

Untersuchungen der linearen und
nichtlinearen Transmissionseigenschaften
ZnSe-basierter Halbleiterheterostrukturen

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Naturwissenschaften
– Dr. rer. nat. –
am Fachbereich Physik / Elektrotechnik
der Universität Bremen

vorgelegt von Diplom-Physiker
Jörg Meinertz
aus Wolfenbüttel

Bremen 2002

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Elementaranregungen in Zinkselenid	5
2.1	Kristallstruktur	6
2.2	Einteilchen-Bandstruktur	6
2.2.1	Elektronische Zustände und Auswahlregeln im Γ -Punkt	8
2.2.2	Bänderdispersion nach $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$ -Theorie	9
2.3	Exzitonen	15
2.3.1	Wannier-Exzitonen im Zweiband-Halbleiter	16
2.3.2	Wannier-Exzitonen in Zinkblendehalbleitern	19
2.4	Exziton-Polaritonen. ABC-Problem	20
2.4.1	Exziton-Polaritonen im Zweiband-Halbleiter	21
2.4.2	ABC-Problem. Pekarsche Randbedingungen	24
2.4.3	Exziton-Polaritonen in Zinkblendehalbleitern	25
2.5	Biexzitonen	25
3	Nichtlineare Halbleiteroptik	29
3.1	Suszeptibilitätsentwicklung der optischen Antwort	29
3.2	Ensemble von Zweiniveausystemen	31
3.3	Halbleiter-Bloch-Gleichungen	33
3.4	Dynamisch kontrollierter Abbruch	35
4	Halbleiter-Pulstransmission	37
4.1	Lineare Pulstransmission	38
4.2	Nichtlineare Pulstransmission	51

4.2.1	Pump-Probe-Experimente	52
4.2.2	Experimente mit intensiven Einzelpulsen	57
5	Experimentelle Techniken	61
5.1	Lasersystem	61
5.2	Frequenzverdopplung	64
5.3	Kontrolle der experimentellen Parameter	66
5.4	Signaldetektion	69
5.5	Gesamtaufbau	71
5.6	Proben und ihre Präparation	73
6	Experimente mit einzelnen Pulsen	75
6.1	Lineare Pulstransmission	76
6.1.1	Oszillatormodell	78
6.1.2	Mikroskopische Theorie	86
6.1.3	Zusammenfassung	92
6.2	Nichtlineare Pulstransmission	93
6.2.1	Ergebnisse	93
6.2.2	Diskussion	97
6.2.3	Zusammenfassung	100
7	Pump-Probe-Experimente	101
7.1	23 nm ZnSe/ZnS _{0.5} Se _{0.5} -Quantentrog	103
7.1.1	Resonanzverschiebung des hh-Exzitons	108
7.1.2	Anregungsinduziertes Dephasieren	110
7.1.3	Exziton-Biexziton-Quantenschwebung	112
7.1.4	Zusammenfassung	112
7.2	10 nm ZnSe/ZnS _{0.5} Se _{0.5} -Quantentrog	113
7.2.1	Datenanalyse mit Oszillatormodell	115
7.2.2	Heuristisches Modell	121
7.2.3	Diskussion	126
7.2.4	Zusammenfassung	127
8	Zusammenfassung und Ausblick	129

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	v
Literaturverzeichnis	i
Liste der Veröffentlichungen	ix
Lebenslauf	x
Danksagung	xi