

Der Beitrag nicht-thermalisierter Ladungsträger zum Photostrom am InP:Zn/SnO₂:F-Heterokontakt

Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Naturwissenschaften

- Dr. rer. nat. -

(genehmigt)

von

Diplom Physiker

Matthias Neges

aus München

im

Fachbereich Physik

der Freien Universität Berlin

eingereicht.

Berlin, 2003

Dissertation eingereicht am:

23. Dezember 2003

Tag der Disputation:

13. Februar 2004

Erstgutachter:

Prof. Dr. F. Willig

Zweitgutachter:

Priv. Doz. Dr. R. Rentzsch

Befürwortender Professor:

Prof. W. Brewer PhD

Matthias Neges

Der Beitrag nicht-thermalisierter Ladungsträger zum Photostrom am InP:Zn/SnO₂:F-Heterokontakt

Kurzzusammenfassung

In einem theoretischen Szenario ist für eine Solarzelle ein Wirkungsgrad von über 60% vorhergesagt worden, wenn die heiß erzeugten Elektronen vor ihrer Energierelaxation mit einem energieselektiven Kontakt eingefangen werden könnten. Die bei diesem Szenario gemachte Annahme, dass photoerzeugte heiße Elektronen die Oberfläche eines Absorbermaterials mit großer Wahrscheinlichkeit erreichen, wurde in dieser Arbeit auf der Basis experimenteller Ergebnisse überprüft.

Als Absorbermaterial wurde InP:Zn ausgewählt und als transparentes Kontaktmaterial SnO₂:F. An diesem Heterokontakt wurde das Anregungsspektrum des Photostroms bei tiefen Temperaturen oberhalb von 10 K gemessen. Es weist bis etwa 95 K periodische Minima auf, die aus einer erhöhten Rekombinationswahrscheinlichkeit für Elektronen mit bestimmter kinetischer Anfangsenergie entstehen. Unterhalb von 35 K entsteht das Minimum bei einer Photonenenergie, bei der das primär erzeugte heiße Elektron durch Emission von LO-Phononen genau das Leitungsbandminimum erreicht. Hier besteht eine erhöhte Rekombinationswahrscheinlichkeit. Oberhalb von 35 K ergibt eine Extrapolation der Photonenenergien, bei denen ein Minimum vorliegt, zum Einsatzpunkt nicht mehr die Bandlücke, sondern eine bis zu 4,5 meV geringere Energie. Der bei tiefen Temperaturen erhöhte Photostrom zwischen zwei Minima nimmt bei Erhöhung der Temperatur ab. Photolumineszenzspektren des InP:Zn-Absorbers und des InP:Zn/SnO₂:F-Heterokontaktes zeigen verschiedene strahlende Rekombinationskanäle. Nach der Präparation des Heterokontakts treten zusätzliche Emissionen bei 1,361 eV, 1,335 eV und 1,29 eV Photonenenergie auf. Die zugehörigen Einfangzentren führen zu der Verschiebung der Einsatzenergie für die LO-Phonon-Kaskade mit steigender Temperatur.

Unter Verwendung der Monte-Carlo-Methode wurde der Transport der heißen Elektronen unter Berücksichtigung der in Frage kommenden Streuprozesse simuliert. Damit wurde das Auftreten der Minima und die Temperaturabhängigkeit des Anregungsspektrums für den Photostrom qualitativ beschrieben worden. Die bei tiefen Temperaturen gemessene Erhöhung des Photostroms zwischen zwei Minima kann daraus der kürzeren Laufzeit von nicht-thermisch verteilten Elektronen bis zum Einfang am Kontakt zugeordnet werden.

Die Extrapolation der Simulation auf Raumtemperatur ergibt eine nicht-thermische Energieverteilung der Elektronen beim Auftreffen auf den Heterokontakt. Die Simulation erfasst den Energiebereich vom Leitungsbandminimum bis 0,3 eV darüber. In diesem Energieintervall erzeugte heiße Elektronen geben einen Beitrag von bis zu 48% zum Photostrom am Heterokontakt, wenn sie nur 10 nm entfernt vom Kontakt erzeugt werden.

