

光周波数コム合成・解析法による位相偏移変調信号の生成・計測

PSK Signal Generation and Detection by Optical Frequency Comb

Synthesizer/Analyzer

長岡技大 ○山崎 俊明, 塩田 達俊

Nagaoka Univ. of Tech. ○Toshiaki Yamazaki, Tatsutoshi Shioda

E-mail: tshioda@vos.nagaokaut.ac.jp

1. はじめに

近年の光情報通信の普及により、通信の大容量化が求められており、高速光信号の利用が急速に拡大している。一方で、電子回路の応答速度の限界から高速信号の処理は困難であり、高速光波形処理を可能とする技術の重要性が増してきている。周波数軸上で振幅・位相を計測し波形を合成することが高速信号処理に有効な方法として知られている。そこで、我々は高分解に位相スペクトルを計測できる二波長同時ヘテロダイン検波法を提案した[1]。一方、高速光波形の発生に有効な方法として、アレイ導波路格子(AWG)、強度・位相変調器により構成される、光シンセサイザが提案されている。そこで、提案手法の検出部に AWG を導入して並列処理を可能とする光周波数コム合成・解析法を新たに構築し[3]、光シンセサイザとの組み合わせで 3.2 Tbit/s 16 bit の強度変調信号を生成・計測した。また、通信容量の拡大には周波数利用効率を向上する位相偏移変調(PSK)方式が有効である。本論文では、提案システムを通信容量の拡大には周波数利用効率の向上に寄与する位相偏移変調(PSK)方式に適用し、32 値で 16 Tbit/s の位相変調信号の生成・計測を行った結果を報告する。

2. 実験・結果

Fig.1 に実験系を示す。DFB-LD を種光源とし、その出力を光コム発生器(OFCG)に入射して 25 GHz 間隔の光周波数コムを発生した。さらにカラーレス AWG-1(FSR 200 GHz)の周回性を利用して発生した 25 GHz 光コムから 200 GHz 間隔のピークを抽出し、信号光とした。ここで、AWG-1 の動作は Fig.2 に示すとおりで、入出力各 1ch のみを用いて 200 GHz コムを得た。今回の計測では光源周波数 193.300 THz を中心として 6.4 THz 帯域 32 波のピークを利用した。信号光は光シンセサイザに入射して、AWG-2(チャンネル間隔 200 GHz)により、200 GHz 間隔のピークがそれぞれ別のチャンネルに展開され、モード毎に独立した強度・位相変調を行った。強度変調および位相変調の深さは、強度スペクトルはスペクトラムアナライザによる観測、位相スペクトルは 25 GHz 間隔の光コムを参照光とした二波長同時ヘテロダイン検波法の出力をモニターすることで設定した。

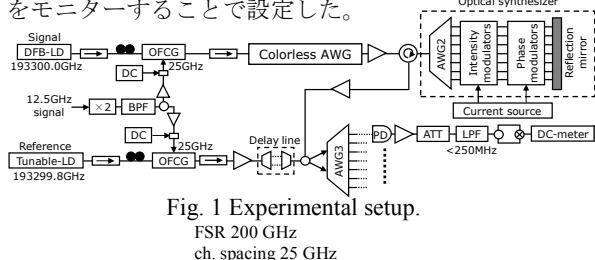


Fig. 1 Experimental setup.

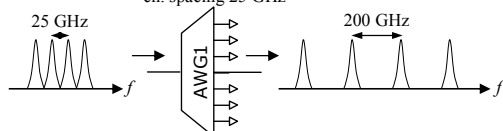


Fig. 2 Principle of high-speed comb generator.

位相の計測では、信号光源の出力と 200 MHz 周波数の異なるレーザ光を種光とした参照光コムを信号光と合波し、AWG-3 により 200 GHz 間隔の 2 モードを抽出して提案手法に適用した。光シンセサイザの制御は PC 上で作成したデジタル信号をフーリエ変換することで算出した強度・位相スペクトルを基に調整した。今回、生成・計測する波形としては 32 値の位相変調信号を用い、パターンは $\pi, \frac{15}{16}\pi, \frac{7}{8}\pi, \frac{13}{16}\pi, 0, \frac{\pi}{16}, \frac{\pi}{8}, \frac{\pi}{4}, \frac{3}{8}\pi, \frac{3}{16}\pi, \frac{5}{16}\pi, \frac{1}{2}\pi, \frac{9}{16}\pi, \frac{5}{8}\pi, \frac{11}{16}\pi$ とした。Fig.3 a),b)に強度・位相スペクトルの計測結果および計算結果を示す。強度・位相それぞれについて計測・計算結果の差分の標準偏差により比較をすると、それぞれ 0.6%、 $\lambda/66$ となり高い精度で一致した結果が得られた。また、Fig.3 に示したスペクトルを基に、各波長成分を重ね合わせて波形を合成し位相変調信号を得た。ここで、波形の評価を簡単にするため、キャリア周波数で位相一定の正弦波との足し合わせを行うことで振幅変調信号に変換した。得られた波形を Fig.4 a),b)にそれぞれ示す。Fig.4 より計測と計算で同様のパターンが得られた。

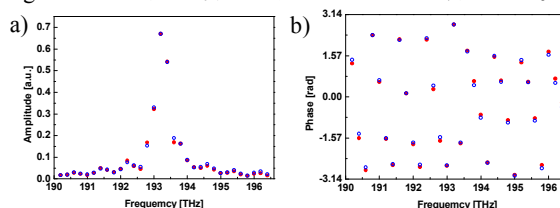


Fig. 3 Measured (red) and simulated (blue) spectra of a) amplitude and b) phase.

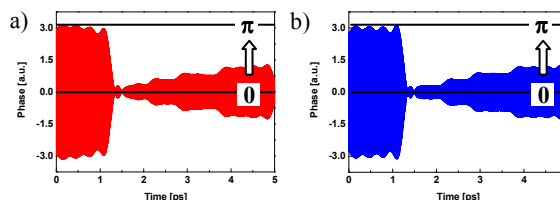


Fig. 4 a) Measured (red) and b) simulated (blue) waveforms.

3. おわりに

光シンセサイザと提案手法を組み合わせた高速光波形生成・計測システムにより 16Tbit/s 80 bit パケット PSK 信号の生成・計測を試みた。結果として、算出したスペクトルおよび波形との比較から妥当性のあるものが得られ、提案手法の位相変調信号への有効性が確認された。

謝辞

本研究は、総務省「戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)」、科学技術研究費補助金若手研究(A)(23686014)、財団法人大川情報通信基金、財団法人光科学技術研究振興財団、財団法人テレコム先端技術研究支援センターの支援により実施したものです。

参考文献

- [1] T. Shioda, et al. *Opt. Commun.* **23**, 4733-4740 (2010).
- [2] T. Yamazaki, et al. *J. Opt. Soc. Am. B* **29** (7), pp.1707-1711 (2012).
- [3] T. Shioda, et al. *Opt. Lett.*, doc. **37**, pp.3642-3644 (2012).