

# Lucia Rolf

## Darstellung der Forschungsaktivitäten

Die Zielsetzung dieser Arbeit im Rahmen des Graduiertenkollegs „Physik nanostrukturierter Festkörper“ war die Untersuchung elektronischer Anregungen niedrigdimensionaler Elektronensysteme in Halbleiter-Mikroresonatoren. Dabei wurden zunächst freistehende, durch laterale Strukturierung hergestellte Quantenpunkte untersucht. In weiteren Schritten wurden dann zuerst undotierte und später auch dotierte Quantumwells in Mikroresonatoren eingebettet um so die resonante Verstärkung von elementaren Anregungen aufgrund der Wechselwirkung mit der Resonatormode zu beobachten. Es konnte eine resonante Verstärkung sowohl der LO-Phononen als auch von elektronischen Intersubband-Anregungen eines zweidimensionalen Elektronensystems (2DES) aufgrund einer optischen Resonanz mit der Resonatormode beobachtet werden.

### Quantenpunkte

Auf der Basis von einseitig modulationsdotierten Einfach-GaAs/AlGaAs-Quantentöpfen, deren Herstellung mit der Hamburger MBE-Anlage erfolgte, wurden Quantenpunkte präpariert. Die Proben wurden im Reinraum des Mikrostrukturzentrums in Zusammenarbeit mit Edzard Ulrichs (DFG He 1938/7) mittels der holographischen Lithographie und anschließend dem reaktiven Ionen-Ätzen hergestellt. So konnten Quantenpunkte mit einem Durchmesser von 100–250 nm präpariert werden.

An diesen Quantenpunkten wurden magnetfeldabhängige Ramanmessungen durchgeführt. Bei ausgeschaltetem Magnetfeld werden an diesen Proben drei verschiedene elementare Anregungen beobachtet: Ladungsdichteanregungen (charge-density excitations CDEs), Spindichteanregungen (spin-density excitations SDEs) und Einteilchenanregungen (single-particle excitations SPEs). Bei endlichem Magnetfeld wurden Aufspaltungen dieser Anregungen [1] sowie eine Feinstruktur im Spektrum der SDE's beobachtet [2, 3].

### Microcavities

Es wurden AlAs-AlGaAs-basierte Mikroresonatoren mit einem eingebetteten GaAs-Quantentopf mit optischen Methoden untersucht. Dabei wurden sowohl Proben mit undotiertem als auch mit einseitig modulationsdotiertem Quantentopf betrachtet. Mit einem im Rahmen der Arbeit erstellten Programm wurden Reflexionsspektren aus der dielektrischen Funktion des komplexen Vielschichtsystems errechnet und damit die Position der Resonatormode bestimmt. Eine Charakterisierung der auf dieser Basis gewachsenen Proben erfolgte in Reflexionsmessungen mittels Fourierspektroskopie. Bei diesen Reflexionsmessungen konnte an einer Probe mit undotiertem Quantentopf das Rabi-Splitting beobachtet werden.

Der Schwerpunkt der Arbeit lag auf der Raman-Spektroskopie. Dabei wurde beobachtet, dass das TO- und das LO-Phononsignal aus dem undotierten Quantentopf mit der Resonanzmode resonant verstärkt wird. Bei der Spektroskopie an einem einseitig modulationsdotierten Quantentopf konnte erstmalig eine resonante Verstärkung der elektronischen SDE und CDE nachgewiesen werden [4].

## Zusammenarbeit mit anderen Mitgliedern des Graduiertenkollegs

- Silke Bargstädt-Franke  
Ein Teil der verwendeten Proben wurden von der Graduiertenkollegiatin Bargstädt-Franke mittels Molekularstrahl-Epitaxie gewachsen.
- Christoph Steinebach  
Der Graduiertenkollegiat Steinebach trug mit seinen theoretischen Berechnungen sehr viel zum Verständnis der Ramanmessungen bei.

Das Wachstum der Proben erfolgte in enger Zusammenarbeit mit Herrn David Endler. Herr Endler arbeitet im Rahmen des Graduiertenkollegs "Felder und lokalisierte Atome – Atome und lokalisierte Felder". Seine Zielsetzung dort ist das Studium selbstorganisierter InAs-Quantenpunkt-Atome in den lokalisierten Feldern des Mikroresonators.

## Ausblick

Die Erfahrungen, die im Rahmen dieser Arbeit zum Wachstum und zur optischen Untersuchung von Mikroresonatoren gewonnen wurden, sollen nun in einem neuen Projekt im Rahmen des Graduiertenkollegs von Herrn Tobias Kipp eingesetzt werden um photonische Quantenpunkte und Mikroresonatoren mit Gitterkoppler herzustellen und spektroskopisch zu untersuchen.

## Publikationen

Angehörige und Gäste des Graduiertenkollegs sind unterstrichen

- [1] G. Biese, E. Ulrichs, L. Rolf, C. Schüller, C. Steinebach, S. Bargstädt-Franke, Ch. Heyn, D. Heitmann und K. Eberl: *Edge spin-density modes in quantum dots in a magnetic field*, Physica E **2**, 619 (1998).
- [2] C. Schüller, K. Keller, G. Biese, E. Ulrichs, L. Rolf, C. Steinebach, D. Heitmann und K. Eberl: *Quasiatomic fine structure and selection rules in quantum dots*, Phys. Rev. Lett **80**, 2673 (1998).
- [3] D. Heitmann, V. Gudmundsson, L. Rolf, C. Schüller, C. Steinebach und E. Ulrichs: *Spectroscopy of few-electron quantum dots*, Acta Physica Polonica **A96**, 545 (1999).
- [4] T. Kipp, L. Rolf, C. Schüller, D. Endler, Ch. Heyn und D. Heitmann: *Selectively enhanced inelastic light scattering of electronic excitations in a semiconductor microcavity*, Phys. Rev. Lett. (submitted).

## Teilnahme an Tagungen

- Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)  
in Regensburg, März 1996
- Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)  
in Münster, März 1997
- Eighth Conference on Modulated Semiconductor Structures MSS8 in Santa Barbara, USA, Juli 1997
- 10. Internationale Winterschule des Fachausschusses Festkörperphysik der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft  
in Mauterndorf, Österreich, Februar 1998
- Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)  
in Regensburg, März 1998
- Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)  
in Münster, März 1999

## Tagungsbeiträge als Mitautorin

- "Edge spin-density modes in quantum dots in a magnetic field"  
G. Biese, E. Ulrichs, L. Rolf, C. Schüller, C. Steinebach, S. Bargstädt-Franke, Ch. Heyn, D. Heitmann, and K. Eberl  
MSS8 — Eighth annual Conference on Modulated Semiconductor Structures  
in Santa Barbara/U.S.A., Juli 1997
- "Spectroscopy of few-electron quantum dots"  
D. Heitmann, V. Gudmundsson, L. Rolf, C. Schüller, C. Steinebach, and E. Ulrichs  
XXVIII International School of Semiconducting Compounds in Jaszowiec/Poland,  
1999

## Eigene Vorträge im Rahmen des Graduiertenkollegs

- GaAs – Aspekte eines Halbleiters, GrK Workshop 1998  
in St. Peter-Ording, Januar 1998.
- Raman Measurements on Microcavities, GrK Workshop 1999  
in Niderkleevez, Mai 1999.