

1 Grundlagen

1.1 Der p-n-Übergang

1.1.1 p-n-Übergang ohne angelegte Spannung

Der p-n-Übergang ist der Übergangsbereich aneinander liegender n- und p-dotierter Halbleiterkristalle. In diesem Bereich gibt es keine freien Ladungsträger, da die freien Elektronen des n-Leiters und die freien Löcher des p-dotierten Kristalls in der Nähe der Kontaktfläche der zwei Kristalle miteinander rekombinieren, d. h. die Elektronen besetzen die freien Löcher. Diese Ladungsträgerbewegung (Diffusion) ergibt sich in Folge eines Konzentrationsgefälles: da es im p-Kristall nur wenige Elektronen und im n-Kristall nur wenige Löcher gibt, wandern die Majoritätsladungsträger (Elektronen im n-Gebiet, Löcher im p-Gebiet) in den jeweils andersartig dotierten Halbleiterkristall. Das Kristallgitter an der Grenzfläche darf nicht unterbrochen werden, ein einfaches „Aneinanderpressen“ eines p- und eines n-dotierten Siliciumkristalls ermöglicht keinen funktionstüchtigen p-n-Übergang.

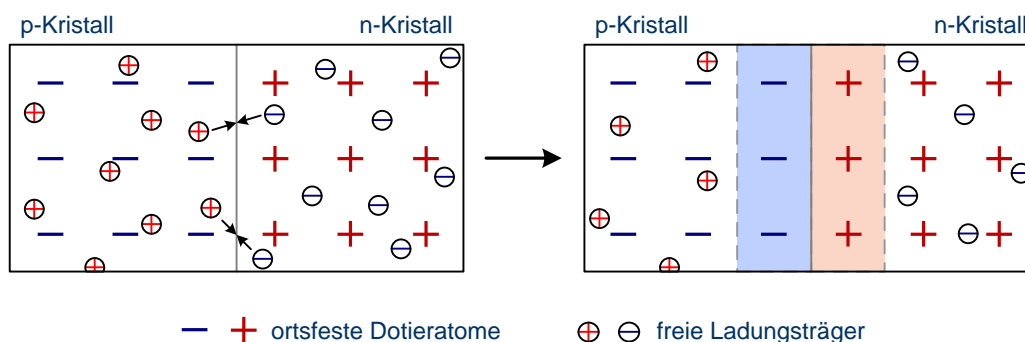


Abb. 1.1: p-n-Übergang ohne angelegte Spannung

Die Gebiete in Nähe der Grenzschicht sind auf Grund der abgewanderten freien Ladungsträger positiv (n-Kristall) bzw. negativ (p-Kristall) geladen. Je mehr Ladungs-

träger rekombinieren, desto größer wird diese Verarmungs- oder Raumladungszone (RLZ) und damit die Spannungsdifferenz von n- zu p-Kristall. Bei einer bestimmten Höhe dieses Potentialgefälles kommt die Rekombination der Löcher und Elektronen zum Erliegen, die Ladungsträger können das elektrische Feld nicht mehr überwinden. Bei Silicium liegt diese Grenze bei etwa $0,7\text{ V}$ (vgl. Bändermodell eines p-n-Übergangs).

Ein p-n-Übergang entspricht einem elektrischen Bauteil, welches durch Anlegen von Spannung den Strom in der einen Richtung leitet (Durchlassrichtung) und in der anderen sperrt (Sperrrichtung): eine Diode.

1.1.2 p-n-Übergang mit angelegter Spannung

Wird am n-Kristall eine positive und am p-Kristall eine negative Spannung angelegt, so zeigen das elektrische Feld im Inneren und das durch die Spannungsquelle erzeugte in die gleiche Richtung. Das Feld am p-n-Übergang wird damit verstärkt. Die jeweils entgegengesetzt geladenen freien Ladungsträger werden von den Polen der Spannungsquelle angezogen, dadurch wird die Sperrschicht vergrößert und es ist kein Stromfluss möglich.

Polt man die angelegte Spannung an den Halbleiterkristallen um, überlagert das durch die Spannungsquelle erzeugte elektrische Feld das innere in entgegengesetzter Richtung und schwächt es ab. Wird das innere Feld vollständig vom äußeren abgebaut, fließen ständig neue Ladungsträger von der Stromquelle zur Sperrschicht und können hier fortlaufend rekombinieren: es fließt Strom.

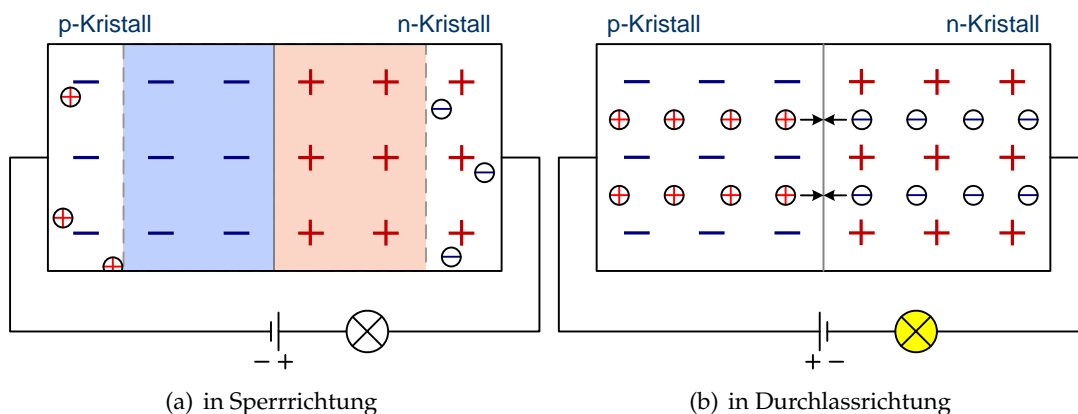


Abb. 1.2: p-n-Übergang mit angeschlossener Spannungsquelle

Die Diode lässt sich auf Grund dieses Verhaltens als Gleichrichter verwenden: zur Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom. Bereiche, in denen p- und n-dotierte Halbleiterkristalle in Kontakt stehen, kommen in vielen elektrischen Bauelementen der Halbleitertechnologie vor.