschieden, dass diese Wellenlänge einfach übersprungen wird. Stattdessen kommt jetzt die Immersionslithographie. Da müssen wir schnell reagieren, und diese Flexibilität müssen unsere Mitarbeiter mitbringen.

Welche Eigenschaften muss ein Physiker noch mitbringen, wenn er bei Corporate Research arbeiten möchte?

Wenn sich ein Student für Infineon interessiert, ist es immer gut, sich erstmal als Werkstudent oder Praktikant zu bewerben. Bei Interesse besteht dann auch die Möglichkeit zur Diplom- und Doktorarbeit. Nach der Promotion gibt es natürlich Infineon-weit Möglichkeiten. Ich rate immer, dass man bei der Promotion noch unter 30 ist, ich denke, das ist eine gute Empfehlung, auch an die betreuenden Professoren. Natürlich kann man auch später bei Infineon einsteigen, aber man sollte bei allem was man tut erklären können, warum man diesen oder jenen Weg gewählt hat.