

# Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Dynamik nichtlinearer Wechselwirkungen in Titan-diffundierten Streifenwellenleitern ausführlich analysiert. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Erzeugung kohärenter Strahlung bzw. auf der Frequenzkonversion.

Dazu wurden zunächst die theoretischen Grundlagen auf der Basis der Maxwellgleichungen hergeleitet. Aus den Maxwellgleichungen folgt für monochromatische Wellen eine zeitunabhängige Helmholtz-Gleichung, die eine Beschreibung der Amplituden- und Phasenfronten einer sich in einem Wellenleiter ausbreitenden Welle ermöglicht. Die Lösungen dieser Helmholtz-Gleichung bilden ein vollständiges Orthogonalsystem aus, nach dem beliebige Phasenfronten entwickelt werden können. Unter der Annahme „hinreichend schmaler“ Spektren bzw. „hinreichend großer“ Pulsdauern der beteiligten Wellen kann diese Phasenfront für sich ausbreitende Pulse angenommen werden. Das führt weiter zu einer Beschreibung sich ausbreitender optischer Wellen, die stark an die Schrödingergleichung der Quantenmechanik erinnert. In Analogie zur zeitabhängigen Störungsrechnung wird die Theorie gekoppelter Moden eingeführt, mit der optische Wechselwirkungen in Streifenwellenleitern störungstheoretisch behandelt werden können.

Als Störung wird die nichtlineare Polarisation zweiter Ordnung eingeführt. Die Polarisation zweiter Ordnung tritt in jeder Permutation als Summe bzw. Differenz zweier Frequenzen auf. Da zwei Wellen bestimmter Frequenz eine dritte generieren, spricht man auch von Dreiwellen-Mischung. Ein wesentliches Kriterium, um die Gleichungen weiter zu reduzieren, ist die Phasenanpassung. Mit Phasenanpassung ist im Wesentlichen gemeint, dass die Hertz'schen Dipole einer bestimmten Frequenz Partialwellen aussenden, die allesamt mit einer sich ausbreitenden Welle konstruktiv interferieren. Dazu müssen die Wellenvektoren der drei beteiligten Wellen in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. Neben der Möglichkeit die Doppelbrechung in  $\text{LiNbO}_3$  zu nutzen, kann diese Bedingung auch im Mittel erfüllt werden. Da es sich hier nicht um eine eigentliche Phasenanpassung handelt, spricht man auch von Quasi-Phasenanpassung. Dabei wird ausgenutzt, dass die Phase der nichtlinearen Polarisation mit der Richtung der optischen Achse korreliert ist. Deshalb kann durch periodische Inversion der optischen Achse Phasenanpassung erreicht werden.

Quasi-Phasenanpassung vorausgesetzt wurde in Kapitel 2 die Summen- und Differenzfrequenzerzeugung und die Erzeugung der zweiten Harmonischen in  $\text{Ti:LiNbO}_3$ -Streifenwellenleitern berechnet. Durch die verlustarme Ausbreitung und durch die hohe Fokussierung in den Wellenleitern können diese Wechselwirkungen sehr effizient reali-

siert werden. Dazu wurde in einer objektorientierten Entwicklungsumgebung ein windowsfähiges Programm entwickelt, das diese Wechselwirkungen sehr effizient berechnet. Dabei wurde auch Wert darauf gelegt, den Experimentatoren ein einfach bedienbares Programm an die Hand zu geben, mit dem in Zukunft die Experimente schnell und bequem verglichen werden können.

In Kapitel 3 wurden weiterführend kaskadierte Wechselwirkungen analysiert. Mit den zugrunde liegenden Methoden kann eine simultane nichtlineare Wechselwirkung von prinzipiell unendlich vielen optischen Wellen simuliert werden. Hier bietet vor allem die Kaskadierung von der Erzeugung der zweiten Harmonischen mit der Erzeugung der Differenzfrequenz große Möglichkeiten, sehr breitbandige und rauscharme Verstärker und Frequenzkonverter zu realisieren. Eine weitere Möglichkeit der Kaskadierung ist die Verknüpfung von Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, was die Durchstimmbarkeit der Frequenzkonverter verbessert, allerdings die Bandbreiten einschränkt.

In Kapitel 4 wird ein semiklassisches Modell zur numerischen Beschreibung der parametrischen Fluoreszenz entwickelt, das eine Berechnung der spektralen Charakteristik und der Ausgangsleistung der parametrischen Fluoreszenz im Bereich sehr starker Wechselwirkung erlaubt. Es konnte gezeigt werden, dass der spezielle Verlauf der Gruppengeschwindigkeit in  $\text{LiNbO}_3$  die Bandbreite der parametrischen Rückkonversion der Fluoreszenzspektren zur Pumpe stark vergrößert. Der Grund ist, dass die Differenz der Gruppengeschwindigkeit der Pumpwelle zu den Gruppengeschwindigkeiten von Signal- und Idlerwelle sehr klein ist. Diese Rückkonversion führt zu einer starken inkohärenten Verbreiterung des Spektrums der Pumpwelle. Durch diesen Prozess können bis zu 20 % der Leistung der Pumpwelle inkohärent rückkonvertiert werden. Diese Kreuzkonversion führt dann weiter zu sehr breiten, inkohärenten Fluoreszenzspektren.

Im letzten Kapitel werden schließlich optisch parametrische Oszillatoren analysiert, die als durchstimbare kohärente Strahlungsquellen in vielen Spektralbereichen verwendet werden können. Im ersten Abschnitt dieses Kapitels wird ein rigoroses Modell vorgestellt, welches entgegen früherer seminanalytischer Modelle eine exakte numerische Beschreibung des Abstimmverhaltens ermöglicht. Mit dieser Beschreibung konnte gezeigt werden, dass die nichtlineare Rückkonversion der resonanten Signal- und Idlerwellen zur Pumpwelle eine Aufspaltung des sogenannten Fein-Abstimmverhaltens zur Folge hat. Es konnte auch gezeigt werden, dass die nichtlineare Phase nicht Ursache des Abweichens des experimentellen Fein-Abstimmverhaltens von den theoretisch zu erwartenden ist. Diese Abweichung konnte in diesem Modell nicht gefunden werden. Im zweiten Abschnitt wird auf der Basis der Verfahren des dritten Kapitels das Verhalten synchron gepumpter OPO's analysiert. Dieses Modell ermöglicht insbeson-

dere auch Aussagen über das zeitliche Verhalten integriert optischer Oszillatoren. Es zeigt sich, dass aufgrund der Unterschiede der Gruppengeschwindigkeiten eine leichte Verstimmung der Pulsabstände der Pumppulse die Verstärkung und die Effizienz der Konversion vergrößert, da durch dieses „Vorhalten“ der zeitliche Überlapp zwischen dem Pumpuls und den generierten Pulsen vergrößert wird.