

高効率化 PPLN モジュールを用いた位相感応増幅器の特性評価 Evaluation of phase-sensitive amplifier using a PPLN module with improved efficiency

NTT フォトニクス研究所, °圓佛晃次, 梅木毅伺, 忠永 修, 遊部雅生†, 竹ノ内弘和
NTT Photonics Labs., °K. Enbutsu, T. Umeki, O. Tadanaga, M. Asobe†, and H. Takenouchi
†現在東海大学 †Present Affiliation: Tokai Univ.

光パラメトリック効果に基づく位相感応光増幅器 (PSA) は標準量子限界以下の低雑音増幅が可能であることから, 将来の大容量光ファイバ通信における有望な光増幅器として期待されている. 我々は既に PPLN 導波路を用いた PSA において利得 6.7dB において 3dB 以下の雑音指数(NF)を実現している[1]. 今後 PSA を光ネットワークへ適用するには低 NF と高利得の両立が重要であるが, 高い利得を確保できる EDFA に代表される従来の光増幅器との併用により, 高利得かつ低雑音な増幅特性を得ることができれば, 既存設備を有効に活用でき, かつ PSA への性能要求条件を大幅に緩和することができる. PSA と EDFA をタンデムに接続した場合の NF は PSA の利得を G_{PSA} とすると $NF = NF_{PSA} + NF_{EDFA}/G_{PSA}$ と表される. 後段の EDFA に起因する NF の劣化は G_{PSA} の増大によって抑制できるため, 仮に PSA 単体の利得を 10dB 以上とすることができれば, 後段の EDFA の NF の影響を 1/10 以下に抑制することができ, タンデム接続構成で低 NF と高利得が両立可能となる. 今回我々は, PPLN 導波路のプロセス精度の向上によって, 効率を大幅に向上した PPLN を用い, PSA-EDFA タンデム構成でも十分な低雑音特性が期待できる高利得かつ低 NF 特性を持つ PSA を実現したので報告する.

図 1 に特性を向上させた PPLN モジュールを適用した PSA の構成および特性評価系を示す. 本報告では高効率化モジュールを適用した際の増幅特性への効果を確認するため, これまで NF 評価に用いてきたものと同じ SHG 励起型 PSA 構成を採用した. また今回は励起光生成方法として, 同一光源からの光を分岐し, 一方を変調して信号を生成し, 他方を励起光発生に用いる PSA (マスターローカル型 PSA) を構成した. 利得は光スペクトルアナライザ (OSA), 雑音特性は電気スペクトルアナライザ(ESA)法により評価した. 図 2 に 15GHz の強度変調信号および PSA 増幅後の光スペクトルの測定結果の一例を示す. 図 2 に示す増幅後スペクトル, 入力信号スペクトル, さらに励起光の入力が無い場合の出力光のスペクトルのサイドバンドにおける OSA の受光レベル差から各利得を算出した. 評価の結果, PSA 単体で外部利得として 15.5 dB (内部利得: 約 19.6 dB) の高い増幅特性が得られた. さらに雑音特性として, 上記利得条件下において入力パワーが -24 から -16dBm の領域における NF の平均値が約 2dB と低雑音であることを確認した. 以上の結果から, PSA-EDFA タンデム構成でも十分な低 NF かつ高利得な特性が期待できる PSA を実現することに成功した.

[1] M. Asobe et. al., Opt. Express 20(12), 13164–13172 (2012).

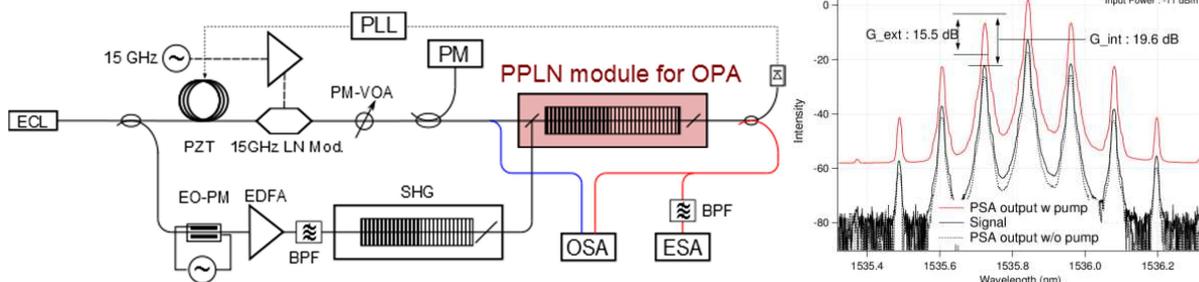


図 1 実験系 : PSA 構成および利得/NF 評価系

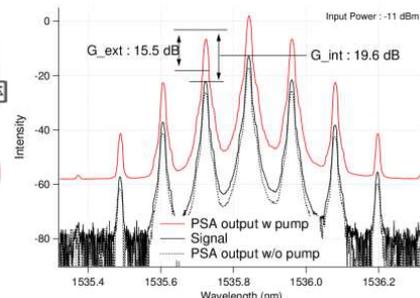


図 2 入出力光スペクトル