

光の非線形作用を利用した任意波形発生器に関する研究開発 (042103021)

Arbitrary waveform generator using optical non-linear effect

研究代表者

青柳靖 古河電気工業株式会社 ファイテルフォトンクス研究所
Yasushi Aoyagi, Fitel Photonics Lab., Furukawa Electric Co., Ltd.

研究分担者

河原 亮

Ryo Kawahara

古河電気工業株式会社 ファイテルフォトンクス研究所
Fitel Photonics Lab., Furukawa Electric Co., Ltd.

研究期間 平成 16 年度～平成 18 年度

本研究開発の概要

本研究は、外部入力データに応じてインパルス波形を高精度で生成可能な任意信号発生器の研究開発を目的とする。方式検討の結果、増幅、圧縮されたパルス幅数十 ps の光パルス列に波形データを振幅変調した後、合波し、O/E 変換後、包絡線を抽出することで所望の UWB 波形を得る、時間分割方式を採用した。結果として、振幅分解能 12bit、時間分解能 10Gsp/s のシステムを構築し、外部データによって任意インパルス波形を選択するリアルタイム BPSK 波形の生成に成功した。同時に、包絡線を抽出する電気フィルタを改善することで、振幅精度を高めた。さらに、光パルス圧縮過程の改善を行うことで、時間分解能を 30Gsp/s に高めた。

Abstract

This research aims at the development of the arbitrary signal generator that can generate the impulse waveform according to external input data. Consequently, a system with amplitude resolution of 12bit and time resolution of 10Gsp/s was constructed, and it succeeded in the generation of a real-time BPSK shape of waves that selected the arbitrary impulse waveform according to external input data. The amplitude accuracy has been improved by modification of an electric band pass filter. In addition, the time resolution has been improved to 30Gsp/s by optimization of the optical pulse compression process.

1. まえがき

UWB(Ultra Wideband)無線システムは、電波の占有周波数帯域を 450MHz 以上とした電波の利用形態であるが、その広帯域性により、電波天文、衛星通信、放送などへの与干渉や、同一システムからの被干渉を低減する波形の検討が重要である。また、他システムへの与干渉を低減する必要がある。このため、ユーザ間で互いに直交する波形、スペクトル整形をした波形等、現在さまざまなインパルス波形の検討が行われている。ところが、パルス幅が数 ns 以下といった条件下では、インパルスの形状を調節し、変調するデータ、ユーザ ID などに応じて微妙に変化させる、といったことは困難である。本研究は、これらの理想インパルス波形を高精度で生成可能な任意信号発生器の研究開発を目的とする。

2. 研究内容及び成果

2.1 時間分割方式インパルス生成

電気デバイス調査の結果、通常入手可能な 10bit 以上の分解能を有する DAC(Digital to Analog Converter)において、変換速度が 2.5Gsp/s 程度であることが分かった。従って、処理としては、圧縮を行った光インパルスに振幅変調を施す方式が好ましいことが分かった。従って、任意波形発生装置としての構成は、複数の光パルスに振幅変調を実施し、それらを合波することで所望の光信号を得る方式(以下、時間分割方式)を選択した。図 1 に、提案方式について動作の概念図を示す。パルス幅数十 ps の極短時間幅の光パルス列に振幅変調を施した後合波を行い、その光パルス列を電気変換することで、所望のインパルス波

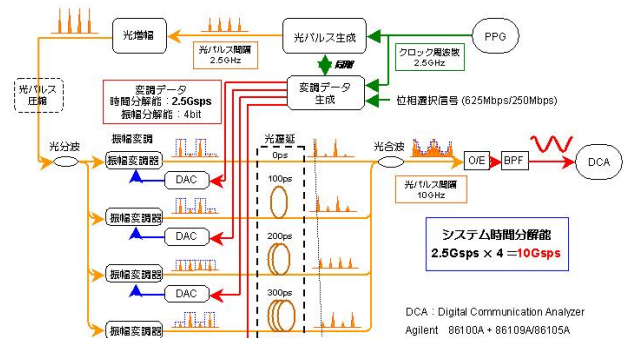


図 1. 時間分割方式 BPSK 信号生成のシステム構成図

形信号を得る方式である。さらに、本研究の特徴のひとつである任意データ変調についての検討を行う必要があるが、データ変調の方式として、BPSK 信号を選択した。提案する BPSK 信号波形の生成について、システム構成を図 1 に示す。PPG により、システムクロックを供給し、2.5GHz 間隔の光パルス列を発生する。その後、光分波・合波および光遅延により 10GHz 間隔の高密度光パルス列を生成する。データ生成部では、複数通りの任意のインパルス波形パターンを保存することが可能であり、リアルタイムデータに応じて波形パターンを選択し、DAC に対して光パルス列に同期した変調値を供給する。振幅変調部で、光パルス列の各ピークに所望の振幅変調を施した後、合波

して高密度光パルス列を生成し、PDにて電気信号に変換した後、さらにBPF(Band Pass Filter)を通過させることで所望の電気信号を得るシステムである。

2.2 Binary Phase Shift Keying(BPSK)に対応するインパルス信号生成

0、 π の位相変調に相当する波形として、インパルスの基本波形と、基本波形の位相を反転した形状を設定した。なお、基本波形は Gaussian Monopulse の1次、及び2次微分波形を基本記憶波形とし、リアルタイムデータに相当する波形選択信号は625Mbps、250Mbpsの2値信号とした。

図2にサンプリングオシロスコープで測定した波形生成結果を示す。上段が光パルス、下段が、O/E変換及びBPF通過後の電気波形である。

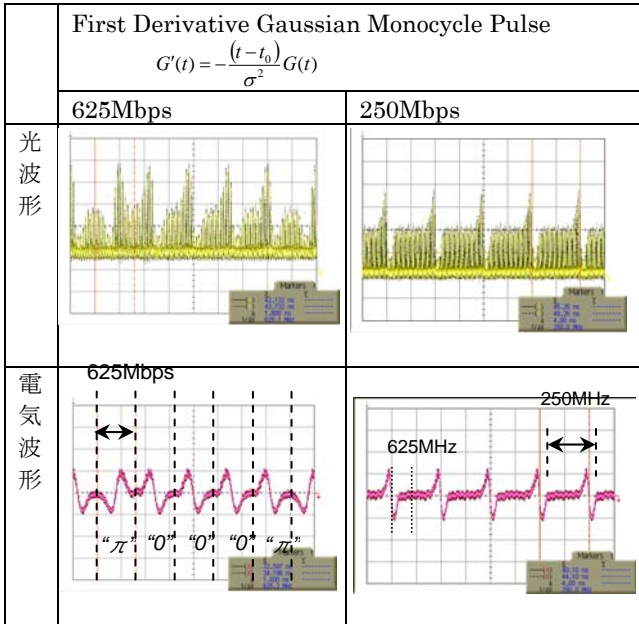


図2. 実験結果

2.3 超高密度インパルス信号生成

次に、RF直接発振や、さらなる高分解能化を確認するため、時間分解能の向上を検討した。光パルスは隣接パルスとの間隔が短くなると、干渉が生じ、振幅が不安定になるという効果がある。この効果を分散補償による光パルス圧縮によって、緩和できる。この作用は本提案システムにおいては、時間方向の高分解能化に貢献する。時間分解能の改善効果を確認する実験の構成を図3に示す。PPGにより、システムクロックを供給し、3.75GHz間隔の光パルス列を発生させる。その光パルス列を光増幅後、分散補償による光パルス圧縮を行う。この光パルス列を、まずは2分岐カプラによる光分波・合波および光遅延にて7.5GHz間隔の光パルス列にし、さらに4分岐カプラによる光分波・合波および光遅延を行うことにより、30GHz間隔の光パルス列を生成した。また、振幅変調は各経路の光減衰量を調整することにより実施した。

図4に実験結果を示す。図4(a)に、振幅変調、分散補償がともに実施しない30GHz間隔の光インパルス列を合波した場合の光信号波形を示す。また、同様の条件で、分散補償を実施した場合を図4(b)に示す。分散補償前は、30Gsp/s間隔では光パルスの相互干渉が生じていたが、分散補償を行相互干渉が抑圧できていることが分かる。本結果により、提案方式による30GHz(準ミリ波~ミリ波)のRF直接発振の可能性を示すことができた。この状態で、各インパルスに振幅変調を施した結果の光波形を図4(c)、

電気波形を図4(d)に示す。繰り返し信号ではあるが、安定した振幅変調を施すことに成功した。

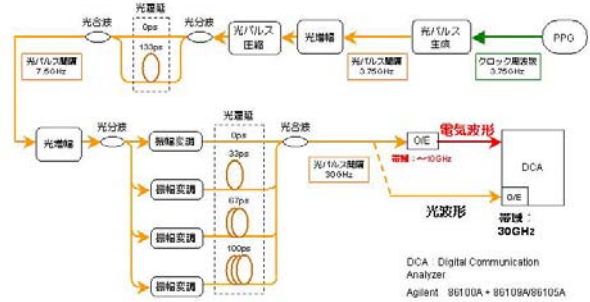


図3. 超高密度時間分解能実験システム

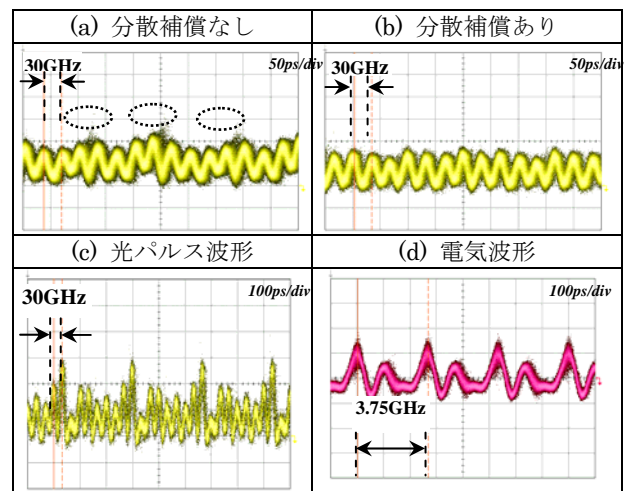


図4. 超高密度時間分解能実験結果

3. むすび

インパルス生成に適した任意波形生成器において、光の非線形作用を応用して生成した高密度光インパルス列を生成し、振幅変調を行う方式の検討を行った。分解能12bit、変調速度10Gsp/sの波形生成のシステムを構築した。本提案のもう一つの特徴である、リアルタイムデータ変調機能について、BPSKを例として実施した。さらに、光パルス圧縮過程を最適化することで、RF直接発振を可能とする超高密度化に成功し、30GHzの信号生成に成功した。

【誌上发表リスト】

- [1]河原亮、青柳靖、“時分割光パルスを用いたUWB任意波形発生器の開発”、電子情報通信学会ソサイエティ大会(北海道)(2005年9月20日)
- [2]河原亮、青柳靖、“時分割光パルスUWB任意波形発生器によるBPSK信号生成”、電子情報通信学会ソサイエティ大会(石川県)(2006年9月20日)
- [3]河原亮、青柳靖、“時分割光パルスUWB任意波形発生器の高速化”、電子情報通信学会総合大会(愛知県)(2007年3月22日)

【申請特許リスト】

- [1]青柳靖、加木信行、信号発生装置、日本、2005年1月27日
- [2]河原亮、青柳靖、光パルスパターン生成器、日本、2005年8月12日