

Title	フォトリフラクティブ結晶中の光波結合を用いた画像増幅に関する研究
Author(s)	川田, 善正
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3087934
DOI	10.11501/3087934
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	川 田 善 正
博士の専攻分野の学位記番号	博士（工学） 第 10246 号
学位授与年月日	平成 4 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科 応用物理学専攻
学位論文名	フォトリフラクティブ結晶中の光波結合を用いた画像増幅に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 南 茂夫 (副査) 教授 増原 宏 教授 中島 信一 教授 樹下 行三 教授 志水 隆一 教授 一岡 芳樹 教授 興地 斐男 教授 後藤 誠一 教授 豊田 順一 教授 岩崎 裕 教授 山本 稔 教授 池田 和義

論文内容の要旨

本論文は、フォトリフラクティブ結晶中での光波結合を用いた光の並列増幅法に関する研究を行なった結果についてまとめたものである。

第 1 章では、フォトリフラクティブ効果のメカニズムと二光波結合による光増幅の原理について述べた。1 節では、フォトリフラクティブ効果が起こるメカニズムを、チャージトランスポートモデルを用いて説明した。2 節では、フォトリフラクティブ結晶中での二光波結合による光増幅の原理を述べ、二光波結合の増幅率の定式化を行なった。

第 2 章では、干渉縞を移動させる方法を用いて二光波結合を行なった結果について述べた。3 節では、増幅率のパラメータ依存性を測定し、増幅率を最大にするパラメータの値を求め、最大 13.6 の増幅率が得られることを示した。4 節では、二光波結合の増幅率がパラメータに依存するメカニズムについて考察した。

第 3 章では、二光波結合の増幅率を向上させる手法として、信号光をチョッピングする方法について述べた。3 節では、増幅率のパラメータ依存性を測定し、増幅率を最大にするチョッピング周波数などのパラメータの値を示した。4 節では、信号光をチョッピングする方法と同様の原理に基づくもう一つの増幅率向上法として、信号光の偏光面を回転させる方法を提案し、その実験結果について述べた。

第 4 章では、フォトリフラクティブ結晶中での二光波結合を用いて、実際に画像増幅を行なった結果について述べた。1 節では、二光波結合の動作とトランジスターの動作との類似性に着目し、二光波結合を用いれば光トランジスターアレイを実現できることを述べた。2 節では、信号光の一部のみを選択的に増幅する方法を提案し、第 4 節では、入力するパターンによって、信号光を選択的に増幅できる場

合とできない場合があることを示した。この現象は、BSO結晶のフォトコンダクティビティによって生じると考え、その解析を行なうとともに、5節では、偏光解析を利用した結晶内の電場分布の測定結果について述べた。

第5章では、増幅画像の画質を改善するために、スペックルノイズを除去する方法を提案し、その実用性を検討した。

第6章では、二光波結合による画像増幅の応用として位相物体を可視化する方法を提案し、その実験結果を示した。

総括では、以上の内容をまとめ、本研究による結果と知見を下に今後の研究の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

光情報処理、光計測、光通信などの分野では、光を光で直接増幅できる素子の開発が、強く望まれている。本論文は、これらの要求に応えるために、フォトリフラクティブ結晶中での二光波結合を用いた光の並列増幅法に関する研究を行なった結果をまとめたものである。その主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) フォトリフラクティブ結晶中 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ を用いて、実際に二光波結合による光増幅を行ない、増幅率を最大にする実験パラメーターの値を求めた。また、増幅率が実験パラメーターに依存するメカニズムを考察し、二光波結合において増幅率を最大にするには、複数のパラメーターをどのように決めればよいかを求めている。
- (2) $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ 結晶を用いた二光波結合において、結晶に入射する二光波のうち、一方の光を時間的にチョッピングすると、増幅率が向上することを見いだしている。この方法を用いて二光波結合を行ない、増幅率が著しく向上することを明らかにし、本手法の妥当性を確認している。
- (3) フォトリフラクティブ結晶を用いた二光波結合による光増幅の動作は、トランジスターの動作と類似性を持つことを見だし、二光波結合を用いると光トランジスターが実現できることを論述している。また、二光波結合において、結晶に入射する光波に画像情報を入力した場合には、二光波結合系は光トランジスターアレイと見なせることを見だし、光波結合を用いて光トランジスターアレイを実現する方法を提案すると共に、二光波結合が光トランジスターアレイとして動作することを確認している。
- (4) 二光波結合を光トランジスターアレイとして利用する場合には、二光波に入射するパターンによって、増幅が起こる場合と起こらない場合があることを見いだしている。この現象がフォトコンダクティビティによると仮定し、シミュレーションと実験結果との比較から、この仮定が妥当であることを示している。また、この現象を利用することにより、入力画像の一部分のみを選択的に増幅する方法を提案し、その実用性を確認している。
- (5) 二光波結合による画像増幅において、出力像の画質を向上させるために、スペックルノイズを除去

する手法を開発している。本手法を実際に二光波結合に適用し、その実用性を確認している。

(6) 二光波結合による画像増幅の応用として、位相物体を可視化する手法を提案している。本手法を用いて、ミラー上の銀の膜厚の変化部分を観察し、本手法の実用性を確認している。

以上のように、本論文は、光を並列に増幅することを目的として、フォトリフラクティブ結晶中での光波結合を利用した並列光増幅器に関する研究をまとめたものであり、応用物理学、特に光工学、計測工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。