

Title	超高速電気光学変調器・偏向器によるピコ秒光パルス生成に関する研究
Author(s)	李, 奉永
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37928
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	李 奉 永
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 10273 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 基礎工学研究科 物理系専攻
学位論文名	超高速電気光学変調器・偏向器によるピコ秒光パルス生成に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 末田 正 (副査) 教授 山本 錠彦 教授 小林 哲郎

論文内容の要旨

本論文は、筆者が大阪大学基礎工学研究科博士課程において行った“超高速電気光学変調器・偏向器による、ピコ秒光パルス生成に関する研究”の成果をまとめたものである。

レーザー光は電波に比べて格段に波長が短く周波数が高いため、空間的、時間的に情報やエネルギーを集中できる特徴を持つ。このレーザーの空間的高密度性は光ディスク、加工器、プリンタなど多方面で実際に活用されている。一方、時間的高密度性、つまり、高速性や広帯域性については、それを活用するための要素技術である高速光変調・偏向技術、超短光パルス発生技術において、前者では高速性がまだまだであり、後者では6フェムト秒の超短光パルスが得られ高速性に問題がないものの制御性、汎用性に問題があり、十分に活用されていないのが現状である。

本論文は上述のレーザーの高速性の活用に立ちふさがる問題点の解決を目指して進めた研究、つまり、ピコ秒からサブピコ秒（周波数域では数百GHzから数THz）という従来にはない超高速、超広帯域でレーザー光を制御し、変調、偏向、パルス生成できる制御性のよい電気光学素子、システムの開発研究の成果をまとめたもので、5章から構成されている。

第1章ではレーザーのもつ超高速性を活用するための基本技術である超高速光制御、中でも特に、高速光変調、偏向と超短光パルス生成に的を絞って、これらの技術の現状と問題点を述べた後、問題点の解決に対し高周波狭帯域高効率大信号動作電気光学変調器あるいは偏向器の有効性を述べ、それに基づいて進めた本研究の意義、目的を明らかにしている。

第2章では超短光パルス生成に適したマイクロ波領域で動作する新しい超高速電気光学変調器・偏向器について述べる。ここでは、電気光学的な方法で超短光パルスを生成するときに必要な変調器、偏向

器は、必ずしも電気的には広帯域でなくてもよいということに着目し、むしろ電気的には狭帯域として、その結果得られる高効率化、高周波化が容易になるという利点を活用し、広帯域の光スペクトル生成に適した超高速電気光学変調器、偏向器を構成する方法をとっている。まず、マイクロ波定在波を用いた光ビーム偏向の原理と動作解析を行い、この偏向法が高速化に非常に向いていることを説明する。次に実際に電気光学結晶 LiTaO_3 を用い 9.35 GHz 或は 16.2 GHz で動作する超高速電気光学変調器・偏向器を作製し、実験を行った結果、非常に高速、高効率の動作をすることを確認している。また、実験により 0.7 THz の広帯域光変調サイドバンドが得られ、改良すれば数 THz の広帯域の光サイドバンドの生成が可能であることを明らかにした。

第 3 章では、2 章で開発、試作した超高速電気光学変調器・偏向器を光偏向器として利用した超短光パルス生成について述べている。まず、最も簡単な方法であるスリット抜き取りによる光パルス生成実験を行い、駆動周波数の 2 倍の高繰り返しでピコ秒光パルスが生成されていることを確認した。次に回折格子を用いて偏向光ビームの圧縮による光パルス生成実験を行い、スリットを用いた場合には得られない入射光以上の強度を持つピコ秒光パルスを生成することに成功している。

第 4 章では、超高速電気光学変調器、偏向器を用いた光パルスシンセサイザについて述べる。これを用いれば、光変調、偏向により生成された広い光サイドバンドの個別制御が可能になり、第 3 章のような単純な光パルス生成だけでなく、任意光パルス波形合成が可能であることを示している。まず、光サイドバンドの分波方法と分波されたサイドバンドの個別制御法について考察した。次に、光サイドバンドの位相や強度の制御による光波形合成のシミュレーションを行い、さまざまな光パルス波形や光パルス列が生成できることを示している。実験では、光サイドバンド制御のための空間フィルタとして、固定形空間フィルタ、液晶変調器アレイ、あるいは単に凹面ミラーを用い、短光パルス列生成と任意波形整形に成功している。

第 5 章では、本研究で得られた主な結果を総括し、さらに今後の課題と発展について述べている。

論文審査の結果の要旨

光波の特質である高い時間分離能すなわち高速度性を、さまざまな用途に活用するためには、光を高速で制御する技術が重要になる。本論文は、新しい形式の超高速光変調器・偏向器の開発と、これを応用したピコ秒光パルス生成に関する一連の研究成果をまとめたものである。

電気光学的手法による光パルス生成に際しては、用いる光変調器が必ずしも電気的に広帯域動作をする必要はなく、たとえ単一の変調周波数でも、高周波数で大振幅の変調が可能であれば広帯域の光信号が得られ、これを利用して短いパルスを生成することができる。著者は、この点に着目し、まず、狭帯域ではあるが、高周波数・高効率で大振幅動作が可能であり、且つ光偏向にも使える新しい 3 種類の光変調器・偏向器の構成法を提案し、動作解析を行なっている。さらに、解析結果に基づき、9.35 及び 16.2 GHz で動作する、 LiTaO_3 変調器・偏向器を試作し、実験の結果、680 GHz に及ぶ広帯域光側波帯

の生成に成功する等、予期した高速・高効率動作の得られることを確かめている。

次に、これらの光変調器・偏向器を用いて超高速光偏向を行ない、これを利用して超短光パルス生成に関する実験を行なっている。その結果、スリット抜取り法及び回折格子法によって、18.7 GHz 及び 32.4 GHz という高い繰返し周波数で、ピコ秒光パルス列生成に成功している。

著者は、また、超高速光変調器・偏向器を光パルスシンセサイザへ応用している。まず、変調器・偏向器によって生成された広い光側波帯を個々の成分に分波する方法、これらをふたたび合波する方法、分離された側波帯成分の位相及び振幅の個別制御法などについて考察し、シミュレーションによって、種々の光パルス波形が合成できることを示している。次に、自ら開発した光変調器・偏向器の他、固定空間フィルタ、液晶変調器アレイなどを用いて光パルスシンセサイザを構成し、実験によって、種々の超短光パルス列生成並びに波形整形が可能であることを確かめている。

この研究は、新しい構成の超高速光変調器・偏向器を提案し、これを応用することによって、電気光学的な超短光パルス生成法を一段と発展させたものであり、光エレクトロニクスに寄与する所が大きく、本論文は博士論文として価値あるものと認められる。