



TU Berlin Fakultät IV
Fachgebiet Halbleiterbauelemente
Praktikum Technologie und Bauelemente der Halbleitertechnik

Praktikum Technologie und Bauelemente der Halbleitertechnik

Dirk Barbendererde (321 836)

Thomas Kapa ()

Alona Siebert ()

zg Dogan (326 048)

1. September 2012

Gruppe 1

Betreuer:

Clemens Helfmeier

Philipp Scholz

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--------------------------------------------------|----------|
| 1 Kennlinie | 1 |
| 2 Schaltverhalten | 1 |
| 3 Emissionsmessung | 1 |
| 3.1 Direkter und indirekter Halbleiter | 2 |
| 3.1.1 direkter Halbleiter | 2 |
| 3.1.2 indirekter Halbleiter | 2 |
| 3.2 Rekombinationsmechanismen | 3 |
| 3.2.1 strahlende Rekombination | 3 |
| 3.2.2 nichtstrahlende Rekombination | 4 |
| 3.3 Messaufbau | 6 |
| 3.4 Messergebnisse | 7 |
| 3.5 Auswertung | 10 |

1 Kennlinie

Benennung der Dateien:

Kennlinie_{Wavernummer}Die[Zeile, Spalte]Messmessung.mat

100 μ A Strombegrenzung

Welche Diode? Welcher Manipulator

SMU1 = GND SMU2 = GND SMU3 = Var1

Unterdiffusion

unterspannung 0.0 2.4 0.5 3.8 0.8 4.5 1.0 5.0 1.3 5.5 1.8 6.7 2.5 8.2 3.0 9.2

TODO:

müssen wir die Dies durchnummerieren?

2 Schaltverhalten

3 Emissionsmessung

TODO:

Einleitung, Theorie, Verknüpfung, Messung, Ergebnisse, Auswertung

Eine Emissionsmessung ist in der Halbleitertechnologie insofern interessant, weil sie Erkenntnisse über charakteristische Eigenschaften des Halbleiters, in unserem Fall die selbst hergestellte Diode, liefert. Dazu gehören die Ladungsträgerlebensdauer $\tau_{n,p}$ und die Diffusionslänge $L_{n,p}$. Auf die Lebensdauer lässt sich mithilfe der Diffusionslänge und des Diffusionskoeffizienten schließen. Dieser ist ein materialabhängiger Wert, welcher von uns nicht weiter beachtet wird. Der folgende Zusammenhang hilft bei der Berechnung von $\tau_{n,p}$:

$$L_{n,p} = \sqrt{\tau_{n,p} \cdot D_{n,p}}$$

Ziel unserer Messung aber, war die Bestimmung der Diffusionslänge in unserer Diode. Dieser wurde über die realisierte Intensitätsmessung anhand der Emissionen in der Diode ermittelt. Dabei wurden folgende Proportionalitätsverhältnisse verwendet:

$$I(x) \sim \Delta n \sim \exp\left(-\frac{x}{L_n}\right)$$

Hierbei werden Strahlungsintensität ins Verhältnis mit der Minoritätsüberschussladungsträgerkonzentration, hier frei bewegliche Elektronen im p-Gebiet, und dieser wiederum ins Verhältnis mit einem Exponentialterm gesetzt. Daher kann man die Intensitätsmessung direkt mit diesem Term in Verbindung setzen, welcher in seinem Argument die gesuchte Diffusionslänge beinhaltet. Weiteres zur Berechnung des L_n steht in der Auswertung der Messung.

Um aber die Intensitätsmessung verstehen zu können müssen einige grundlegende Theorien der Halbleiter bezüglich ihrer Typen und ihrer Rekombinationsarten behandelt und nachvollzogen werden.

Daher gibt es vor der Versuchsdurchführung und der Auswertung zunächst eine kleine Exkursion in den theoretischen Bereich.

3.1 Direkter und indirekter Halbleiter

Es gibt zwei Arten von Halbleitern, die direkten und die indirekten Halbleiter. Diese unterscheiden sich darin, dass die Rekombination eines Ladungsträgers aus dem Leitungs- in das Valenzband unterschiedliche Voraussetzungen erfordert.

3.1.1 direkter Halbleiter

Die Rekombination bei einem direkten Halbleiter ist relativ simpel. Ein freies Elektron braucht dabei nur, unter Abgabe der jeweiligen Energie, den Bandabstand zwischen Leitungs- und Valenzband zu überqueren.

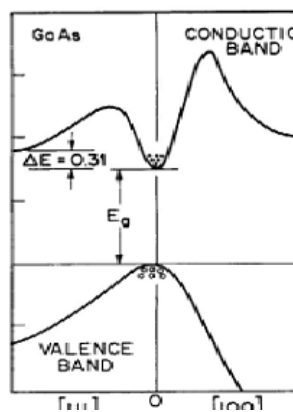


Abb. 1: Rekombination bei einem direkten Halbleiter

3.1.2 indirekter Halbleiter

Die Rekombination bei einem indirekten Halbleiter erfordert neben einem Energieunterschied auch einen Impulsunterschied, damit das Elektron auf dem Valenzband auftreffen kann. Dieser Impulsunterschied ist in der folgenden Abbildung zu erkennen.

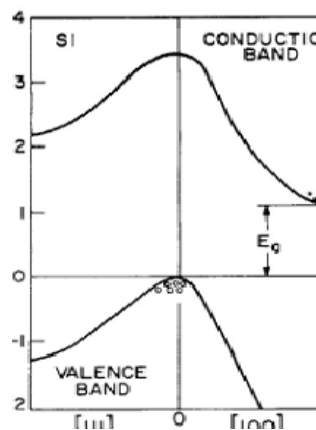


Abb. 2: Rekombination bei einem indirekten Halbleiter

TODO:

Bildquellen, TBH-Skript S.92 einfügen

Ein weiterer Unterschied zwischen direkten und indirekten Halbleitern ist der, dass direkte Halbleiter hauptsächlich strahlend Rekombinieren, wohingegen indirekte Halbleiter stochastisch betrachtet fast nur nichtstrahlend Rekombinieren. Dennoch findet mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit auch vereinzelt strahlende Rekombination in den indirekten Halbleitern statt.

Bevor weiter darauf eingegangen wird, in wie fern dies für die Emissionsmessung von Bedeutung ist, werden die Rekombinationsarten, strahlend und nichtstrahlend, wiederholt.

3.2 Rekombinationsmechanismen

Eine Rekombination erfolgt stets unter Abgabe von einer Energiedifferenz. Dabei wird unterschieden, ob diese Energie in Form eines Lichtquants oder von Wärme abgegeben wird, wodurch auch die Beschreibung strahlend oder nichtstrahlend entsteht.

Nun folgen je ein Beispiel für diese Mechanismen.

3.2.1 strahlende Rekombination

Die strahlende Rekombination, hauptsächlich bei direkten Halbleitern zu sehen, besagt, dass der rekombinierende Ladungsträger die Energiedifferenz, welche er zurücklegt, in Form eines Photons freigibt. Die Energie dieses Photons beträgt genau die Energie des Bandabstands zwischen den beiden Bändern. Anders ausgedrückt kann man sie auch Rekombinationsenergie nennen:

$$W_{\text{Rek}} = h \cdot \nu$$

Diese Rekombinationsenergie setzt sich aus dem Produkt aus dem Planckschen Wirkungsquantum h und die Frequenz des entstehenden Lichts ν .

Ein Beispiel für die strahlende Rekombination ist die Band-Band-Rekombination, welche in der folgenden Abbildung dargestellt wurde:

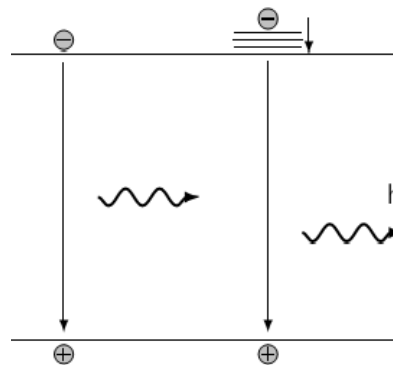


Abb. 3: strahlende Band-Band-Rekombination

Man erkennt ein Elektron, welches beim Rekombinieren, die bereits erwähnte Rekombinationsenergie in Form eines Photons abgibt. Es kann aber auch vorkommen, dass die abgegebene Energie an ein weiteres Elektron im Leitungsband abgegeben wird, wodurch dieser auf ein höheres Energieniveau im Leitungsband angehoben und wieder runterfallen kann. Diese Möglichkeit ist bei der strahlenden Rekombination die unwarscheinlichere Variante.

3.2.2 nichtstrahlende Rekombination

Die nichtstrahlende Rekombination findet hauptsächlich bei indirekten Halbleitern statt. Dabei wird die Rekombinationsenergie an ein weiteres Elektron im Leitungsband abgegeben, welches auf ein höheres Energieniveau angehoben wird und unter Abgabe von thermischer Energie wieder runterfallen kann.

Als ein Beispiel für die nichtstrahlende Rekombination wird die Augerrekombination dargestellt:

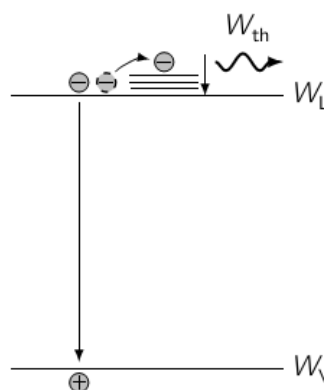


Abb. 4: nichtstrahlende Auger-Rekombination

Die für die Emissionsmessung verwendete Diode besteht aus Silizium, welcher ein indirekter Halbleiter ist und dessen Rekombinationen hauptsächlich nichtstrahlend

ist. Wie aber schon bei den Halbleitertypen erwähnt, kann es bei indirekten Halbleitern auch mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit zu strahlender Rekombination kommen. Da die Abgabe von thermischer Energie zu einem Temperaturunterschied in der Diode führen würde, bräuchte man bei den Emissionsmessung sehr feine und genau Thermometer, welche im μm -Bereich nicht realisierbar sind. Daher wird die stochastisch in geringer Menge vorhandene strahlende Rekombination betrachtet um über die mit lichtempfindlichen Kameras gemessene Lichtintensitäten auf die gesuchte Diffusionslänge schließen zu können.