

Zusammenfassung

Quantenpunkte (QDs) sind Halbleiter-Nanostrukturen mit atomartigen optischen und halbleiterspezifischen elektronischen Eigenschaften. Die einzigartigen physikalischen Eigenschaften und potentielle Anwendungen, wie etwa in Quanteninformations und Festkörperlaseranwendungen, machen Quantenpunkte seit der vergangenen 20 Jahre zum Gegenstand der Forschung. Quantenpunkte in optischen Resonatoren erfahren erhöhte Licht-Materie Wechselwirkung und eignen sich deshalb hervorragend für quantenelektrodynamische Experimente in Festkörpern. Zu den neuen Anwendungsgebieten zählen auch schwellenlose Quantenpunktlaser und Einzelphotonenquellen.

Es wurden viele Mikroresonator-Geometrien vorgeschlagen und untersucht, hierbei stellte sich heraus, dass 2D photonische Kristall-Resonatoren am Erfolg versprechendsten sind. Sie besitzen sowohl sehr hohe Q -Faktoren als auch kleine Modenvolumen im Bereich der Lichtwellenlänge $(\lambda/n)^3$ und lassen sich leicht und kompatibel mit der monolithischen on-chip Integration herstellen.

Die vorliegende Arbeit behandelt das Design, die Herstellung und Charakterisierung photonischer Kristall-Resonatoren mit eingebetteten InGaAs QDs. Der Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung der H2 Kavität, die durch Entfernen von sieben Löchern im Zentrum eines hexagonalen 2D photonischen Kristalls gebildet wird. Zusätzlich wurden andere Resonatortypen, wie H1, L3 und L5 behandelt. Zur Optimierung der Güte und Berechnung der Modenverteilung wurde die Finite-Differenzen-Methode im Zeitbereich (FDTD) angewandt. Es konnte bestätigt werden, dass geschicktes Verzerren der Kristallstruktur um den Resonatordefekt den Q -Faktor sehr stark erhöhen kann.

Die QD-Proben wurden mit Molekularstrahlepitaxie gewachsen. Anschließend wurden photonische Kristalle mit Hilfe von Elektronenstrahlithografie und reaktivem Ionenätzen hergestellt. Der Fertigungsprozess wurde für GaAs photonische Kristall-Resonatoren hoher Qualität entwickelt und optimiert.

Die Proben wurden mit der Photolumineszenz Methode bei kryogenen Temperaturen charakterisiert. Mit Hilfe polarisationsabhängiger Messungen konnten Resonatormoden anhand der Simulation identifiziert werden. Die experimentellen und theoretischen Ergebnisse stimmen gut überein. Abschließend wurden p -Schalen Rabi-Oszillationen am Quantenpunkt im photonischen Kristall-Resonator untersucht.