

Halbleitertechnologie von A bis Z

Bauelemente

Die Schottky-Diode	3
<i>Der Metall-Halbleiter-Übergang als Gleichrichter</i>	3
<i>Niedrige Durchlassspannung und schnelles Schaltverhalten</i>	4
<i>Kompromisse und Anwendungen</i>	5

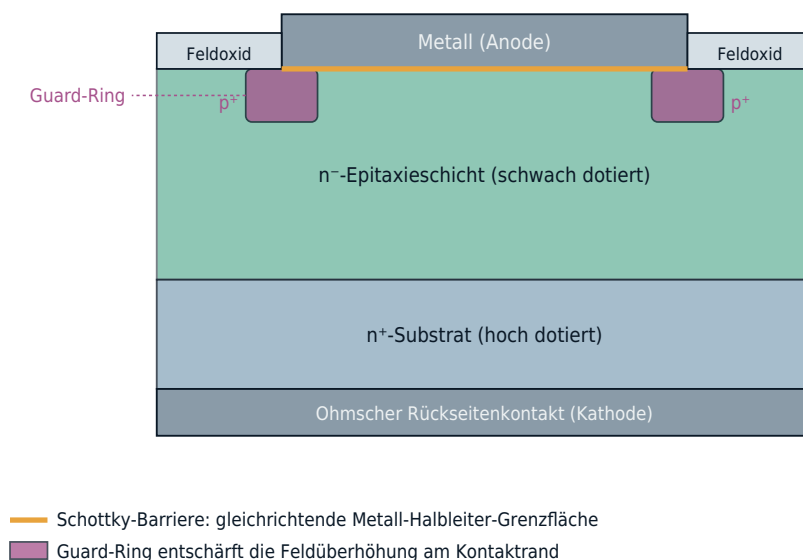
Die Schottky-Diode

Der Metall-Halbleiter-Übergang als Gleichrichter

Die Schottky-Diode nutzt denselben Metall-Halbleiter-Übergang, der bereits im Kapitel zum Metall-Halbleiter-FET (MESFET) als Gate-Kontakt vorgestellt wurde, hier jedoch nicht als steuerbarer Kanal-Kontakt, sondern als eigenständiges, zweipoliges Bauelement zur Gleichrichtung. Ein Metallkontakt – gebräuchlich sind unter anderem Platinsilizid, Chrom, Molybdän, Aluminium oder Titan, je nach gewünschter Barrierehöhe und Prozesskompatibilität – wird direkt auf schwach dotiertes n-Silizium oder n-GaAs aufgebracht. Anders als bei einer klassischen pn-Diode entsteht die gleichrichtende Barriere hier bereits an der Metall-Halbleiter-Grenzfläche selbst, ganz ohne dass dafür ein zweiter, gegensätzlich dotierter Halbleiterbereich implantiert oder eindiffundiert werden müsste.

Querschnitt einer Schottky-Diode

Metallkontakt direkt auf schwach dotiertem n-Silizium

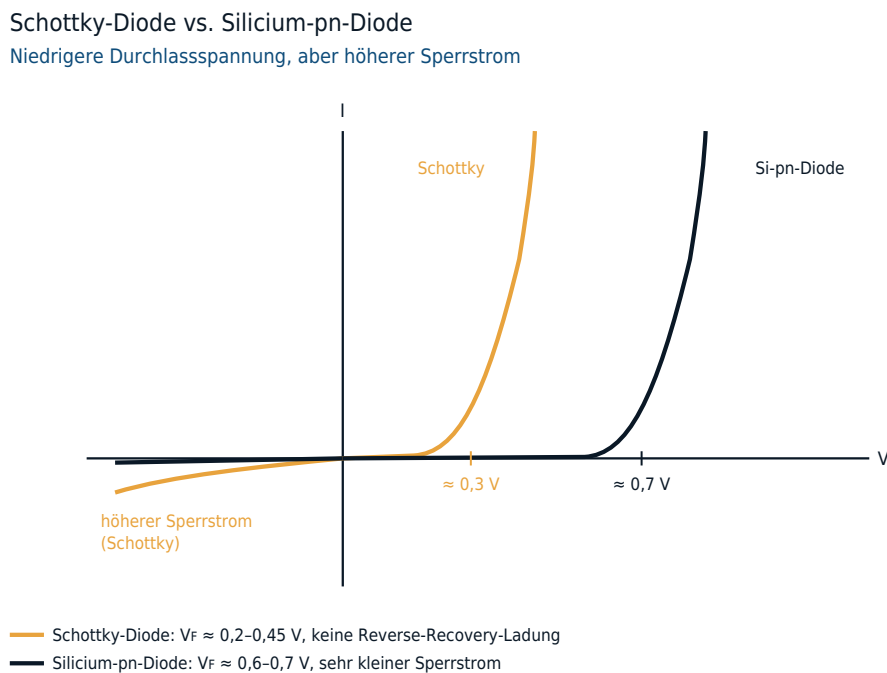


Am Rand des Metallkontakts tritt eine gegenüber der Fläche stark überhöhte elektrische Feldstärke auf, die den Sperrstrom unerwünscht ansteigen lassen und die Durchbruchspannung verringern würde; ein sogenannter Guard-Ring, ein flacher, ringförmig um den Kontaktrand implantierter pn-Übergang mit entgegengesetzter Krümmung, entschärft diese Feldüberhöhung gezielt und ist

in praktisch allen modernen Schottky-Dioden-Designs Standard.

Niedrige Durchlassspannung und schnelles Schaltverhalten

Da die Schottky-Barrierehöhe typischerweise niedriger ausfällt als die eingebaute Diffusionsspannung eines vergleichbaren pn-Übergangs, liegt die Durchlassspannung einer Silicium-Schottky-Diode üblicherweise nur bei 0,2 bis 0,45 V, gegenüber etwa 0,6 bis 0,7 V bei einer gewöhnlichen Silicium-pn-Diode. Diese um mehrere hundert Millivolt geringere Durchlassspannung reduziert die Verlustleistung bei hohen Strömen erheblich, was besonders in Anwendungen mit niedriger Ausgangsspannung und hohem Strom, etwa in Gleichrichterschaltungen von Schaltnetzteilen, einen spürbaren Wirkungsgradgewinn bringt.



Von noch größerer praktischer Bedeutung ist jedoch das Schaltverhalten: Da es sich bei der Schottky-Diode um ein reines Majoritätsträger-Bauelement handelt – im Gegensatz zur pn-Diode findet keine Injektion und Speicherung von Minoritätsträgern in der jeweils anderen Zone statt –, entfällt die sogenannte Sperrverzögerungsladung (Reverse Recovery Charge) nahezu vollständig. Bei einer gewöhnlichen pn-Diode muss beim Umschalten von Durchlass- in Sperrrichtung erst die im Bauelement gespeicherte Minoritätsträgerladung abgebaut werden, was abhängig vom Bauelement einige zehn bis mehrere hundert Nanosekunden dauern kann und während dieser Zeit zu unerwünschten Stromspitzen führt; Schottky-Dioden dagegen können im Bereich weniger

Nanosekunden oder sogar darunter schalten, da praktisch nur die vergleichsweise geringe Kapazität der Sperrschicht umgeladen werden muss.

Kompromisse und Anwendungen

Diesen Vorteilen steht allerdings ein spürbarer Nachteil gegenüber: Die niedrigere Barrierehöhe, die im Durchlassbetrieb die geringe Schwellspannung ermöglicht, wirkt gleichermaßen auch in Sperrrichtung, sodass Schottky-Dioden einen deutlich höheren Sperrstrom sowie eine niedrigere Sperrspannungsfestigkeit aufweisen als vergleichbare pn-Dioden – der Sperrstrom kann um mehrere Größenordnungen höher liegen und wächst zudem stärker mit der Temperatur an, was bei höheren Betriebstemperaturen zu thermischer Instabilität führen kann.

In der Praxis werden Schottky-Dioden daher vor allem dort eingesetzt, wo Schaltgeschwindigkeit und niedrige Durchlassverluste wichtiger sind als eine hohe Sperrspannungsfestigkeit: als Gleichrichter in Niedervolt-Schaltnetzteilen, als Freilaufdiode in Abwärtswandlern anstelle einer deutlich langsameren pn-Diode – wie bereits im Kapitel zu Schaltreglern erwähnt –, sowie als Mischer- und Detektordiode in der Hochfrequenztechnik, wo ihre geringe Sperrschichtkapazität und die fehlende Trägerspeicherung bis in den Gigahertz-Bereich hinein sauberes Schaltverhalten ermöglichen. Für höhere Sperrspannungen im Leistungsbereich, wo klassische Silicium-Schottky-Dioden an ihre physikalischen Grenzen stoßen, haben sich, wie im Kapitel zu Verbindungshalbleitern beschrieben, SiC-Schottky-Dioden etabliert, die die geringe Schaltverzögerung des Schottky-Prinzips mit der um ein Vielfaches höheren Durchbruchfeldstärke von Siliciumcarbid verbinden und dadurch Sperrspannungen von mehreren hundert bis über 1000 V bei weiterhin sehr schnellem Schaltverhalten erreichen.