

空間光変調器の開発と並列光情報処理への応用に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-03-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 向坂, 直久 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1194

氏名・(本籍)	向 坂 直 久 (静岡県)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	工博乙第 101 号		
学位授与の日付	平成 16 年 9 月 30 日		
学位授与の要件	学位規程第 5 条第 2 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	空間光変調器の開発と並列光情報処理への応用に関する研究		
論文審査委員	(委員長)		
	教授	大 坪 順 次	教授 篠 原 茂 信
	教授	皆 方 誠	教授 中 島 伸 治
	教授	江 上 力	

論 文 内 容 の 要 旨

光が原理的に持つ、高速伝播性・並列性・非干渉性・広帯域等の特徴を利用できる点で、光を媒体とした情報処理は有望である。とりわけ、光の高い並列性を生かした並列光情報処理の研究が盛んに行われている。なかでも、従来の逐次処理型コンピュータの延長線上の技術では困難とされる、空間的に高密度な並列処理機構の実現に期待が集まっている。並列光情報処理を支えるキーデバイスは空間光変調器であり、一般的に 2 次元の光の位相・偏波面・振幅あるいは強度の分布を、他の 2 次元の光情報又は電気信号によって変調するものである。空間光変調器については様々な提案がなされ、その実用化に向けて精力的な研究開発が行われているが、デバイス性能がシステム側の要求とマッチせず、有効な応用研究が進んでいないのが現状である。この状況を打破するためには、現状のデバイス特性を十分に理解・把握し、その特性を有効に使うことが重要である。すなわち、現状のデバイス性能を有効利用した応用研究を進めると共に、そこでの問題点等の結果をデバイス開発にフィードバックし、さらに高性能な空間光変調器を開発するといった、応用研究とデバイス開発の密な連携が必要不可欠である。

本研究では、このような状況を踏まえ、我々のグループにおいて開発された空間光変調器(空間光変調管・液晶空間光変調管・強誘電性液晶空間光変調器・並行配向ネマティック液晶空間光変調器)について、並列光情報処理に応用する上で重要な特性について検討を加えながら、その特性を有効活用して具体的な応用システムへの展開を試みると共に、デバイスの改良を進めた。

空間光変調管(MSLM)は電子管の構造を持ち、入力感度が高く、多くの内部演算が可能な特徴を備

え、様々な並列光情報処理の研究に利用されてきた。本研究では、MSLMにおける光損傷及びフォトリフラクティブ効果による最大読み出し光量の制限打破、相反する動作速度と解像度の克服のために、光変調材料を非線形光学無機結晶(LiNbO₃)から液晶に置き換えた液晶空間光変調管(LC-MSLM)を開発した。また、光並列論理演算システム及び、内部演算機能を最大限に利用した2次元ロックインアンプの応用、さらに、大規模並列処理が基本とされる脳を模倣した学習型情報処理機構のひとつである、光ニューロコンピューティングへの応用を検討し、その有効性を示した。

MSLMの特徴を生かして様々な応用研究がなされ、大きな成果を得てきたが、実際の応用を考えると、動作速度・動作電圧・解像度・サイズ等の点が問題となる。そこで実応用に使えるデバイスを目指して、光変調材料に強誘電性液晶とネマティック液晶を用いた液晶空間光変調器を開発した。強誘電性液晶空間光変調器(FLC-SLM)は高速動作と2値メモリー機能の特徴を備え、より高度な並列光情報処理への応用の可能性を持つ。その特徴を有効に利用して、スペックルパターン相関演算法による実時間速度計測システムの構築を試みた。本システムではFLC-SLMの2値メモリー機能により物体からのスペックルパターンを一定時間間隔で2度の露光を行い、結合相関型相関(JTC)演算によって一定時間間隔内の移動量を定量化した。その結果、対象物の移動速度をリアルタイムに計測することに成功した。

平行配向ネマティック液晶空間光変調器(PAL-SLM)は、液晶を平行に配向することにより強度変調を伴わない純粋な位相変調を得ることが可能なデバイスである。その特徴を生かしたJTC型光相関システムへの応用を検討した。さらに、その際に重要なポイントとなる回折効率について詳細な解析を行い、理論限界に近い回折効率を得られることを明らかにした。また、実用においては電子システムとの親和性が必要不可欠であることから、光書き込み型のPAL-SLMを、電気信号で書き込めるように改良したデバイスを開発した。このデバイスについて、PAL-SLMと同様の特性解析及び検討を行った結果、電気書き込み時においても十分な位相変調を行うことが可能で、理論限界に近い回折効率を得られることがわかった。さらに、電気書き込み時における走査型制御の変調特性への影響を確認するために、1KHzの高速フレームレートで撮像可能なCMOSイメージセンサを用いて、2次元的時間応答特性を評価した。その結果、電気書き込み時においても、光書き込み時と同等の2次元時間応答特性が得られていることを確認した。

以上のように、並列光情報処理において重要な要素技術である空間光変調器について詳細な特性評価を行い、具体的な応用システムへの展開を試み、その有効性を示した。また、それらの結果を元にデバイスの改良も進めた。本研究で得られた成果は、今後の応用研究において有用であるものと確信する。これらの結果を踏まえた並列光情報処理システムの更なる展開を期待するものである。

論文審査結果の要旨

光は高速伝播性・並列性・非干渉性・広帯域等の特徴を有するため、光を媒体とする処理は、増大する情報量を操作、処理、伝送する技術として有望である。とりわけ、光の高い並列性を生かした並列光情報処理の研究が盛んに行われている。なかでも、空間的に高密度な並列処理機構実現への期待が集まっている。並列光情報処理を支えるキーデバイスは空間光変調器であり、光の位相・偏波面・振幅あるいは強度を光により制御することができる。

空間光変調器については様々な提案がなされ、その実用化に向けて精力的な研究開発が行われているが、デバイス性能がシステム側の要求と一致せず、有効な応用研究が進んでいないのが現状である。本研究においては、この状況を打破するために、現状のデバイス特性を十分に理解・把握し、その特性を有効に使い、いくつかの新しい空間光変調器(空間光変調管・液晶空間光変調管・強誘電性液晶空間光変調器・平行配向ネマティック液晶空間光変調器)の開発を行った。

本研究では、空間光変調管(MSLM)における光損傷などによる最大読み出し光量の制限打破、相反する動作速度と解像度の克服のために、光変調材料を非線形光学無機結晶(LiNbO₃)から液晶に置き換えた液晶空間光変調管(LC-MSLM)を開発した。また、光並列論理演算システム及び、内部演算機能を最大限に利用した2次元ロックインアンプの応用、さらに大規模並列処理が基本とされる脳を模倣した学習型情報処理機構のひとつである、光ニューロコンピューティングへの応用を検討し、その有効性を示した。

さらに、実用的デバイスを目指して、光変調材料に強誘電性液晶とネマティック液晶を用いた液晶空間光変調器を開発した。強誘電性液晶空間光変調器(FLC-SLM)は高速動作と2値メモリ機能の特徴を備え、より高度な並列光情報処理への可能性を持っている。その特徴を有効に利用して、対象物の移動速度をリアルタイムに計測することに成功した。

平行配向ネマティック液晶空間光変調器(PAL-SLM)は、強度変調を伴わない純粋な位相変調を得ることができるデバイスである。その特徴を生かした結合型光相関(JTC)システムへの応用を検討した。また、光書き込み型のPAL-SLMを、電気信号で書き込めるように改良したデバイスを開発した。

以上を要約するに、本研究によって並列光情報処理の重要な要素技術となる新しい空間光変調器が開発された。そして、空間光変調器の詳細な特性が明らかにされ、それらを使った有用かつ具体的な応用システムも示された。

審査の結果、本研究は博士(工学)に相当する内容があるものと認定する。