

Kurzfassung der Dissertation

„Polarisationsdynamik in Spin-kontrollierten vertikal emittierenden Laserdioden“

Mingyuan Li

Als eine potenzielle Alternative zu der konventionellen Halbleiterelektronik, wurde die Spintronik, die auf den „Spin“ der Elektronen im Halbleitersystemen basiert, in letzten zwei Dekaden intensiv erforscht. Da die Erzeugung der lokalen Spinpolarisation in Halbleitersystemen durch Absorption von zirkular polarisiertem Licht effizient ist, hat ein Teilgebiet der Spintronik bzw. die Spinoptoelektronik großes Interesse erweckt. Diese Dissertation behandelt die Polarisationsdynamik bzw. die Spindynamik in Spin-kontrollierten vertikal emittierenden Laserdioden (Spin-VCSELn), die ein vielversprechendes Konzept der spinoptoelektronischen Bauelemente sind.

Zu einem Grundverständnis des Funktionsprinzips der spinoptoelektronischen Bauelemente wird der Elektronenspin und die Lichtpolarisation bzw. ihre Kopplung durch die optischen Auswahlregeln dargelegt. Danach wird die Spinrelaxation und Spindephasierung einschließlich dreier Hauptmechanismen vorgestellt. Außerdem werden zwei Konzepte der spinoptoelektronischen Bauelemente (die Spin-LED und der Spin-VCSEL) dargestellt.

Mit Hilfe des Spin-Flip-Modells (SFM), das auf einer Vier-Niveau-Näherung basiert, wird die Polarisationsdynamik des Spin-VCSELs analysiert. Unter spinpolarisierten Anregungen zeigt die Simulation an der Schwelle eine stark gedämpfte Schwebung der beiden linear polarisierten Moden. Die Schwebungsfrequenz lässt sich durch die Doppelbrechung des Resonators bestimmen. Laut der Stabilitätsanalyse des SFMs entsteht eine stabile Schwebung bzw. eine Oszillation des zirkularen Polarisationsgrad (CPD) der Emission an dem PS-Punkt (*polarization switching point*). Die Oszillationsfrequenz ist durch die Änderung der Doppelbrechung durchtimmerbar.

Um die Simulation zu überprüfen werden die Messungen mit einem kommerziellen elektrischen VCSEL mit spinpolarisierten optischen Anregungen durchgeführt. Sowohl an der Schwelle als auch an dem PS-Punkt werden die Oszillationen des CPDs beobachtet. Die Messungen mit variierten Strömen zeigen, dass die Oszillationsfrequenz unabhängig von dem Betriebspunkt ist. Die Oszillationen des CPDs am PS-Punkt des spin-VCSEL bietet eine Möglichkeit, die Signalmodulation mit einer Frequenz höher als 120 GHz bei Spin-VCSELn mit starken Doppelbrechungen zu realisieren, was ein Meilenstein für die Kommunikationstechnologie ist.