

Zeittafel

- 1823 Silizium entdeckt
- 1835 Entdeckung der asymmetrischen Leitfähigkeit bei Festkörpern (*Munck*)
- 1876 Selenfotoelement
- 1879 *Hall-Effekt*
- 1886 Germanium entdeckt
- 1889 Bleisulfid diode
- 1904 Punktkontaktdiode
- 1925 Kupferoxydulgleichrichter
- 1927 Varistor
- 1928 Selengleichrichter 1938 Siliziumkristalldiode
- 1940 Thermistor
- 1941 Germaniumdiode
- 1942 Untersuchung von Metall-Halbleitersperrschichten 1946 Siliziumfotoelement
- 1948 Punktkontakttransistor, Feldeffekttransistor
- 1949 Fototransistor
- 1951 Legierungstransistor, gezogener Transistor
- 1952 Siliziumflächendiode, Tetrodentransistor A3-B5-Legierungen, *Rate-grown-Prozeß*
- 1953 Elektrolytstrahlätzverfahren, Drifttransistor
- 1954 Silizium-Starkstromgleichrichter, Siliziumtransistor, Siliziumsolarzelle, »Lawinen«-Transistor (*avalanche-effect*)
- 1956 Diffusionstransistor, Mesatransistor
- 1957 Tunnel diode (*Esaki*)
- 1958 integrierte Halbleiterschaltungen, Mikromodule, Varaktordiode (steuerbare Sperrschichtkapazität)
- 1960 Planartransistor, Epitaxialtransistor
- 1961 Dünnschichtbauelemente, Mikrowellentransistor, gesteuerte Gleichrichter (Thyristor), Phononenverstärker in CdS
- 1962 Festkörperlaseroszillator
- 1964 MOSFET-Bauelemente (Metalloxid-Feldeffekttransistoren)
- 1964 Gunn-Effekt (Erzeugung höchster Frequenzen mit GaAs-Dioden)

1823
Entdeckung
Silizium

1857
Geburt
H.Hertz

1874
Entdeckung
Gleichrichter
effekt

1886
Entdeckung
Germanium

1894
Todestag
H.Hertz

1904
Entwicklung
Röhre

1906
Einsatz
Kristalldetektor

Geschichte der Transistors

Die Geschichte des Transistors begann mit der Entdeckung des elektrischen Stromes. Elektrische Phänomene waren schon lange bekannt (Knistern im Haar beim Kämmen, Blitz) aber erst Namen wie Faraday, Voltaire oder Ampere haben hier versucht, diesen Wunderdingen auf die Schliche zu kommen. Für die Erfindung des Transistors war die Entdeckung des Silizium Elementes durch den schwedischen Chemiker Jöns Jakob Berzelius im Jahr 1823 und das im Jahre 1886 vom deutsche Chemiker Clemens Alexander Winkler (1838-1904) in Freiberg gefundene Germanium ebenso wichtig. Die Erkenntnisse des Stromes wurden genutzt, um elektrische Antriebe zu bauen, aber auch zur Versorgung mit Licht in den Städten.

Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) war ein deutscher Physiker. Er entdeckte die elektromagnetischen Wellen und setzte damit die Grundlagen für drahtlose Telegrafie und den Rundfunk. Elektromagnetische Wellen, welche einerseits erzeugt werden, andererseits wegen ihrer geringen Größe verstärkt werden müssen benötigt ein Bauteile, welches dieses vollbringt. Die Elektronenröhre wurde 1904 vom englischen Physiker John Ambrose Fleming entwickelt. 1906 fügte der US-amerikanische Erfinder Lee de Forest eine dritte Elektrode, das Steuergitter, hinzu. Mit dieser Triodenröhre war es erstmals möglich, elektrische Signale zu verstärken. Damit war die Erfindung des Transistors auf die Wartebank gerückt, denn man hatte ja ein entsprechendes Bauteil.

Trotzdem wurden schon Erkenntnisse der Halbleiter gesammelt. So entdeckte der Leipziger Oberlehrer und spätere Professor Ferdinand Braun am 23. November 1874 den Gleichrichtereffekt an Metallsulfiden und -Oxyden. Der Braunsche Kristalldetektor in einer Ausführung von Telefunken verdrängt 1906 die für den drahtlosen Telegrafieempfang benutzte Schloemilch-Zelle (erfunden 1902). Sie zeichnete sich zwar durch eine besonders zuverlässige Kontaktgleichrichtung aus, war aber wegen ihrer elektrolytischen Arbeitsweise doch sehr umständlich in der Handhabung. Im gleichen Jahre 1906 setzte H.H.C. Dunwoody einen Karborund Kristall zwischen zwei Metallelektroden als Detektor für elektrische Wellen ein und G.W. Pickard schlug einen Siliziumdetektor mit Spitzenkontakt zur HF-Gleichrichtung vor.

Um 1915 führte dann noch Prof. Benedicks in Schweden grundlegende Untersuchungen über die



Bild 1 Berzelius



Bild 2 Winkler



Bild 3 Hertz



Bild 4 Braun

1915
Grundlagen
Halbleiter

elektrischen Eigenschaften von Silizium und Germanium durch, dann aber ließ die aufblühende Röhrentechnik für einige Zeit die Halbleiter in ein bedeutungsloses Stadium zurücksinken, so dass der erste Germanium-Detektor erst 1935 bekannt wurde. Zuvor wurde aber 1931 das Konzept der Löcher-Leitung durch Wilson eingeführt. Der bereits 1934 am Silizium entdeckte Zener-Effekt war die Grundlage der zur Spannungsstabilisation verwendeten Zenerdioden.

1935
Entdeckung
Zener-Effekt

Im zweiten Weltkrieg setzten alle Kriegsführenden Seiten große Mittel ein, um die für die Zentimeterwellenradargeräte notwendigen Misch- und Richtkristalle zu technisch zuverlässigen Bauelementen zu entwickeln.

1935
Germanium-
Detektor

1938 hatten Hilsch und Pohl zwar einen Festkörperverstärker aus einem Natriumbromid-Einkristall gebaut, der jedoch keine technische Anwendung fand, weil die hierbei gefundene Anordnung nicht befriedigte da ihre Grenzfrequenz zu niedrig (unter 100 Hz) lag und weil die Elektronenleitung von einer (den inneren Aufbau umwandelnden) Ionenleitung begleitet war.

1938
Festkörper-
Verstärker

Kriegserfahrungen, vor allem von Lark-Horowitz, Scaff, Theuerer und Ohl, mit Silizium- und Germaniumdetektoren waren es auch, auf denen die grundlegenden Halbleiter-Untersuchungen der Bell Laboratorien von 1946 an aufbauten. Diese Untersuchungen dienten in erster Linie dem Zweck, das Verständnis der Halbleiterphänomene an Hand der Atomtheorie zu erleichtern. 1941 untersuchte W.Schottky die Eigenschaften von Metall-Halbleitersperrschichten.

1948
Entwicklung
Transistor

Im Juni 1948 wurde von J. Bardeen, W.H.Brattain und W.Shockley in den Bell- Telephone Laboratorien endlich der erste Transistor entwickelt mit der USA Patent Nr. 2 524 035. Unter Leitung des Physikers Shockley arbeitete eine Gruppe, zu der der Theoretiker Bardeen und die Praktiker Brattain (für Oberflächeneigenschaften und Gleichrichtung), Pearson (für innere Eigenschaften von Festkörpern), Gibney (Physiko-Chemiker) und Moore als Elektrotechniker gehörten. Und im Verlauf dieser Untersuchungen entdeckten dann Bardeen und Brattain die Trägerinjektion, und bauten den ersten verwendbaren Spitzentransistor. Er war dem Kristalldetektor ähnlich. Ursprünglich wollte man nur den Widerstand von Germanium messen, und setzte dazu zwei Metallspitzen auf den Germaniumblock.

1949
Flächen-
Transistor

Wenig später (1949) folgten der von Shockley vorausgesagte und entwickelte Flächentransistor, der

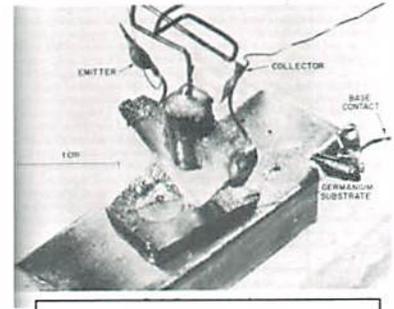


Bild 5 erster Transistor



Bild 6 Brattain



Bild 7 Bardeen



Bild 8 Shockley

1951
1. Transistor
im Handel

1952
Feldeffekt-
Transistor

1953
1. Transistor
aus
Deutschland

1956
Nobelpreis
für
Transistor

1958
Vierschicht-
Diode u.
Thyristor

1958
Erste IC's

1963
Erste IC's in
Deutschland

heute zum dominierenden Halbleiterverstärker geworden ist, sowie der Fototransistor, der als erster industrielle Anwendung fand. 1951 war der erste Transistor im Handel erhältlich.

Der mindestens ebenso lang von Shockley vorausgesagte unipolare Feld-Transistor konnte erst nach einigen wesentlichen Fortschritten der Experimentiertechnik mit Halbleitern 1952 verwirklicht werden.

Nur fünf Jahre nach der Erfindung beginnt Siemens im Münchner Röhrenwerk die erste Produktion von Transistoren in Deutschland. Es werden 30 Mitarbeiter beschäftigt. Die ersten typisierten Transistoren aus deutschen Fertigungen erschienen 1953. In allen Kulturstaaten setzte ein neuer Auftrieb der Halbleiterforschung ein, wobei die Amerikaner lange Zeit ihren Vorsprung bewahren konnten.

Die Weiterentwicklung des Flächentransistors führte 1953 zum Surface-Barrier Transistor. Der pnp-Transistor und der Drifttransistor wurden im gleichen Jahr unabhängig durch H.Kömer und J.Early entwickelt. 1954 wird Silizium bei Siemens als Basismaterial für Halbleiter entdeckt und wird später das teure Germanium ersetzen. 1956 erhielten Bardeen, Brattain und Shockley den Nobelpreis für Ihre Entdeckungen. Im gleichen Jahr entdeckte L.Esaki den Tunneleffekt beim Germanium; dies war die Grundlage für die heute vielfach verwendeten Tunnelioden.

Die Veränderung der Sperrschichtkapazität durch eine angelegte Vorspannung führte zur Schaffung der Varaktoren oder Kapazitätsdioden. Über die Erkenntnisse der Vorgänge, die man aus dem Studium des Strommechanismus in Halbleitern gewann, kam man zu dem Flächentransistor. Seit 1956 wird ausschließlich dieser Type hergestellt. Ein auf pin-Basis beruhendes Bauelement mit guten HF-Eigenschaften, der Spacistor, wurde 1957 vorgeschlagen. 1958 kamen die Vierschichtdiode und der Thyristor zum praktischen Einsatz.

1958 es auch zur ersten integrierten Schaltungen: Mehrere Transistoren, Widerstände und Kondensatoren sind auf einem Germanium-Chip untergebracht. Zwischen 1960 und 1988 wächst die Zahl der Transistoren auf einem Chip von 10 auf 10.000.000 an. 1963 wurde die erste Integrierte Schaltung (IC) von Siemens produziert.

Schon 1954 untersuchte McKay den »Lawinen«Durchbruch bei Halbleitern, dies war wiederum Grundlage für die neuesten Untersuchungen von Gunn zur Erzeugung höchster



1964
MOSFET
Bauelemente

Frequenzen in Halbleitern. Der bisherige niedrige Eingangswiderstand konnte durch Feldeffektsteuerung beträchtlich erhöht werden; seit 1964 sind die MOSFET-Bauelemente im Einsatz, das sind Metalloxid-Feldeffekttransistoren mit guten HF-Eigenschaften und sehr hohem Eingangswiderstand. Laufzeiteffekte in Halbleitern lassen sich zur Verstärkung ausnutzen, wie Versuche über Phononenverstärker auf CdS-Basis von McFee und White 1961 zeigten. Helikonwellen in Halbleitern bei Tieftemperatur sind ebenfalls in jüngster Zeit untersucht worden.

1963 untersuchte J.B.Gunn »heiße Elektronen« in Halbleitern, speziell in A3-B5-Legierungen. Es gelang ihm, mit GaAs-Dioden Mikrowellen zu erzeugen. Zur Zeit wird dieser Effekt (GH««-Effekt genannt) in vielen Labors der Welt untersucht.

1971 Intel bringt den 4004-Prozessor, Preis: 200 Dollar. Dieser Chip läutet das Zeitalter der Mikrocomputer ein. Im Jahre 1973 hätte die Speicherkapazität von einem Megabit etwa 80.000 Euro gekostet, zu diesem Zeitpunkt der Preis eines Einfamilienhauses. Heute werden mehrere Millionen Transistoren auf einem Chip gebaut. Die Strukturen werden immer kleiner, die Milliardengrenze wird wohl bald erreicht.

1971
4004 -
Prozessor



Bild Gunn

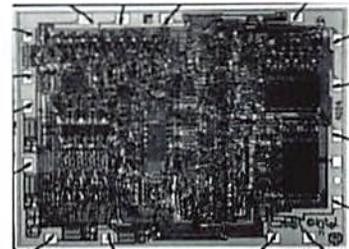


Bild 4004-Prozessor