

(Ga)InAs/Ga(In)As-Quantenpunkt- laserdioden für Hochleistungs- und Telekommunikationsanwendungen

Dissertation zur Erlangung des
naturwissenschaftlichen Doktorgrades
der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität
Würzburg

vorgelegt von

Frank Klopff

geboren in Würzburg

Würzburg

2004

Eingereicht am: 29.10.2004

Bei der Fakultät für Physik und Astronomie

1. Gutachter: Prof. Dr. J.P. Reithmaier

2. Gutachter: Prof. Dr. G. Landwehr

der Dissertation

1. Prüfer: Prof. Dr. J.P. Reithmaier

2. Prüfer: Prof. Dr. W. Kinzel

der mündlichen Prüfung

Tag der mündlichen Prüfung: 13.12.2004

Doktorurkunde ausgehändigt am:

Berichte aus der Physik

Frank Klopf

**(Ga)InAs/Ga(In)As-Quantenpunktlaserdioden
für Hochleistungs- und
Telekommunikationsanwendungen**

Shaker Verlag
Aachen 2005

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Würzburg, Univ., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2005

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4089-6

ISSN 0945-0963

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Theoretische Grundlagen	6
2.1. Laserprinzip	6
2.2. Funktionsweise eines Halbleiterlasers	13
2.3. Wichtige Kenngrößen von Halbleiterlaserdioden	17
2.4. Abhängigkeit der Lasereigenschaften von der Dimension des aktiven Materials	20
3. Selbstorganisiertes Wachstum von GaInAs/GaAs- und InAs/GaInAs-Quantenpunktschichten	27
3.1. Grundlagen der Molekularstrahlepitaxie	27
3.2. Grundlagen des selbstorganisierten Wachstums von Quantenpunkten	32
3.3. Wachstum von GaInAs/GaAs-Quantenpunktschichten mit einer Emissionswellenlänge von 980 nm	34
3.4. Wachstum von InAs/GaInAs-Quantenpunktschichten mit einer Emissionswellenlänge von 1,3 μm	38
4. GaInAs/GaAs-Quantenpunktlaser für Hochleistungsanwendungen bei einer Emissionswellenlänge von 980 nm	44
4.1. Aufbau der Laserstrukturen	44
4.2. Einfluss der Beschaffenheit des Wellenleiters auf grundlegende Eigenschaften von Quantenpunktlaserstrukturen	48
4.3. Einfluss der Dimensionalität der aktiven Schicht auf grundlegende Lasereigenschaften	51
4.4. Einfluss der Dimensionalität der aktiven Schicht auf die Temperaturstabilität der Emissionswellenlänge	59
4.5. Hochleistungslaser auf der Basis von GaInAs/GaAs-Quantenpunktschichten	69

5. InAs/GaInAs-Quantenpunktlaser für Telekommunikationsanwendungen	79
bei einer Emissionswellenlänge von 1,3 μm	
5.1. Aufbau der Laserstrukturen	79
5.2. Grundcharakterisierung der Laserstrukturen	81
5.3. Rippenwellenleiterlaser	88
5.4. Laser mit verteilter Rückkopplung	94
Literaturverzeichnis	102