18a-F9-9

半導体光増幅器での周波数雑音特性

Characteristic of the Frequency Noises in Semiconductor Optical Amplifier

金沢大学 自然科学研究科， 樋口 和貴，°高島 隆義，山田 実，桑村 有司

K.Higuchi, °T.Takashima, M.Yamada, Y.Kuwamura

Kanazawa University, Graduate School of Natural Science and Technology,

E-mail: se100054@ec.t.kanazawa-u.ac.jp

1.はじめに

半導体光増幅器(SOA)は小型で高利得、光検出器や半導体レーザに集積化して用いることができるため、幅広く利用されている。しかし、SOAについて多数の研究が報告されているが増幅や雑音特性など不明な点が多い。

これまで著者らは、SOAの強度雑音を相対雑音強度(RIN)で評価した場合、増幅により改善される場合があることを述べてきた[1][2]。今回はSOAの周波数雑音について検討する。

2.理論解析

SOAからの出力光の周波数雑音 $< f_\Omega^2(L) >$ は次式で表される[1]。

$$< f_\Omega^2(L) > = \frac{\Omega}{\pi}\int_0^L \left(\frac{\alpha a}{2} \mathrm{Im} < f_\Omega n_\Omega > + \frac{1}{v} \mathrm{Im} < f_\Omega T_\Omega > \right) dz + < f_\Omega^2(0) > \quad (1)$$

ここで、$< f_\Omega^2(0) >$ はSOAへの入力光の周波数雑音、Ω は揺らぎの角周波数、f_Ω は光周波数揺らぎ、n_Ω は電子密度揺らぎ、α は線幅増大係数、a は微分利得係数、v は光の伝搬速度である。また、スペクトル半値半幅 Δf は $\Omega \to 0$ とし、

$$\Delta f(L) = 2\pi < f_0^2(L) > \quad [Hz] \quad (2)$$

で与えられる。

理論解析から、我々はSOAの周波数雑音の特性として以下の3点を予測した。

(ⅰ) SOA内部で発生する自然放出光(ASE)は信号光に直接影響を与えない。

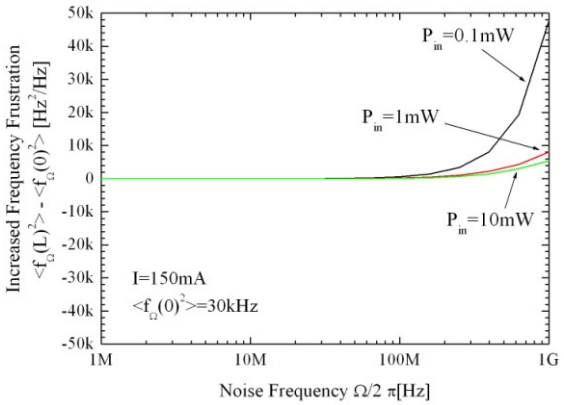
(ⅱ)揺らぎの角周波数Ωが十分低い周波数帯ではSOAによる光増幅で周波数雑音は変わらず、線幅も変化しない。

(ⅲ)それに対して、高周波帯ではSOAによる光増幅で周波数雑音が増加する。

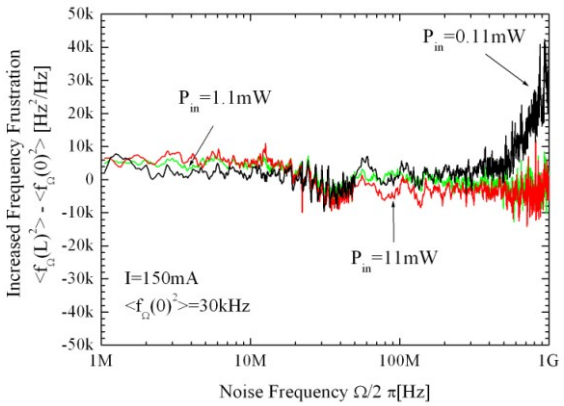
本報告ではSOAの周波数雑音の測定結果を示し、理論解析結果が定量的にも正しいことを示す。

3.実験との比較

SOA からの出力光と入力光の周波数雑音の差を図 1 に示す。図 1 は SOA の増幅により、周波数雑音がどれだけ増えたかを表している。(a)が理論解析より求めた計算結果、(b)が測定結果である。図 1 より、低周波帯では SOA による光増幅で周波数雑音が変化していないことが分かる。一方、高周波帯では SOA による増幅で周波数雑音が増加している。特に、SOA への入力光強度が小さいほど周波数雑音の増加が顕著である。また、計算結果と測定結果から、理論解析が定量的に正しいことを示せた。



(a)計算結果



(b)測定結果

図 1　出力光と入力光の周波数雑音の差

謝辞

実験試料を提供していただいている住友電気工業株式会社の方々にお礼申し上げます。

参考文献

[1] M.Yamada, IEEE J. Quantum Electron., Vol.48, No.8, pp.980-990, Aug. 2012

[2] M.Yamada, N.Takeuchi, K.Sakumoto, and Y.Kuwamura, IEEE Photon. Technol. Lett., Vol.24, No.22, pp.2049-2051, Nov. 2012

© 2014 年　応用物理学会