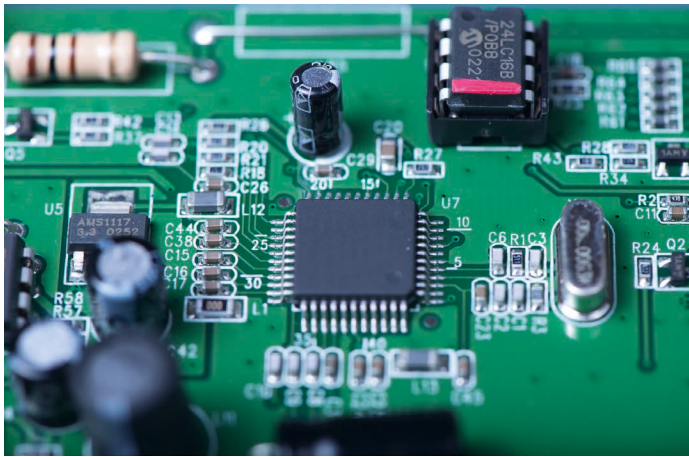


Aktive Bauelemente

Halbleiter in Frage und Antwort

Aktive Bauelemente sind die wichtigsten Akteure der Elektronik und Hochfrequenztechnik. Es handelt sich um Transistoren in verschiedenen Technologien oder digitale und analoge Chips ganz verschiedener Komplexität.



Was ist ein Wafer?

Als Wafer bezeichnet man die runde, scheibenförmigen Basisplatte, auf der gleichzeitig hunderte bis tausende Chips mittels einer Maske erzeugt werden. Typischerweise hat ein Wafer 150 bis 300 mm Durchmesser.

Wie viele Transistoren fasst ein Chip?

Die Spannweite reicht von wenigen Transistoren (Operationsverstärker, MMIC) bis vielen Millionen, ja Milliarden Transistoren (Speicher-Chip). Auf einem Chip mit der Größe eines Fingernagels können heute beispielsweise 10 Mrd. Transistoren untergebracht werden!

Bis zu welchen Strukturgrößen ist man vorgedrungen?

Die kleinsten Transistoren sind derzeit 5 nm groß. So groß sind etwa Moleküle. Viel kleinere Transistoren sind aus physika-

lischen Gründen nicht möglich. Bei 2 bis 3 nm sollte die Grenze erreicht sein.

Was ist ein HEMT?

Ein High Electron Mobility Transistor zeichnet sich durch seine herausragend kurzen Schaltzeiten aus. Ein HEMT hat mehreren Schichten, die auf ein Substratmaterial aufgebracht werden. Diese Schichten werden durch ein Banddiagramm charakterisiert. Es gibt mehrere Grundformen, die sich unterschiedlich gut für verschiedene Anwendungen eignen.

Was ist ein HBT?

Ein Heterojunction Bipolar Transistor ist ein verbesserter Bipolartransistor für Signale mit Frequenzen bis zu mehreren 100 GHz. Es handelt sich um einen npn-Transistor, bei dem die Basis aus einem Halbleitermaterial wie Galliumindiumphosphid (GaInP) oder Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs) besteht.

Was ist ein IGBT?

Ein IGBT ist ein Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode (Insulated-Gate Bipolar Transistor). Das Gate ist in seiner Struktur wie beim MOSFET (unipolarer Transistor) angelegt. IGBTs ermöglichen das besonders schnelle Schalten hoher elektrischer Ströme.

Was sind die Vorteile von Galliumnitrid?

GaAs-basierte Bauelemente sind Wegbereiter für Innovationen der Leistungselektronik oder der neuen Mobilfunksysteme. Hochauflösende LiDAR-Systeme, drahtlose Ladeschaltungen (Wireless Charging), Envelope-Tracking-Systeme für 4G/LTE sowie Anwendungen in der Medizin oder im Umfeld hoher Strahlungsbelastungen profitieren vom Mehrwert der ultraschnell schaltenden GaN-HEMTs.

Was bedeutet die GaN-on-Si-Technologie?

Die III-V-Halbleitermaterialien und speziell die GaN-on-Si-Technologie bedeuten eine neue WBG-Halbleitertechnologie (Wide Band Gap) und sorgen für eine signifikante Verbesserung der konventionellen Si- und GaAs-Technologien. Die Wirtschaftlichkeit der Si-basierten Massenfertigung bleibt als ökonomischer Vorteil erhalten.

Was ist ein MOSHEMT?

In den letzten Jahren wurden die Hochfrequenzeigenschaften von High-Electron-Mobility-Transistoren kontinuierlich verbessert. Die Transistoren wurden immer schneller, indem die Gate-Länge auf bis zu 20 nm herunterskaliert wurde. Allerdings: Je dünner das Barrierenmaterial aus InAlAs wird, desto mehr Elektronen fließen vom ladungsführenden Kanal durch das Gate ab. Der klassische HEMT ist an seinem Skalierungslimit angelangt. Auch Silizium-MOSFETs (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldefeffekttransistoren) kennen dieses Problem, verfügen aber über eine Oxidschicht, die die ungewollten Leckströme länger unterbinden kann als beim HEMT. Forscher am Fraunhofer IAF haben die Vorteile von III/V-Halbleitern und Si-MOSFETs kombiniert. Entstanden ist eine der Metall-oxid-Halbleiter-HEMT, kurz MOSHEMT. Damit ist es gelungen, einen Rekord in der maximalen Oszillationsfrequenz von 640 GHz zu erreichen.

Was ist ein Multigate-FET?

Als Multigate-FET (MuGFET) werden MOSFETs bezeichnet, die mehr als ein Gate besitzen, wobei diese über eine gemeinsame Elektrode angesteuert werden können, aber auch unabhängig von einander (dann MIGFET, Multiple Independent Gate FET genannt). Multigate-Transistoren sind neben Techniken wie getrecktes Silicium, High-k-Materialien und Silicon

On Insulator ein Ansatz, mit dem sich die Miniaturisierung von Mikroprozessoren und Speicherzellen in der Halbleiterfertigung gemäß dem Mooreschen Gesetz fortführen lassen soll.

Wie kann man die Packungsdichte noch steigern?

Um noch mehr Transistoren auf eine bestimmte Chip-Fläche zu bekommen, nutzt man z.B. alternative Materialien oder versucht ein dreidimensionales Konzept.

Wie läuft der Produktionsprozess ab?

Die Halbleiterherstellung lässt sich grundsätzlich in die Phasen Layout & Design sowie Fertigung & Montage einteilen. Je mehr Transistoren genutzt werden, umso aufwendiger wird sukzessive der Entwurfsprozess. Hier ist jedoch nach Analog- und Digitalbereich zu unterscheiden. Im Digitalbereich vervielfältigt man im Prinzip ein Muster, während im Analogbereich komplett durch-designt werden muss, Vereinfachungen durch Duplizieren sind hier selten möglich. Designtools finden breiten Anwendungen und Simulationen sind in hohem Umfang zuverlässig möglich.

Welche Bedeutung hat das Chipdesign?

Das Chipdesign bietet das größte Wertschöpfungspotenzial im gesamten Prozess der Halbleiterproduktion. Zu Fertigung & Montage nutzt man bewährte Verfahren.

Was ist ein Reinraum?

Ein Reinraum bietet eine staubfreie Umgebung, eine stabile Temperatur und eine stabile Luftfeuchtigkeit. Die „Reinheitsvorschriften“ sind extrem streng. Folglich sind etwa die Belüftungsanlagen des Reinraums extrem aufwändig.

Wie entsteht ein Chip?

1. Auftragen einer nichtleitenden Oxidschicht im Ofen bei etwa 1000 °C
2. Auftragen von Fotolack mit Zentrifugalkraft zwecks Schaffung einer lichtempfindlichen Schicht
3. Belichtung des Wafers durch die Fotomaske
4. weitere Belackung, Ätzung und Oxidation
5. Einbringen von Fremdatomen (Dotierung)
6. weitere Belackung, Ätzung
7. Ätzen von Kontaktlöchern
8. polieren
9. zersägen

Was ist ein IDM?

Immer weniger Unternehmen betreiben sowohl das Chipdesign als auch die Produktion. Man nennt sie Integrated Device Manufacturers (IDMs). IDMs sind z.B. Intel, Samsung und Texas Instruments.

Was meint Fabless?

Die meisten Halbleiterunternehmen konzentrieren sich ausschließlich auf das Chipdesign und überlassen die Produktion Auftragsfertigern. Dieses Geschäftsmodell wird als Fabless (fabriklos) bezeichnet. Fabless agieren beispielsweise Qualcomm, Broadcom, AMD und Apple.

Was ist ein Foundry?

Die Auftragsfertiger werden als Foundries bezeichnet. Wegen des hohen Kapitalbedarfs ist dies ein Markt mit extrem hohen Einstiegsbarrieren. Weltgrößter Foundry ist Taiwan Semiconductor Manufacturing (TSMC).

Wer liefert die hochkomplexen Fertigungsanlagen?

Foundries kaufen ihre Maschinen und Ausrüstungen von Semiconductor Equipment Suppliers. Das sind beispielsweise ASML, Lam Research und Applied Materials. Diese sind meist spezialisiert, z.B. auf Anlagen zum Trockenätzen oder Lithographie-Systeme.

Welche Möglichkeiten gibt es noch in der Halbleiterindustrie?

Beispiele:

- Entwickler von Softwaretools zum Design
- Entwickler von Testtools/Testsoftware
- Dienstleister für das Packaging und das Testen

Was sind die Treiber der Chip-Nachfrage?

Zukunftstrends wie 5/6G, Big Data, Industrie 4.0, Internet der Dinge, Remote Work, Medizintechnik und autonomes Fahren bewirken, dass die Nachfrage nach diversen aktiven Bauelementen und Chips rasant steigt. Die Halbleiterindustrie behält daher in Zukunft ihre Bedeutung oder steigert sie noch.

Was ist ein Tier-1/2/3-Zulieferer?

Tier-1-Zulieferer sind nur solche, die direkt an den Hersteller des Endprodukts liefern. Beispielsweise Intel hat über 9000 Tier-1-Zulieferer in nahezu 100 Ländern. Die Zulieferer, die weiter hinten in der Lieferkette stehen, werden mit Tier-2, Tier-3 usw. bezeichnet. Die großen Halbleiterhersteller haben rund 16.000 Zulieferer.

Wie hoch ist die Anfälligkeit?

Da diese Industrie hochgradig globalisiert, aber auch produktmäßig spezialisiert ist, können Konjunkturerinbrüche zu Schwierigkeiten bis hin zu Insolvenzen und externe Effekte relativ schnell zu Engpässen führen.

Wie hoch sind die Ausgaben für F&E?

Im globalen Durchschnitt investiert die Halbleiterindustrie fast ein Viertel ihres Umsatzes in F&E. Das bedeutet für 2021 voraussichtlich mit 125 Mrd. USD einen neuen Höchstwert. Hinweis: Die Investitionsausgaben entsprechen nicht den Ausgaben für F&E und am meisten von der gesamtwirtschaftlichen Lage abhängig.

Wie stellt dich die Nachfrage gegenwärtig dar?

Entgegen anfänglichen Erwartungen gibt es eine gestiegene Nachfrage nach Halbleitern während der Corona-Krise.

Welche allgemeinen Trends sind zu verzeichnen?

- weiterer Rückgang der Fabless-Firmen
- Rückgang des Marktanteils der USA zugunsten von asiatischen Unternehmen
- Rückgang des EU-Marktanteils auf unter 10% (Verfehlung des 2012 für 2020 gesetzten Ziels von mindestens 20 %)
- Asien hängt Europa immer mehr ab, ist Europa um mindestens 15 Jahre voraus
- hohe Subventionen der chinesische Regierung in die heimische Halbleiterindustrie
- noch mehr Firmenübernahmen

Wie ist die gegenwärtige Liefersituation?

Eine offensichtliche Chip-Krise zeigt sich seit Ende 2020 durch Lieferverzögerungen und beachtliche Preisanstiege. Besonders für die Automobilherstellung fehlen wichtige Halbleiter. Denn insbesondere die Autohersteller rechneten mit einem mehrjährigen Nachfragerückgang durch die Pandemie, was jedoch nicht eintrat.

Was lehrt der aktuelle Mangel?

Um in Zukunft nicht derartigen Knappheiten ausgesetzt zu sein, investiert man große Summen in den Ausbau der Kapazitäten. Joe Biden will mit dem Chips for America Act 52 Mrd. USD in die amerikanische Chip-Industrie stecken, die Chinesen investieren viel mehr, nämlich 1,4 Bio. USD, um mit Taiwan konkurrieren zu können. Für die EU sind noch keine konkreten Summen bekannt. ◀