

Title	超短光パルス生成と制御に関する研究
Author(s)	森本, 朗裕
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3086312">https://doi.org/10.11501/3086312</a>
DOI	10.11501/3086312
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

氏 名	もり 森	もと 本	あき 朗	ひろ 裕
博士の専攻分野 の 名 称	博 士 (工 学)			
学 位 記 番 号	第 9 9 7 6 号			
学位授与年月日	平成 3 年 12 月 12 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当			
学 位 論 文 名	超短光パルス生成と制御に関する研究			
論文審査委員	(主査)			
	教授 小林 哲郎			
	(副査)			
	教授 末田 正 教授 山本 錠彦 教授 浜川 圭弘			

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ピコ秒からサブピコ秒、さらにはフェムト秒という超短時間域で光波形を自在に制御し、超短光パルスを生成することを目的として行った研究をまとめたものである。フェムト秒光パルスが利用できる現在でも、任意のレーザから任意の超高速光波形を得ることはいまだに困難と考えられている。電気光学変調により電氣的に光波形を制御する方法は、制御性に優れておりレーザを選ばないという利点があるものの、光パルス生成の研究はほとんど行われていない、光波は、干渉性、空間並列性、伝搬に伴うフーリエ変換特性などの性質を有しているが、これらを有効に利用することができれば、従来にない光変調素子や光制御法を実現できると考え、いくつかの新しい光制御法を提案し、それにより超短光パルスを生成できることを実験的に明らかにした。

まず、純粋な電気光学的手法を用いた超短光パルス生成法について研究を進め、実験的にピコ秒からサブピコ秒領域の光パルスが生成できることを明らかにした。光波の多重干渉を利用したファブリ・ペロー形電気光学変調器によって、電気光学的手法でははじめてサブピコ秒光パルスの生成に成功した。超短光パルスを得るためには広帯域スペクトルが必要であり、これにマイクロ波領域の大振幅位相変調を利用することを考え、電気光学変調によるものとしては最も広帯域の640GHzという変調サイドバンドを得るとともに、この光を光ファイバを用いて圧縮しピコ秒光パルスを生成した。さらに、周波数領域で位相変調光の振幅と位相を制御することにより超短光波形を合成するという考えから、ファブリ・ペロー干渉フィルタを用いて選択的にサイドバン抜き出すことによる光波形生成法を提案し、75GHzという高繰り返しピコ秒光パルス列のほかさまざまな超高速光波形を発生させることに成功した。

次に、光の空間並列性と伝搬にともなうフーリエ変換特性に着目し、電気光学空間変調器を利用し

たモード同期による超短光パルス発生を提案している。まず、空間的に1次の位相変化である光偏向器を用いたモード同期を提案し、その動作解析を行うことによって定常的なパルスの幅を与える式を導いた。そしてNd:ガラスレーザを用いた実験により、Nd:ガラスレーザの純粋な強制モード同期として最短の6 psという超短光パルスを得ることに成功した。次に、空間的に2次の位相変化である電気光学レンズを用いたモード同期を提案し、解析によって定常的なパルスの幅を与える式を導くとともに、実験によりモード同期を確認した。

さらに、媒質中を走行する位相格子による空間変調を利用した新しい超高速光制御法を提案し、実験によりその動作を確認した。まず、電気光学効果によって形成される位相格子によるラマン・ナス回折を利用し、周波数成分の生成とそれらの空間的な制御によって超高速光偏向器が実現できることを示す。本光偏向器は十ギガヘルツ以上の超高速繰り返しで光ビームを、単一方向のみに掃引できる新しいものである。素子の動作解析を行うとともに試作をおこない、さまざまな空間的制御によって、16GHzでの単一方向偏向動作を確認した。また、本素子を応用した新しい超高速光制御法について検討を行い、ピコ秒パルス合成の実験を行って動作を確認した。次に、超短光パルスの干渉によって非線形媒質中に形成される光誘導位相格子を用いることにより、ブラッグ回折による超高速光スイッチを提案し、4光波結合の解析により大信号時の動作を明らかにするとともに、実験によりピコ秒のスイッチ動作を確認した。

以上、本研究により電気光学変調を用いた光制御によっても超短光パルスが得られることを明らかにするとともに、光空間変調を利用してさまざまな超高速光制御が可能になることを示すことによって、今後の超高速光制御技術の発展に新しい視点を与えた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、ピコ秒からサブピコ秒という超短時間域で光波形を自在に制御し、超短光パルスを生成することを目的として行った研究をまとめたものである。

フェムト秒光パルスが利用できる現在でも、任意のレーザから任意の超高速光波形を得ることはいまだに困難と考えられている。

著者は光波のもつ干渉性、空間並列性、伝搬に伴うフーリエ変換特性などを有効に利用した従来にないいくつかの新しい光制御法を提案し、それにより超短光パルスを生成できることを実験的に明らかにしている。

まず、純粋な電気光学的手法を用いたいくつかの超短光パルス生成法について研究を進め、実験的にピコ秒からサブピコ秒領域の光パルスが生成できることを明らかにしている。その一つは光波の多重干渉を利用したファブリ・ペロー形電気光学変調器であり、これにより電気光学的手法ではじめてサブピコ秒光パルスの生成に成功している。ついで電気光学変調により生成した広帯域の変調サイドバンドを制御する方法を試み、電気光学変調としては最も広帯域の640GHzという変調サイドバンド

を得るとともに、この光を光ファイバを用いて圧縮したピコ秒光パルスを生成している。この他、周波数領域で位相変調の振幅と位相を制御することにより超短光波形を合成するという考えから、ファブリ・ペロー干渉フィルタを用いて選択的にサイドバンド抜き出すことによる光波形生成法を提案し、75GHzという高繰り返しピコ秒光パルス列を発生させることに成功している。

次に、光の空間並列性と伝搬ともなうフーリエ変換特性に着目し、電気光学空間変調器を利用したモード同期による超短光パルス発生を提案している。まず、空間的に1次の位相変化である光偏向器を用いたモード同期を提案し、Nd:ガラスレーザを用いた実験により、Nd:ガラスレーザの純粋な強制モード同期としては最短の6psという超短光パルスを得ることに成功している。ついで、空間的に2次の位相変化である電気光学レンズを用いたモード同期を提案し、実験によりモード同期を確認している。

この他に、媒質中を走行する位相格子による空間変調を利用した新しい超高速光制御法を提案し、実験によりその動作を確認している。まず、電気光学効果によって形成される位相格子によるラマン・ナズ回折を利用し、周波数成分の生成とそれらの空間的制御によって新しいタイプの超高速単一方向光偏向器が実現できること導き、実験により、16GHzでのその動作確認に成功している。また、本素子を応用した新しい超高速光制御法について検討を行い、ピコ秒パルス合成の実験を行って動作を確認している。次に、超短光パルスの干渉によって非線形媒質中に形成される光誘導位相格子を用いることにより、ブラッグ回折による超高速光スイッチを提案し、4光波結合の解析により大信号時の動作を明らかにするとともに、実験によりピコ秒のスイッチ動作を確認している。

以上のように、本論文で著者は理論的、実験的両面から電気光学変調を用いた光制御のよっても超短光パルスが得られることを明らかにするとともに、光空間変調を組み合わせてもさまざまな超高速光制御が可能になることを示しており、本論文は今後の超高速光制御技術の発展にいくつかの新しい視点を与え、その寄与も大きいと考えられ、学位論文として十分な価値があるものと認められる。