



Doctoral Thesis

Analytische Berechnung und Messung der Potential- und Dichteverteilung in Silizium-Dreischichtdioden von niederen bis zu höchsten Stromdichten

Author(s):

Weiler, Jean

Publication Date:

1967

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000093377> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. Nr. 4021

**Analytische Berechnung
und Messung der Potential- und Dichteverteilung
in Silizium-Dreischichtdioden von niederen
bis zu höchsten Stromdichten**

ABHANDLUNG

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

JEAN WEILER

dipl. El.-Ing. ETH

geboren am 14. August 1937
luxemburgischer Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von

Prof. Ed. Gerecke, Referent

P.-D. Dr. W. Guggenbühl, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich
1967

3. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Der technisch interessierende Teil der Kennlinie einer Dreischichtdiode lässt sich für die Berechnung in drei verschiedene Gebiete unterteilen:

Niederstromgebiet; charakterisiert durch eine innere Kennlinie $j \sim \exp(\Delta U_J/2T)$ mit einer Bahnspannung U_B , die ausschliesslich vom Verhältnis Länge w der V -Zone zu Diffusionslänge L abhängt und einer der injizierten Dichte proportionalen Stromdichte.

Hochstromgebiet I und II, charakterisiert durch eine innere Kennlinie $j \sim \exp(\Delta U_J/U_T)$ mit einer nichtlinear vom Strom abhängigen Bahnspannung U_B und einer prinzipiell dem Quadrat der injizierten Dichte proportionalen Stromdichte.

Höchststromgebiet, charakterisiert durch eine innere Kennlinie $\Delta U_J = \text{konstant}$ mit einer dem Strom proportionalen Bahnspannung U_B und einer konstanten injizierten Dichte.

Als Bestimmungsgrössen für eine Diode können, im Lichte der entwickelten Theorie, die Diffusionslänge L sowie die Injektionsergiebigkeiten der hochdotierten Zonen welche dem Quotienten Rekombinationsgeschwindigkeit/Dotation entsprechen, sowie die Dotationen selbst der hochdotierten Kontakte gelten.

In dem überstrichenen Strombereich von 1 bis 10 000 A cm⁻² wurde eine Optimierung versucht, die als Ergebnis folgende Vorschriften zeitigte:

Möglichst grosse Diffusionslänge im Bahngebiet, möglichst geringe Rekombinationsgeschwindigkeit bei hoher Dotierung der injizierenden Kontakte.

Anhand von Sondenmessungen wurde die hergeleitete Theorie untermauert.

Der Temperaturkoeffizient der Ventilspannung bei gegebener Stromdichte ist konstant für eine gegebene Diodenstruktur, und zwar unterhalb von $U_V = 1,1$ V negativ, oberhalb dieses Wertes positiv.

SUMMARY

An attempt was made to give an analytical solution for the calculation of the static forward characteristic of three layer silicon $P^+ - n - N^+$ diodes for current densities in the technical range (1 to 10 000 $A\ cm^{-2}$). These calculations yield the following regions for the static characteristic:

Low currents: The characteristic of the diode shows a slope according to $j \sim \exp(\Delta U_J/2 U_T)$, whilst the voltage drop in the base region remains constant and the current density is proportional to the excess injected carrier density.

High currents: The slope of the characteristic changes over to $j \sim \exp(\Delta U_J/U_T)$, the voltage drop in the base region being a nonlinear function of current density. The current density itself proportional to the square of the carrier density.

Very high currents: The characteristic of the diode saturates to a constant voltage drop across the junctions with constant injected carrier densities, whilst the voltage drop across the base region gets proportional to the current density.

Any diode can be fully characterized with the following physical characters: Diffusion length, Injection Efficiency of the highly doped contacts (Ratio of recombination velocity to doping level) and doping level of the emitters.

An optimisation process of the characteristic has shown the following results: A diode can be improved by increasing the diffusion length and by reducing the recombination velocity in the highly doped contacts.

Probe measurements have shown the physical accuracy of the developed theory.

The temperature coefficient of the diode voltage for a given constant forward current is a constant for a given diode. Below $U_V = 1.1\ V$, the voltage decreases with increasing temperature, whilst it increases above this value.