

Formations and Applications of
High-Performance Phase-Conjugate Mirrors in
Cu-doped $(K_{0.5}Na_{0.5})_{0.2}(Sr_{0.61}Ba_{0.39})_{0.9}Nb_{1-x}O_6$
Photorefractive Crystals

メタデータ	言語: en 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Zheng, Yujin メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1540

氏名・(本籍)	鄭 宇 進 (中国)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博甲第 158 号
学位授与の日付	平成 9 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学
学位論文題目	Formations and Applications of High-Performance Phase-Conjugate Mirrors in Cu-doped $(K_{0.5} Na_{0.5})_{0.2} (Sr_{0.61} Ba_{0.39})_{0.9} Nb_2O_6$ Photorefractive Crystals (Cu ドープ $(K_{0.5} Na_{0.5})_{0.2} (Sr_{0.61} Ba_{0.39})_{0.9} Nb_2O_6$ フォトリフラクティブ結晶における高性能位相共役鏡の形成と応用に関する研究)

論文審査委員	(委員長)		
	教授	大坪 順 次	教授 藤 安 洋
	教授	畑 中 義 式	教授 山 口 十六夫
	教授	佐々木 彰	

論 文 内 容 の 要 旨

Optical phase conjugate is a technique for reversing both the direction of propagation and the overall phase factor of an incident light wave. The process can be regarded as a unique kind of "mirror" with very unusual image-transformation properties. A beam reflected by a phase-conjugate mirror (PCM) retraces its original path. This retroreflecting property of phase-conjugate waves is very useful in applications, such as optical information processing, optical computing, optical communication, optical interferometer and adaptive optical interconnection. In this thesis, a stable self-pump phase-conjugate mirror (SPPCM) and high-performance double phase-conjugate mirrors (DPCMs) in Cu-doped $(K_{0.5} Na_{0.5})_{0.2} (Sr_{0.61} Ba_{0.39})_{0.9} Nb_2O_6$ (Cu:KNSBN) crystals are studied in detail. A new type of multiple PCM is formed, which is used to achieve the real-time orthoscopic projection of a three-dimensional object. An all-optical routing switching dynamic interconnection is also presented.

In chapter 1, an introduction on optical phase conjugation and the outline of the thesis are given.

In chapter 2, a theory of two-wave mixing are described, which is used to explain the self-generated fanning

effect in a SPPCM. The dynamic instability in the SPPCM is further investigated. The dynamic instability originating from the competition between the self-generated fanning effect and the SPPCM formation is analyzed and proved. The theory and experiment results show that the self-generated fanning effect in a photorefractive crystal can be decreased by the incident of the ordinary-polarized component of a partially extraordinary-polarized incident light beam. The dynamic instability of the SPPCM can be eliminated by restraining the self-generated fanning effect.

In order to reveal the performance of DPCM, a theory of four-wave mixing for a DPCM is given in chapter 3. It is shown that large coupling strength corresponds to high phase-conjugate efficiency. How to form a high-performance DPCM is demonstrated in a Cu:KNSBN photorefractive crystal. Based on the high diffraction efficiency of four-wave mixing and the low light losses including absorption and scattering loss inside the crystal, and specular reflection loss on the surfaces of the crystal, a high-performance modified-bridge DPCM is formed with a low incident power (milliwatt order) in a Cu:KNSBN crystal. A phase-conjugate transmissivity as high as 63% with 97% relative stability is observed in Brewster angle incidence. The efficiency of the modified-bridge DPCM is the highest value in the reported DPCMs to our knowledge.

In chapter 4, two kinds of bridge DPCMs with the symmetrical geometry and asymmetrical geometry are formed in Cu:KNSBN crystals. These Cu:KNSBN bridge DPCMs have high efficiencies. For the crystals with different absorption coefficients, the optimum incident geometries of forming DPCM are different. The crystal having a large absorption coefficient is suitable for forming the symmetrical-bridge DPCM. The crystal having a small absorption coefficient is suitable for forming the asymmetrical-bridge DPCM. Even if at very low incident power, these bridge DPCMs still have high efficiencies.

In chapter 5, a new type of multiple PCM consisting of two PCMs, which performs two phase-conjugate operations on the incident light wave, is demonstrated in a Cu:KNSBN crystal. The stable phase-conjugate light output is produced by use of the suitable incident geometry (a SPPCM and a bridge DPCM) with the optimum incident conditions. A phase-conjugate reflectivity as high as 105% is measured. A good fidelity of phase-conjugate image is observed. Moreover, under two phase-conjugate operations on the image-bearing light wave, the real-time orthoscopic projection of a three-dimensional object is achieved by using the high-efficiency multiple PCM.

Another exciting application of PCM is presented in chapter 6. An all-optical switching dynamic interconnection is demonstrated by using the arrangements of the multiple DPCMs in a Cu:KNSBN crystal, and a partial reflection mirror. The transition of the ON and OFF states for dynamic interconnection between the two light beams is dominated by a control beam with a very low power (milliwatt order). Further, an all-optical routing switching dynamic interconnection is successfully realized. The routing dynamic interconnections are switched via the incidence of the different control beams.

In this thesis, many aspects for the formations of PCMs and their applications are studied, which are useful for the development of the phase-conjugate technique.

論文審査結果の要旨

位相共役鏡は入射光波の時間反転波を発生する光デバイスである。このデバイスは、光波が伝播することが要求される数多くの光学系において重要な役割を果たしている。本論文ではCu-doped ($K_{0.5}Na_{0.5})_{0.2}(Sr_{0.61}Ba_{0.39})_{0.9}Nb_2O_6$ [Cu:KNSBN] フォトリフラクティブ結晶において、安定な自己励起位相共役鏡及び高性能二重位相共役鏡の発生方法について記述し、それらの応用について述べている。

第1章は序論で、フォトリフラクティブ結晶を位相共役鏡として使用方法および基礎について述べ、結晶を実験に使用するために解決すべき課題および、研究の背景と目的について記述している。第2章では、Cu:KNSBN結晶を用い、自己励起位相共役鏡におけるダイナミック不安定性の起源と消滅に関する研究結果を述べている。これは部分異常偏光を用いることにより自己発生ファニング効果を抑制できることを理論と実験において証明し、不安定性を実験的に消滅できることを示した。第3章では、Cu:KNSBN結晶において、高性能二重位相共役鏡がどのように形成されるかについて理論的および実験的に検討した。Cu:KNSBN結晶のプリユスター入射角度において、低い光損失及び大きい結合強度で高性能修正橋型二重位相共役鏡の形成が可能である。この場合において、位相共役透過率が63%、相対安定度が97%となった。第4章では、光吸収率が異なる二つのCu:KNSBN結晶において橋型二重位相共役鏡の最適な入射形状について述べている。この形状において、透過効率が50%と高く、0.12mWの弱い入射光強度においても、位相共役効率が30%と大きい。第5章では、一つのCu:KNSBN結晶において、自己励起位相共役鏡と橋型二重位相共役鏡とから成る新型複合位相共役鏡を2回の位相共役操作により形成し、最適な光入射条件下で高性能を示した。この複合位相共役鏡の反射効率が105%と高く、また位相共役像および忠実性が良好であった。さらにこの位相共役鏡を利用し、実時間における三次元物体の正視投射を実行した。第6章では、一つの結晶における複数の高性能な二重位相共役鏡を用いた全光学で開閉できるダイナミックインタコネクションについて示しており、さらに異なる二つの入射制御ビームを切り替えることによって、スイッチングを達成することが可能であることを示した。第7章は本研究で得られた成果の結論である。

以上のように、本研究において高効率安定な自己励起位相共役鏡と二重位相共役鏡の形成メカニズム、形成過程及び安定性の実験結果について検討すると共に、高効率を得るための形成方法に関して詳細に論じており、この成果が広い範囲の応用の可能性を有している。よって本論文は博士(工学)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。