

Title	Ultrafast Electrooptic Lens and Deflector and Their Applications to Ultrashort Optical Pulse Generation
Author(s)	Tattee, Khayim
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/42200">http://hdl.handle.net/11094/42200</a>
DOI	
rights	
Note	

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

氏名	タッティー Tattee	カイム Khayim
博士の専攻分野の名称	博士(工学)	
学位記番号	第 15499 号	
学位授与年月日	平成12年3月24日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻	
学位論文名	Ultrafast Electrooptic Lens and Deflector and Their Applications to Ultrashort Optical Pulse Generation 超高速動作電気光学レンズ/偏向器とその超短光パルス生成への応用	
論文審査委員	(主査) 教授 小林 哲郎	
	(副査) 教授 山本 錠彦 教授 占部 伸二	

### 論文内容の要旨

本論文は、著者が大阪大学大学院基礎工学研究科（物理系専攻電子光科学分野）において行った“超高速電気光学レンズ/偏向器とその超短光パルス生成への応用”をまとめたものであり、本文6章と謝辞から構成されている。

第1章は研究の背景として、電気光学変調による超高速光パルス制御についてその有効性を述べた後、時間軸だけでなく空間軸の制御も可能な電気光学空間位相変調器について述べる。そして本研究の意義、目的を明らかにしている。

第2章では、まず電気光学結晶の周期的な分極反転により光とマイクロ波の速度整合条件を疑似的に達成できる疑似速度整合形電気光学位相変調器について述べ、またこれを用いて相互作用長にほぼ比例な変調指数が得られる事を説明する。さらに、その周期的な分極反転部の幅や分極反転部の位置を変えることで位相変化量が変化することについて述べる。その位相変化量は分極変転部の形状によって空間的に変化させることができると考えた。

第3章では、まず深い変調とレンズ効果を同時に行えるように従来のQVM 電気光学位相変調器の分極反転形状をレンズ形にして検討した。これをLiTaO<sub>3</sub>を用いて作製し、サイドバンド生成実験より、40radの位相変調及びレンズ効果によるサイドバンド各周波数成分の強度分布の変化を確認した。また、ストリークカメラでの観測により、レンズ効果が61.5psで時間変化をしている事を確認した。さらに、より良好なレンズ効果を得られる分極反転形状を考案し、新たに設計した。結晶の中心と両端との位相差が、前に設計したものより2倍になるように分極反転形状を計算により求めた。その後、新たに設計したパターンで電気光学結晶を用いて試作した。変調周波数16.25GHzで動作実験を行った結果、位相変化量は二次曲線と見なせることを確認し、最短の焦点距離が20cmとなるレンズ効果が得られた。また、前の試作と比較するとより高効率なレンズ効果が得られることがわかった。

第4章は、周期分極反転による疑似速度整合の技術を応用した超高速電気光学偏向器に関するものである。電気光学偏向器は電気光学レンズと同じく、周期分極反転部の形状を工夫することにより素子の出力端で光に与える空間位相分布を制御して得られる。そこで、まず始めに、偏向器の機能を実現するための分極反転形状を考察した。この考察によって偏向器だけでなく、任意の空間位相分布を与える空間位相変調器の分極反転形状を求める手法を確立した。そこで次に偏向器の機能にレンズの機能を持たせ、偏向の行きと帰りの焦点位置が変化するような素子を新たに提案し、その分極反転形状を求めた。そして実際に、レンズ効果を持つ偏向器を電気光学結晶LiTaO<sub>3</sub>を用いて試作し、その動作を確認するため各種実験を行った。この結果、ほぼ理論通りの動作をすることが確認できた。次に単一方向

偏向器として応用できる進行波位相格子も、周期分極反転を斜め方向に行うことにより、位相格子の間隔を任意に設計できるように試作した。それを変調周波数16.25GHzにて動作実験を行い、結果として約10radのラマンナス回折パターンを観測した。また、その各回折光をレンズ効果を用いて位相制御する事により、61.5psの周期で約20点の分解能を持つ単一方向偏向器として動作させる事に成功した。

第5章では、通常のQVM大振幅電気光学位相変調器による連続発振レーザー光から生成されたサイドバンドスペクトルを利用して電気光学的手法でフェムト秒領域の短光パルスの生成について述べた後、電気光学レンズの超短光パルス生成への応用に関する事を述べる。電気光学チャープ圧縮法では、3章で述べた電気光学レンズを用いて実験を行った。電気光学チャープ圧縮法には、光パルス圧縮後にCW光が残留するという欠点及びピークパルスのサイドローブが小さくないという欠点がある。これらの問題はレンズ効果を用いた位相変調器（電気光学レンズ）によって解決することができる。電気光学レンズを高周波電界で動作させれば、光ビームに位相変調をかけると同時に光の焦点位置が前後に正弦波的に移動する。光ビームの焦点の移動レンジ付近に適切な開口のスリットを置くことで、振幅変調も同時に可能になる。スリットの位置を変えることにより必要とする周波数チャープを選択的に取り出すことが可能となる。その結果、群遅延分散によりベダスタルの無い超短光パルスを生成することが可能となる。実験の結果、16.25GHz繰り返しでパルス幅520fsの電気光学変調によるものとしては世界最短の背景光の無い良質の光パルス列を得ることに成功した。さらに、ファブリ・ペロー変調器にこの電気光学レンズ効果を加味すれば、もっと短い光パルス列が生成できることを提案し、計算結果で明らかにした。また、電気光学偏向器の場合、短光パルス生成に応用するために、スリットによる方法及び回折格子を用いたパルス圧縮による方法について考察した。スリットによる方法については実験を行い、連続光から数ピコ秒程度の短光パルスを生成することができた。

第6章では第2章から第5章までの研究成果を総括する。さらに今後の課題及び展望について述べる。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、著者が大阪大学大学院基礎工学研究科（物理系専攻電子光科学分野）において行った“超高速電気光学レンズ／偏向器とその超短光パルス生成への応用”をまとめたものであり、本文6章と謝辞から構成されている。

まず、第1章で本研究の背景、意義、目的を明らかにし、ついで第2章では、電気光学結晶の周期的分極反転による光とマイクロ波の疑似的速度整合（QVM）について述べた後、その周期的な分極反転部の幅や位置により位相変化を制御できることを導いて、時空間変調器への応用の可能性を示している。第3章では、まず従来のQVMの分極反転形状をレンズ形状とし、位相変調とレンズ変調効果を同時に行えるレンズ位相変調器について検討した。これをLiTaO<sub>3</sub>を用いて試作実験によりその動作を確認している。ついで、光走行効果のためレンズ形状電極では2次関数状の理想的レンズ効果とならないので、理想的位相分布を得る分極反転形状を考察し、それに基づき、変調器を試作し、実験を行った結果、動作周波数16.25GHzで、放物線状の誘導位相変化と、最短の20cmの焦点距離のレンズ効果を確認することに成功した。第4章では、偏向器をはじめとする様々な超高速空間光変調器へのQVM技術の応用に関する研究成果が述べられている。まず最初に、任意の空間位相分布を与える空間位相変調器の分極反転形状を求める手法を見出した後、その応用例として光偏向器にレンズの機能を併せ持たせ、偏向の行きと帰りで焦点位置が変化するような素子を新たに提案し、試作、実験によりその動作を確認している。次に周期分極反転を光進行方向に傾けて変調周波数の進行波位相格子を形成させることにより、音響光学偏向器に類似する光偏向回折素子を構成した。16.25GHzにて動作実験を行い、10radのラマンナス回折パターンを観測してその動作を確認している。また、その各回折光に光学レンズによる2乗位相分布を与え、約20点の空間分解能を持つ16GHzの単一方向光偏向を達成した。第5章では、レンズ効果を併せ持つ電気光学変調器／偏向器の超短光パルス生成への応用が述べられている。通常の電気光学位相変調器と群遅延分散でチャープ圧縮により短パルスを生成する場合には、パルス間に圧縮に寄与しない成分が残留するという欠点がある。これらの問題を3、4章で述べたレンズ効果をもつ位相変調器（電気光学レンズ）によって解決している。光の周波数変調と同時に光の焦点位置の振動も生じるため、スリットとの併用で必要とする周波数チャープを選択的に取り出すことが可能となるからである。実験の結果、16.25GHz繰り返しでパルス幅520fs

の電気光学変調によるものとしては世界最短の背景光の少ない光パルス列を得ることに成功している。その他、レンズ変調を伴う電気光学偏向器とスリットの組み合わせで数ピコ秒程度の短光パルスの生成も試みている。第6章は研究成果を総括である。

以上のように、本論文は、今までに殆ど手の付けられていなかった超高速域の光の時空混合型の制御素子、電気光学レンズや偏向器の開発研究成果を示すと共に、それらの新たな多くの応用の可能性を示唆しており、今後の超高速光エレクトロニクスに寄与するところ大と考えられるので、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。