



Ulf Hinze (Autor)

Resonante Vierwellenmischung und Parametrische Verstärkung

Ulf Hinze

**Resonante Vierwellenmischung
und Parametrische Verstärkung**

 Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/3853>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

1 Einleitung

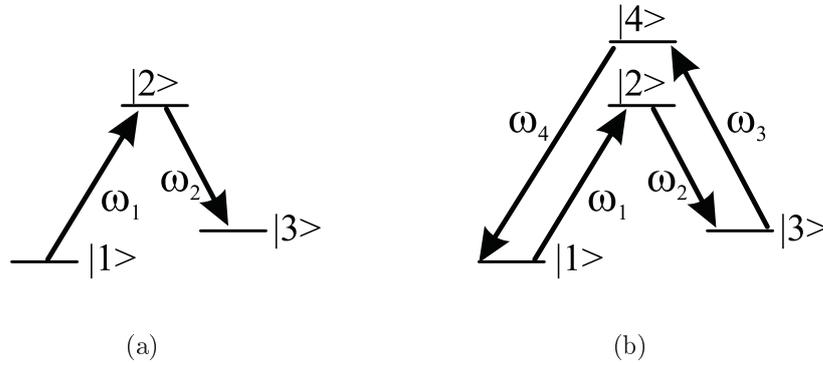
Durch nichtlineare Wechselwirkung kohärenter Strahlungsfelder mit Materie können neue kohärente Strahlungsfelder in anderen Spektralbereichen erzeugt werden (Frequenzkonversion).

Werden Kristalle als nichtlineare Medien betrachtet (nichtlineare Effekte zweiter Ordnung), so findet die Wechselwirkung meist im Transparenzbereich der Kristalle, d.h. weit ab von Resonanzen, statt. Absorptionen der Strahlungsfelder spielen dann keine wesentliche Rolle, und die Wechselwirkungsprozesse sind rein parametrisch. Das nichtlineare Medium vermittelt die Wechselwirkung, ohne selbst eine Veränderung zu erfahren, und es gelten die Manley-Rowe-Gleichungen.

Diese Situation ändert sich, wenn eine Wechselwirkung mit Gasen und Dämpfen (Effekte dritter und höherer Ordnung) betrachtet wird. Zur Erhöhung der Effizienz der Prozesse und zur Phasenanpassung werden dann bewusst Resonanzen angewendet. Als Folge treten Absorptionen auf, es erfolgen Übergänge zwischen den Energieniveaus, und es kommt zu Ramanprozessen und zu Kohärenz- und Interferenzeffekten. Die Gültigkeit der Manley-Rowe-Gleichungen ist eingeschränkt, und die nichtlinearen Frequenzkonversionsprozesse sind nicht mehr streng parametrisch.

Durch die resonante oder nahresonante Wechselwirkung der Strahlungsfelder können die linearen und nichtlinearen Eigenschaften eines Mediums gezielt manipuliert werden, was interessante neue Anwendungen ermöglicht. So kommt es z.B. bei der Wechselwirkung zweier kohärenter Strahlungsfelder mit einem Λ -förmigen Energieniveauschema (ramanförmiges Schema) entsprechend der Abbildung 1.1(a) zu einer kohärenten Überlagerung der Zustände $|1\rangle$ und $|3\rangle$ und unter geeigneten Bedingungen zur Bildung eines Dunkelresonanzzustandes mit verschwindender Absorption für die Strahlungsfelder ω_1, ω_2 (Agap'ev u. a. 1993; Arimondo 1996).

Kombiniert man zwei Λ -förmige Niveausysteme entsprechend der Abbildung 1.1(b) zu einer Doppel- Λ -Konfiguration, so kommt es zu einer Kopplung von ramanartigen Pro-

Abbildung 1.1: Λ - und Doppel- Λ -Konfiguration.

zessen und parametrischer Vierwellenwechselwirkung mit einer Vielzahl von interessanten Effekten. Doppel- Λ -Schemata sind deshalb in jüngster Zeit Gegenstand vielfältiger theoretischer und experimenteller Untersuchungen geworden (eine gute Übersicht wird von Korsunsky und Kosachiov (1999) gegeben).

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich speziell mit der nichtentarteten, resonanten Vierwellenwechselwirkung kontinuierlicher Strahlungsfelder (ω_1 bis ω_4) in einer Doppel- Λ -Konfiguration. Als Medium werden zweiatomige Natriummoleküle (Na_2) angewendet, in denen kontinuierliche Ramanlaser schon seit längerem untersucht werden und effizient betrieben werden können.

Ziel der Untersuchungen war es, resonante Vierwellenmischzyklen $\omega_4 = \omega_1 - \omega_2 + \omega_3$ zu realisieren und deren Eigenschaften zu untersuchen. Speziell sollten hohe Konversionseffizienzen angestrebt werden, und es sollte der Einfluss der Ramankopplung, induzierter Niveaufspaltungen und die Möglichkeit von parametrischer Verstärkung der Strahlungsfelder ω_2 und ω_4 ermittelt werden.

In Kapitel 2 dieser Arbeit wird zunächst eine Übersicht über die wichtigsten experimentellen Untersuchungen zur Vierwellenmischung gegeben. Auf das verwendete Medium, zweiatomige Natriummoleküle, und seine Präparation in Zellen und Heatpipes wird in Kapitel 3 kurz eingegangen und es wird der Betrieb von Ramanlasern in Saphirzellen, der im Rahmen dieser Arbeit erstmals realisiert wurde, charakterisiert.

Die Darstellung der Experimente zur Vierwellenmischung erfolgt in Kapitel 4. An-

hand der Analyse der Propagationsgleichungen wird dort gezeigt, dass gerade durch die Verkopplung von Raman- und Vierwellenprozess hohe Effizienzen erreicht werden können.

Unter welchen Bedingungen in solchen Systemen auch eine optisch parametrische Verstärkung auftreten kann wird in Kapitel 5 diskutiert. Diese konnte erstmals in einer solchen Konfiguration nachgewiesen werden. Es werden die charakteristischen Größen des Prozesses gemessen und analysiert.

Bei der Wechselwirkung starker resonanter Pumpfelder mit dem Medium werden Aufspaltungen der Zustände induziert; dieser Effekt kann die Effizienz der nichtlinearen Prozesse erheblich reduzieren. Eine Methode, wie die nichtlinearen Prozesse trotzdem effizient betrieben werden können, wird in Kapitel 6 präsentiert.

Abschließend werden in Kapitel 7 aus dem Dichtematrixformalismus abgeleitete analytische Ausdrücke für die Dipolmomente und Suszeptibilitäten gegeben, die es erlauben, das Vierniveausystem und die ablaufenden Prozesse zu beschreiben.