

Nach dem sich die Feldeffekttransistoren in den automobilen Steuergeräten stark verbreitet haben, setzen sich in der Hochvolttechnik die IGBT durch.

«Insulated gate bipolar Transistoren» oder kurz IGBT (bipolare Transistoren mit isoliertem Gate) haben sich für den Moment in der Hochvolttechnik weit verbreitet. Bereits 1968 wurde von einem 4-Schicht-Halbleiter gesprochen, welcher von einer MOSFET-Struktur kontrolliert werden konnte. 1982 wurde dann der erste IGBT vorgestellt und relativ rasch zum Rückgrat der modernen Leistungselektronik weiterentwickelt. Die grundsätzliche Wirkungsweise von IGBT wird im Zusammenspiel eines MOSFET mit einem bipolaren Transistor beschrieben, oder gar, dass ein MOSFET und ein bipolarer Transistor in einer Darlington-Schaltung zusammengeschaltet wären. Dabei wird der MOSFET angesteuert und sein I_{DS} fließt zur Basis des bipolaren Transistors. Der Laststrom wird vom I_{CE} des bipolaren Transistors dargestellt.

Das Ausgangskennlinienfeld ist ähnlich aufgebaut wie bei bipolaren Transistoren. Der Unterschied zeigt sich einerseits in den Achsenwerten (I_{CE} bis 24 A, U_{CE} im steilen Schalterbereich bis über 4 V). Dazu gibt es keinen Basisstrom; die roten Linien sind mit U_{GE} bezeichnet, der Spannung zwischen Gate und dem Emitter des Bauteils. Je höher diese Spannung, desto grösser wird der Laststrom bei identischem Spannungsabfall. Wer diese Größen mit jenen von bipolaren Transistoren vergleicht, wird erstaunt feststellen, dass 4 V Spannungsabfall zwischen Kollektor und Emitter doch sehr viel ist. Das wird sich natürlich erst rechnen, wenn die angelegte Spannung entsprechend hoch ist (>200 V).

Schematische Darstellung

Wie die schematischen Bilder aber zeigen, ist es nicht so, dass zwei Transistoren nebeneinander gekoppelt sind; vielmehr sehen sich die drei grundsätzlichen Transistortypen sehr ähnlich. Die stärker oder schwächer dotierten Schichten sind zum Teil etwas anders platziert, sie sind aber vor allem anders geschaltet (Bild rechts). Natürlich sind die Isolatorplättchen nur beim MOSFET und beim IGBT vorhanden, weil nur diese über ein elektrisches Feld angesteuert werden. Und genau das ist einer der wesentlichen Vorteile von IGBT. Die fast leistungslose Ansteuerung des Transistors. Der MOSFET steuert dann die Basis des bipolaren Transistors, welcher den wesentlichen Vorteil hat, dass er bei hohen Spannungen und grossen Strömen einen kleineren Widerstand hat als ein MOSFET. Dafür ist der MOSFET für Frequenzen bis in den MHz-Bereich einsetzbar. IGBT schalten etwa bis 50 kHz. Da IGBT in Rückwärtsrichtung nur begrenzt sperrfähig sind, müssen sie mit speziell schnellschaltenden Freilaufdioden kombiniert werden. Somit werden die MOSFET im Nieder-

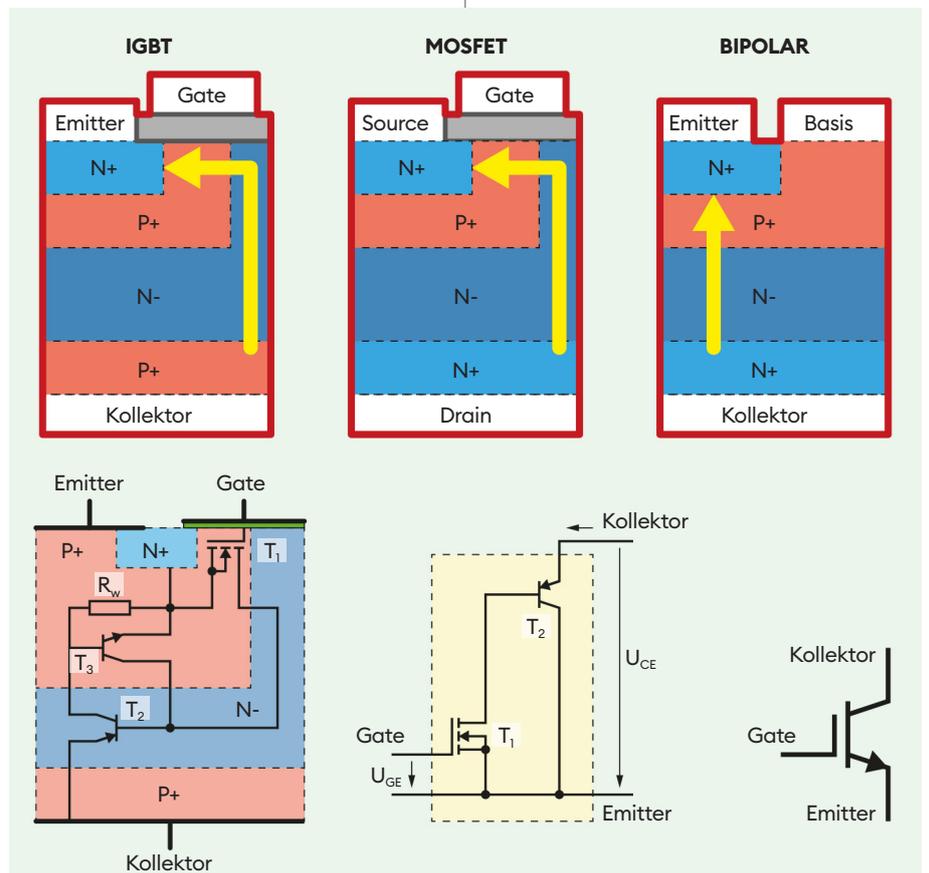
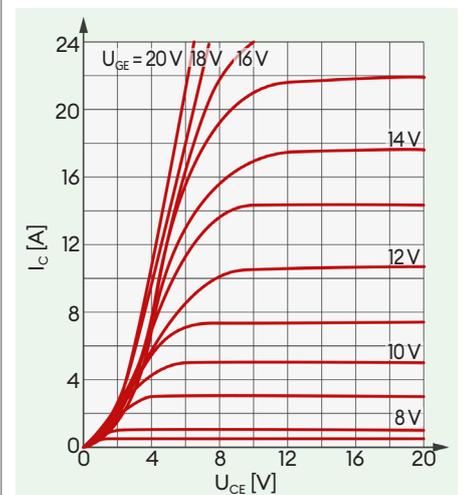
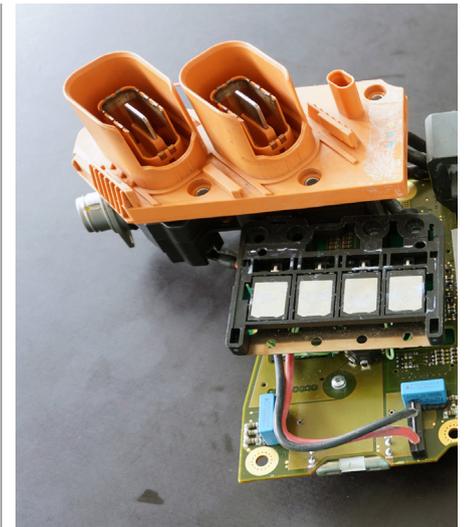
spannungsbereich des Autos, in der Kommunikation und auch in Netzteilen eingesetzt. IGBT eignen sich für geregelte Antriebe im Bereich über ca. 200 V.

Neue Halbleiter

Leiter, Halbleiter und Nichtleiter unterscheiden sich in ihrem atomaren bzw. molekularen Aufbau. In dieser Hinsicht sind «Wide-Bandgap-Materialien» bekannt geworden. Dazu gehören die Halbleiter Gallium-Nitrit (GaN) oder Siliziumkarbid (SiC). Diese weisen geringere Schaltverluste auf und können höhere Spannungen bei höheren Temperaturen verarbeiten. Dadurch es gelungen, die Leistungsdichte der Schalter gegenüber IGBT um etwa das Zehnfache zu steigern.

Die deutsche Firma Vitesco ermittelte bei einem 800-V-System mit SiC-MOSFET eine sehr hohe Systemeffizienz. Auch hier konnten sowohl die Schaltfrequenz als auch die Flankensteilheit der Rechtecksignale gegenüber einem reinen Si-Inverter um den Faktor 10 verbessert werden. Diese höhere Effizienz geht auf die hohe Ladungsträgerbeweglichkeit in der im Materialmix eingelagerten Kohlenstoffatome zurück.

Durch den geringeren elektrischen Widerstand entstehen auch kleinere Wärmeverluste und deshalb können die Inverter kompakter gebaut werden. Damit wird sich die Entwicklung in Zukunft vielleicht wieder auf MOSFET, diesmal mit SiC, konzentrieren.



Alle 3 Transistorarten bestehen aus mehr (+) oder weniger (-) stark dotierten N- und P-leitenden Zonen