

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

Die Verteilung von Exzitonen in Halbleiterdioden

Leuchtdioden funktionieren ganz anders als gedacht. Das behaupten Physiker von der Philipps-Universität Marburg. Nicht Quasiteilchen sollen Ursache sein für das Leuchten der Halbleiter, sondern die lose Sammlung von geladenen Teilchen. Nach Ansicht von Stephan Koch und Mackillo Kira beruhen die falschen Annahmen über Leuchtdioden darauf, dass die Quasiteilchen in den Halbleitern bisher nur indirekt nachgewiesen werden.

Als Quasiteilchen gilt in der Halbleiterphysik ein Exziton. Das Exziton bezeichnet eine elementare Anregung eines Festkörpers, der in einem gebundenen Zustand aus einem Elektron und einem so genannten Loch besteht. Ein Loch ist eine Stelle im Halbleiter, an der ein Elektron fehlt. Ein solches kann durch Anregung entstehen. Dann wird durch die Anregungsenergie das Elektron aus seiner Bindungsstelle herausgelöst. Das heißt, das Elektron geht vom Valenzband ins Leitungsband eines Kristallatoms des Halbleiters über. Das hinterlassene Loch im Valenzband und das Elektron im Leitungsband ziehen sich elektrostatisch an zu einem Verbund, dem Exziton. Das Exziton trägt dann seine Anregungsenergie durch den Halbleiter.

Aus zwei Halbleitern besteht eine Diode. Dabei hat der eine Halbleiter einen Überschuss an Elektronen, der andere Halbleiter besitzt dagegen mehr Löcher. Am Übergang vom einen Halbleiter auf den anderen fallen die Elektronen aus den Leitungsbändern in die Löcher - sie rekombinieren. Weil die gebundenen Elektronen nicht rekombinieren können, entsteht zwischen dem negativen und dem positiven Halbleiter ein elektrisches Feld, das Strom nur in eine Richtung durchlässt. Wird an die Diode eine Spannung in die Durchlassrichtung angelegt, überqueren die Elektronen im Leitungsband des negativen Halbleiters das elektrische Feld und wechseln im positiven Halbleiter in das Valenzband, das für sie energetisch günstiger ist. Die mitgeführte Anregungsenergie wird bei der Rekombination frei und als Licht abgestrahlt.

Es rekombinieren in einer Leuchtdiode jedoch nicht nur Exzitonen. In den Halbleitern befinden sich Elektronen und Löcher nicht nur in gebundenen Zuständen, sie kommen auch als

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

lose Sammlung geladener Teilchen vor. Ein solches Elektron-Loch-Plasma dominiert sogar bei der Lichterzeugung im Halbleiter. „Das lässt sich an den Eigenschaften des ausgesandten Lichts direkt erkennen“, sagt Koch. Damit aber sei die Annahme eines Leuchtens nicht mehr haltbar, das auf Exzitonen zurückgehe, die sich in der Sperrschicht des Halbleiters wie ein ideales Gas verhalten. Vielmehr müsse der Halbleiterübergang in einer Leuchtdiode als Vielteilchensystem begriffen werden, dessen Teilchen miteinander wechselwirken.

Das „massive Unverständnis hinsichtlich der Hintergründe der Lichtemission“ führen Koch und Kira darauf zurück, dass die Verteilung der Exzitonen derzeit experimentell nur indirekt ermittelt wird. Andere Ursachen des Leuchtens wie das allmähliche Verschwinden des Polarisationszustandes oder die Abstrahlung des Ladungsträgerplasmas lassen sich mit diesen Methoden jedoch nicht klar von der Rekombination der Exzitone unterscheiden. Die Marburger Physiker schlagen daher als Methode für den Nachweis der Exzitonverteilung die Terahertz-Spektroskopie vor. Bei dieser Methode wird Licht im Bereich zwischen Infrarot und Mikrowelle aufgenommen, das eine Billion Mal in der Sekunde schwingt. „Diese Frequenz ist genau auf Exzitonen abgestimmt, so dass sie mit der Terahertz-Spektroskopie gewissermaßen direkt beobachtet werden können“, sagt Kira.