

News

Hightech
Forschung
Hochschule
Magazin
DPG

Findemaschine

Themen
Publikationen
Meine Publikationen

Science + Fun Shop**Zeitschriften**

Physik Journal
Physik in unserer Zeit
MaxPlanckForschung
Laser Technik Journal
Optik & Photonik
NanoS Guide/Journal

**Unsere Journals**

Ihre Produktinformation kann print und online erscheinen

Laserphysik auf den Kopf gestellt

19-04-2010

Ein Effekt bei Quantenpunktlasern erlaubt maßgeschneiderte, wechselnde Wellenlängen.

Darmstädter Physiker haben einen Effekt gefunden, der die Grundlagen der Halbleiterphysik quasi "auf den Kopf" stellt: Üblicherweise beginnt die Lasertätigkeit bei Halbleiterlasern auf dem energetisch niedrigsten Zustand; erst mit wachsendem Pumpstrom setzt auch die Emission von höherenergetischen, d.h. kurzwelligeren Photonen ein. Forscher der Arbeitsgruppe Halbleiteroptik des Instituts für Angewandte Physik der TU Darmstadt um Wolfgang Elsässer haben nun die Möglichkeit entdeckt, dass Quantenpunkt laser zunächst kurzwellige Photonen emittieren. "Diese von uns gefundene umgekehrte Zustandshierarchie erlaubt es, 'quasi auf Bestellung' maßgeschneiderte Wellenlängen in einem für viele Anwendungen interessanten Wellenlängenbereich zu erzeugen. Darüber hinaus erlaubt die Methode, nicht nur einfacher zwischen zwei Wellenlängen hin- und herzuschalten, sondern auch gezielt Effekte des Lasersystems zur Verbesserung von Pulseigenschaften auszunutzen", erläutert Elsässer.

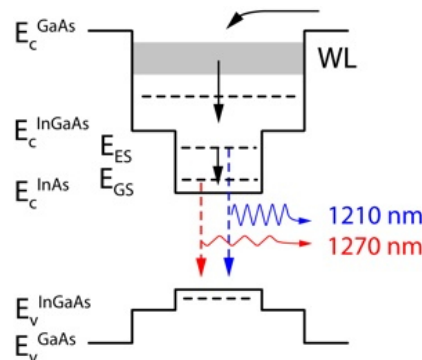


Abb.: Schematische Darstellung der quantisierten Zustände in der Quantenpunkt-Bandstruktur mit Energieniveaus des Grundzustandes E_{GS} und des angeregten Zustandes E_{ES} . (Bild: AG Halbleiteroptik/TU Darmstadt)

Quantenpunkt-Halbleiterlaser stellen heutzutage – unabhängig von der verlockenden Aussicht auf vielfältige Anwendungen – ein faszinierendes Forschungsfeld dar. Denn sie weisen ein besonders interessante Emissionsdynamik auf, die durch die Existenz eines Grundzustandes (ground state GS) und eines angeregten Zustandes (excited state ES) in dem quantisierten und stark inhomogen verbreiterten Energieschema der komplexen Halbleiter-Doppelheterostruktur bedingt ist. Diese Konstellation kann zu komplizierten und vielfältigen Wechselwirkungsszenarien bei der Emission solcher Laser führen.

Mögliche Konsequenz: Umgekehrte Zweizustands-Hierarchie der Laseremission

Durch sogenannte passive Modenkopplung können in Zweisegment-Quantenpunktlasern – bestehend aus einem langen Gewinn-Segment und einem kurzen Absorbersegment – optische Pulse mit Repetitionsraten von mehreren 10 GHz und Pulsbreiten von weniger als 10 Pikosekunden erzeugt werden. Dazu wird an dem Absorber-Segment eine negative Spannung angelegt und das Gewinn-Segment mit einem Strom gepumpt. Kürzlich wurde eine für diese QP-Laser eine Besonderheit beobachtet: die sogenannte modengekoppelte Zweizustands-Laseremission. Dabei treten Modenkopplung bei GS- und ES-Emission gleichzeitig auf. Dabei tritt mit zunehmendem Injektionsstrom ein Übergang von der energetisch tieferliegenden (also langwelligeren) GS-Emission zur höher-energetischen (also kurzwelligeren) ES-Emission auf.

Den Wissenschaftlern der Arbeitsgruppe Halbleiter-Optik an der TU Darmstadt gelang es nun, mittels einer speziell entworfenen, von der University of Sheffield (Großbritannien) mithilfe von Molekularstrahlepitaxie (MBE) gewachsenen und von den Alcatel-Thales III-V Labs (Frankreich) prozessierten QP-Halbleiterlaserstruktur, diese „übliche Emissionshierarchie“ quasi „auf den Kopf“ zu stellen. Mit ihrer

Toolbox

Druckansicht

**Verwandte Artikel**

Bessere Lichtquelle für Quantenkryptografie
26-10-2009

Gefangene Elektronen leben länger
18-08-2009

Neuartige Lichtquellen für die abhörsichere Telekommunikation
19-05-2009

Das schärfste Lichtbild der Welt
01-09-2008

Produkt des Monats**Vielseitige Allroundkamera**

Hersteller: Hamamatsu.

Login

E-Mail:

Passwort:

Passwort vergessen?

Produkt des Monats**Neuer Gepulster Farbstofflaser**

Hersteller: Sirah Laser- und Plasmatechnik.

Produkt des Monats**IR-Laser Beam Profiler**

Hersteller: Cinogy.

Highlight**Produkt des Monats**

Sie möchten hier auch Ihr Produkt oder Ihre Dienstleistung präsentieren? Klicken Sie hier.

Tagung**Photonics Europe 2010 in Brüssel**

Neueste Forschung, intensives networking

Struktur fanden die Darmstädter, daß schon bei Null Volt Absorberspannung – also ohne hohe Rückwärtsspannung – stabile modengekoppelte Laseremission auftritt. Interessanterweise emittiert der Laser zuerst Pulse auf dem angeregten Zustand ES bei 1207 nm. Erst mit höherem Injektionsstrom tritt ein Übergang zu stabilem GS-Mode-Locking bei einer Emissionswellenlänge von 1270 nm auf. Dazwischen liegt ein großer Koexistenzbereich mit der simultanen Emission beider modengekoppelter Zustände, was durch die Existenz von Vier-Wellenmischsignalen im Radio-Frequenz-Spektrum nachgewiesen werden konnte [1,2].

„Chirping“ der aktiven Zone verantwortlich für Kopfstand der Quantenpunkte

Diese neuartigen und zunächst überraschenden Befunde werden den besonderen physikalischen Eigenschaften der realisierten QP-Multilayer-Struktur zugeordnet, wie z.B. dem gezielt eingestellten, starken „Chirping“ beim Stranski-Krastanov-MBE-Wachstum. Als „Chirping“ bezeichnet man in diesem Zusammenhang die absichtliche Erzeugung von Quantenpunkten mit einer stark inhomogenen Linienverbreiterung. Die Schlüsselgröße ist hierbei die relativ kleine Anzahl von QP-Schichten, sodass der gesättigte modale Gewinn – also die Verstärkung in der aktiven Zone des Lasers – bei der GS-Wellenlänge signifikant kleiner ist als bei gewöhnlichen „nicht-gechirpten“ Strukturen.

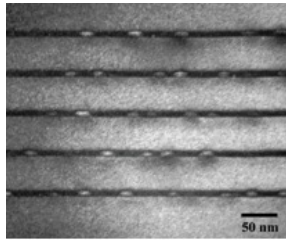


Abb.: Transmissionelektronenmikroskop-Aufnahme der Quantenpunkte, die die Emissionshierarchie umkehren. (Bild: Department of Electronic and Electrical Engineering, University of Sheffield)

Diese Erklärungen sind voll in Einklang mit hierzu durchgeführten Modellierungsrechnungen am Politecnico di Torino (Italien). Die Rechnungen reproduzieren die experimentell gefundenen Emissionscharakteristika, insbesondere die Übergänge zwischen GS- und ES-Emission, sowie die Pikosekunden-Pulsbreiten. Darüber hinaus erlaubt aber das Modell auch Einblick in die zugrundeliegende Physik. So zeigt es insbesondere die Bedeutung eines Photon-Pump-Prozesses – die Absorption von hochenergetischen ES-Photonen im Absorbersegment. Die Ladungsträger relaxieren dort in den Grundzustand und machen damit eine GS-Emission erst möglich.

Diese neuartigen dynamischen Zweizustandregime können nun interessante Konsequenzen haben. Innerhalb des Europäischen Integrierten Projektes „FAST DOT“ gelang es dem Wissenschaftler Stefan Breuer aus der selben Arbeitsgruppe Zweizustandselektivität durch den Self-Electro-Optical Effect (SEED) an einem passiv modengekoppelten Zwei-Segment-QP-Laser zu demonstrieren [3]. Dazu beschaltete Breuer das Absorbersegment eines dieser speziell entworfenen Laser mit einem einfachen externen Ohmschen Widerstand. Durch Verändern des Widerstandes konnte er einen Übergang der Emissionswellenlänge der modengekoppelten kurzen Pulse vom ES- zum GS-Zustand erreichen. Für einen 2 k Ω Widerstand trat modengekoppelte Emission auf dem Grundzustand auf. Der angeregte Zustand emittierte nicht. Mit abnehmendem Widerstand war simultane Emission von ES und GS zu beobachten, bis schließlich bei einem Widerstand von 1 Ω ausschließlich modengekoppelte ES-Emission auftrat. Dieses einfache Konzept erlaubt so maßgeschneiderte Emissionswellenlängen von modengekoppelten Pulsen quasi „auf Bestellung“, was für eine Vielfalt von Anwendungen von Interesse ist.

[1] S. Breuer et al.: Reverse ground-state excited-state transition dynamics in mode-locked two-section quantum dot semiconductor lasers. Zur Publikation bei Opt. Lett. eingereicht (2010)

[2] S. Breuer et al.: Reverse ground-state excited-state transition dynamics in two-section quantum dot semiconductor lasers: mode-locking and state-switching. Akzeptiert zur Veröffentlichung in Proc. SPIE **7720** (2010)

[3] S. Breuer, W. Elsässer, M. Hopkinson: State-Switched Modelocking of a Two-Segment Quantum Dot Laser via a Self-Electro-Optical Quantum Dot Absorber. Electron. Lett. **46**, 2 (2010)
<http://dx.doi.org/10.1049/el.2010.3360>

W. Elsässer / S. Breuer / TU Darmstadt / P. Hummel

Weitere Infos:

- Website der AG Halbleiteroptik (Elsässer) an der TU Darmstadt:
<http://www.iap.tu-darmstadt.de/blo/>

und die EU Initiativen für Photonik standen im Mittelpunkt der Tagung.

Lehrbuch-Tipp

Das neue Set: Theoretische Physik von Reineker, Schulz und Schulz



LPR Sonderheft

Laser & Photonics Reviews - Sonderheft: 50 Years of Laser



Autoren im Gespräch

Roland Wengenmayr



Geheimnisvoller Kosmos

Astro-Tipp

Lichtjahre



Astronomiebücher von Wiley-Blackwell – für jedes Thema etwas dabei

CLOCKSS

Controlled LOCKSS



CLOCKSS archiviert webbasierte wissenschaftliche Publikationen auch für zukünftige Generationen.

<http://www.rap.tu-darmstadt.de/mv/>

Forschung | Hightech | Hochschule | Magazin | DPG
Stellenmarkt | Produkte & Anbieter | Veranstaltungen | Bücher | Physiktrainer
Physik in unserer Zeit | Laser Technik Journal | Nanos Guide/Journal | Physik Journal
Halliday

[Datenschutz](#) | [Nutzungsbedingungen](#) | [Impressum](#) | [Webmaster](#)

copyright 2001 - 2010
pro-physik.de