
Zusammenfassung

Die kohärente Zustandsmanipulation eines einzelnen Quantensystems ist eine fundamentale Bedingung für die Herstellung von Geräten zur Quanteninformationsverarbeitung. In den letzten Jahren wurden dafür viele verschiedene Qubit Implementierungen vorgeschlagen und deren grundlegende kohärente Kontrolle konnte demonstriert werden. In Bezug auf die Wechselwirkung mit Photonen ist das Exziton-Qubit von besonderem Interesse für Anwendungen im Bereich der kohärenten Optoelektronik. Bisher wurde die kohärente Kontrolle dieses Qubit Systems im Wesentlichen mit ultraschnellen Laserpulsen realisiert. Insbesondere Einzel-Quantenpunkt Photodioden wurden dabei für eine Reihe kohärenter Experimente verwendet, zum Beispiel zur Untersuchung von Rabi-Oszillationen und Ramsey-Fringes, sowie der Demonstration einer CROT Quantengatter Funktionalität.

In dieser Arbeit wird ein neues Schema zur kohärenten optoelektronischen Manipulation eines Exziton-Qubits entwickelt. Dieses Schema verwendet einen optisches Takt und ein dazu synchrones, elektrisches Signal, das die kohärente Manipulation steuert. Die experimentelle Realisierung kombiniert dabei moderne Pikosekunden-Lasertechniken mit synchroner elektrischer Operation im kohärenten Regime. Die Experimente werden an einem einzelnen Exziton in einem InGaAs-Quantenpunkt in einer GaAs-Photodiode durchgeführt.

Zur Bestätigung der experimentellen Daten wurde ein detailliertes theoretisches Modell entwickelt. Diese Modell basiert auf den optischen Blochgleichungen und beinhaltet einen 2-Stufen Relaxationsmechanismus, der charakteristisch ist für den Tunnelprozess des Exzitons aus einem Quantenpunkt in einer Photodiode. Zur Überprüfung des Modells wurden die Simulationsergebnisse mit den Daten von früher entwickelten Experimenten verglichen. Das vorgestellte Modell erlaubt dabei eine tiefergehende Analyse der früheren Ergebnisse als es bisher möglich war. Desweiteren wird im Rahmen des Modells die leistungsabhängige Dämpfung der Rabi-Oszillationen bei tiefen Temperaturen untersucht.

In dieser Arbeit werden außerdem noch CdSe/ZnSe Quantenpunktphotodioden eingeführt. Dieses Materialsystem besitzt ein höheres Einschlusspotenzial für das Exziton und größere Coulombkorrelationsenergien als das InGaAs/GaAs System und ist daher ein Kandidat für kohärente Manipulationen bei erhöhten Temperaturen. Die Ergebnisse der spannungsabhängigen Photolumineszenz deuten an, dass es möglich ist CdSe/ZnSe Photodioden herzustellen mit denen weitere kohärente Experimente durchgeführt werden können.