

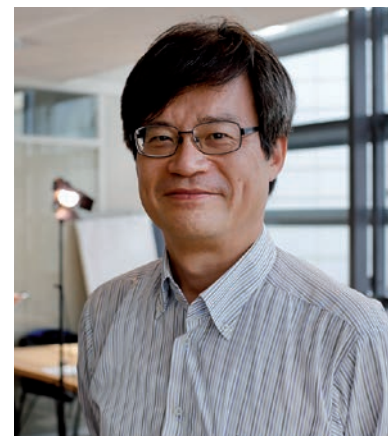
■ Es werde blaues Licht!

Die drei gebürtigen Japaner Isamu Akasaki, Hiroshi Amano und Shuji Nakamura teilen sich den Physik-Nobelpreis 2014 für die Entwicklung der blauen LED.

Ganz im Sinne Alfred Nobels würdigt der diesjährige Physik-Nobelpreis eine Erfindung, die großen Nutzen für die Menschheit hat – nämlich die Entwicklung der blauen LED. Erst diese ermöglicht es, effiziente und energiesparende LEDs herzustellen, die weißes Licht emittieren. Für ihre jahrelangen Arbeiten aus den frühen 1990er-Jahren erhielten die drei gebürtigen Japaner Isamu Akasaki, Hiroshi Amano und Shuji Nakamura nun den verdienten Lohn.

Bereits 1907 entdeckte Henry J. Round an Kristallen aus Siliziumkarbid das Phänomen der Elektrolumineszenz: Dabei emittiert ein Festkörper Licht, wenn ein elektrischer Strom durch ihn fließt. Er beobachtete, dass Stromfluss und Lichtemission stark vom Vorzeichen der angelegten Spannung abhängen, wie es von einer gleichrichtenden Diode bereits bekannt war – dies war die Geburtsstunde der lichtemittierenden Diode. Rund 20 Jahre später untersuchte Oleg V. Losev die Lichtemission weiter – doch weder er noch Round verstanden das Phänomen. Erst mehrere Jahrzehnte später gelang es, die Elektrolumineszenz theoretisch zu beschreiben.

Zentrales Element einer Leuchtdiode ist ein pn-Übergang aus kristallinen dotierten Halbleiterschichten. In Vorwärtsrichtung betrieben, fließt im n- bzw. p-leitenden Gebiet ein elektrischer Strom aus Elektronen bzw. Löchern in die Richtung des Übergangs. Dort können Elektronen aus dem Leitungsband mit Löchern aus dem Valenzband rekombinieren und Licht abstrahlen. Da III-V-Verbindungshalbleiter eine direkte Bandlücke besitzen, versprechen sie eine effiziente Lichtemission. Nachdem in den 50er-Jahren Technologien entwickelt wurden, um effiziente pn-Übergänge aus diesen Halbleitern herzustellen, gelang es in den frühen bzw. späten 60er-Jahren, LEDs herzustellen, die rotes bzw.



Isamu Akasaki (links oben) ist mit 85 Jahren der älteste der drei Physik-Nobelpreisträger. Er wurde in Chiran (Japan) geboren und promovierte 1964 an der Universität Nagoya, an der er auch seine ausgezeichneten Arbeiten durchführte. Sein damaliger Doktorand Hiroshi Amano (rechts oben) wurde 1960 in Hamamatsu (Japan) geboren. Er promovierte 1989 an der Universität Nagoya, wo er als Professor tätig ist. Shuji Nakamura (links unten) wurde 1954 im japanischen Ikata geboren, inzwischen arbeitet er an der University of California in Santa Barbara (USA) und ist amerikanischer Staatsbürger.

grünes Licht aussenden. Doch um weißes Licht zu erzeugen, ist zudem eine blaue LED erforderlich.

Viele Wissenschaftler und Labore scheiterten an dem Versuch, eine blaue LED herzustellen. Galliumnitrid (GaN) galt als Material der Wahl für diese Aufgabe, und so begannen auch Isamu Akasaki und sein Doktorand Hiroshi Amano an der Universität Nagoya damit, aus GaN hochreine Kristalle zu züchten. Nach jahrelangen Bemühungen kam 1986 der Durchbruch, als sie einen hochreinen GaN-Kristall mit guten optischen Eigenschaften züchten konnten. Ein paar Jahre später erzeugten sie eine p-Schicht und entdeckten, dass ihr Kristall stärker leuchtete, wenn sie ihn unter einem Elektronenmikroskop betrachteten. 1992 schließlich konnten Akasaki und Amano die erste blaue LED präsentieren.

Zur gleichen Zeit forschte auch Shuji Nakamura bei Nichia

Chemicals in Tokushima an GaN und entwickelte eine etwas andere Methode, um hochreine Kristalle zu züchten, indem er zunächst bei niedriger Temperatur eine dünne Schicht Galliumnitrid herstellte und weitere Schichten bei höheren Temperaturen aufwuchs. Im gleichen Jahr wie Akasaki und Amano stellte auch Nakamura eine blaue LED vor und erklärte zudem, wie so seine Konkurrenten mit ihrem Elektronenstrahl Erfolg hatten – dieser entfernte nämlich störenden Wasserstoff.

Alle drei Wissenschaftler haben jahrelang konsequent auf ihr Ziel hingearbeitet, Rückschläge eingesteckt, aus Fehlern gelernt und Techniken weiterentwickelt. Sie führten tausende unterschiedliche Experimente durch, bis sie zum ersten Mal mit blauem Licht belohnt wurden. In den 90er-Jahren verbesserten sie ihre blauen LEDs und steigerten deren Effizienz, zudem

entwickelten sie einen blauen Laser, der als Kernstück eine blaue LED enthält. Diese Erfindungen haben nicht nur die Beleuchtung revolutioniert, sondern beispielsweise auch zur Entwicklung von Blu-ray-Discs und besseren Laserdruckern geführt. LEDs finden sich überall im Alltag – in LCD-Fernsehern, Smartphones oder Autoscheinwerfern. Insofern kommt der Nobelpreis für die Entdeckung der blauen LED nicht allzu überraschend, und

dennoch erreichte das Nobelkomitee vor der Verkündung nur zwei der Preisträger: Hiroshi Amano saß nämlich gerade an Bord eines Flugzeugs und war telefonisch nicht zu erreichen. Aber auch Nakamura hat nicht mit dem Preis gerechnet, denn er wurde ganz klassisch in seiner Wahlheimat Santa Barbara vom nächtlichen Anruf geweckt.

Am 10. Dezember – dem Todestag Alfred Nobels – werden Isamu Akasaki, Hiroshi Amano und Shuji

Nakamura den Nobelpreis aus den Händen des schwedischen Königs erhalten. Für den bereits 85 Jahre alten Akasaki, der sich selbst als „besessen“ bezeichnet hat und als einen Studenten, der sich immer gern mit den besonders schwierigen Aufgaben beschäftigt hat, ist es die Krönung eines langen Forscherlebens.

Maike Pfalz

■ Im Zentrum des Donuts

Den Chemie-Nobelpreis teilen sich der deutsche Physiker Stefan W. Hell und die beiden US-Amerikaner Eric Betzig und William E. Moerner für die Entwicklung höchstauflösender Fluoreszenzmikroskopie.

Seit mehr als hundert Jahren ist das Abbesche Beugungslimit in der optischen Mikroskopie bekannt. Demnach kann die Auflösung eines Lichtmikroskops höchstens die halbe Wellenlänge des verwendeten Lichts betragen, also rund 200 Nanometer. In diesem Jahr erhalten drei Wissenschaftler den Chemie-Nobelpreis, weil sie unabhängig voneinander zwei Methoden entwickelt haben, um diese fundamentale Grenze für die Lichtmikroskopie zu überwinden und damit das Tor in die Nanoskopie aufzustoßen. Zu gleichen Teilen geht der Preis an den deutschen Physiker Stefan W. Hell vom MPI für biophysikalische Chemie in Göttingen und die beiden US-Amerikaner Eric Betzig und William E. Moerner.

Im Jahr 1873 formulierte Ernst Abbe das Beugungslimit, demzufolge die „Unterscheidungsgrenze für centrale Beleuchtung doch niemals über den Betrag der ganzen, und für äusserste schiefe Beleuchtung niemals über den der halben Wellenlänge des blauen Lichts um ein Nennenswerthes hinausgehen wird“. Eine Auflösung von 200 Nanometer reicht aber für Anwendungen in der Medizin oder Biologie bei weitem nicht aus, denn dort geht es darum, Strukturen in lebenden Zellen zu untersuchen.

Stefan W. Hell entwickelte in den 90er-Jahren die Theorie für die Stimulated-Emission-Depletion-



Janelia



K. Lowder CCA SA3.0



MPIPC

Mikroskopie (STED), im Jahr 2000 gelang ihm die experimentelle Umsetzung. STED verbessert die Auflösung um mehr als den Faktor 10 und erlaubt prinzipiell molekulare Auflösung. Dazu kommen zwei Laser zum Einsatz, von denen einer Farbstoffmoleküle zur Fluoreszenz anregt. Der zweite Laser schaltet

Der US-Amerikaner Eric Betzig (links oben) wurde 1960 in Ann Arbor geboren. Er promovierte an der Cornell University und ist inzwischen am Janelia Farm Research Campus in Ashburn tätig. William E. Moerner (rechts oben) wurde 1953 im kalifornischen Pleasanton geboren und promovierte ebenfalls an der Cornell University. Er ist Professor an der Stanford University. Stefan W. Hell (links) wurde 1962 in Arad (Rumänien) geboren. Er promovierte in Heidelberg und ist nun Direktor am MPI für biophysikalische Chemie in Göttingen sowie Abteilungsleiter des DKFZ in Heidelberg.

die Fluoreszenz wieder aus, indem er die angeregten Fluoreszenzfarbstoffe durch stimulierte Emission wieder in den Grundzustand zwingt. Der zweite Laserstrahl hat dabei ein ringförmiges Profil (ein „Donut“), sodass in der Summe nur in einem winzigen Bereich die Fluoreszenz bestehen bleibt. Ras-