

Si-APD 二光子吸収応答による距離測定と ブリルアン増幅を用いた光ファイバ破断点計測

Fiber fault detection using distance measurement based on two-photon absorption process in a Si-APD along with Brillouin amplification

農工大工, [○]根本 昌弥, 宮澤 弘将, 田中 洋介

Tokyo Univ. of Agri. & Tech., [○]Masaya Nemoto, Hiromasa Miyazawa, Yosuke Tanaka
E-mail: tyosuke@cc.tuat.ac.jp

Si-APD 二光子吸収応答は、波長 1.5 μm 帯の光を集光した際に生じる非線形現象で、光電流が入射光強度の二乗平均に比例する。同一周波数で強度変調をかけた信号光と参照光を用い、それらの強度相関を Si-APD 二光子吸収で測定すれば、信号光と参照光の伝搬距離差がわかる。この原理を利用して、我々は Si-APD 二光子吸収応答を利用した光ファイバ破断箇所のセンシングを提案した[1-3]。一方、光ファイバ内で生じる非線形現象のうち、比較的lowパワーで生じる誘導ブリルアン散乱を利用すると、反射光の増幅効果が期待できる。今回我々は、誘導ブリルアン散乱による光の増幅効果を利用すれば反射点からの戻り光が小さい場合にも高感度な反射点検出ができると考え、その検討を行った。Fig.1 に実験系を示す。波長 1550 nm の LD₁ と波長 1552 nm の LD₂ からの出射光を LiNbO₃ 導波路型強度変調器 (IM_{1,2}) により同一周波数 f_m で強度変調し、それぞれブリルアン散乱を起こすポンプ光、参照光とする。ポンプ光は同期検波用に 20 kHz の強度変調を加える。ポンプ光路側には、被測定ファイバ 10 km を接続し、コネクタ接続部で破断点を設ける。このとき、光のアッテネーターを用いて、疑似的な微小反射光を作る。続いて、コネクタで反射した光と参照光がカプラで合波され、Si-APD に集光する。IM₁、IM₂ に入力する信号の f_m を掃引すると、二光子吸収電流は、

$$i \propto \text{const} + \cos \left(2\pi f_m \frac{n\Delta L}{c} \right), \quad (1)$$

となり、コサイン状に変化する。但し、 n は屈折率、 c は真空中の光速、 ΔL は反射点までの距離差である。 ΔL は式(1)の信号をフーリエ変換して求める。Fig.2 に二光子吸収電流のフーリエスペクトルを示す。測定分解能は 50 m で、スペクトルの位置がコネクタまでの往復距離に対応する。ポンプ光のスペクトル線幅を(a)700kHz と(b)10MHz に設定し、条件(a)のみ誘導ブリルアン散乱が起こるようにした。グラフは 5 km 付近の拡大図で、10 回の測定の平均をとってある。条件(b)ではスペクトルが観測されなかったが、条件(a)ではスペクトルが確認できた。これは、条件(a)では微小な反射光が誘導ブリルアン散乱によって増幅されたためと考えられる。以上より、Si-APD 二光子吸収応答を利用した距離計測技術とブリルアン増幅により高感度破断点測定が可能なが検証できた。本研究は JSPS 科研費 (16H04374) の助成を受けた。

参考文献

- [1] Y. Tanaka *et.al*, *Measurement Science and Technology*, **26**, 025205 (2015).
- [2] M. Nemoto *et.al*, 22nd Microoptics Conference, P-41, 218-219 (2017).
- [3] 根本 他、日本光学会年次学術講演会、PDP6、698-699 (2017).

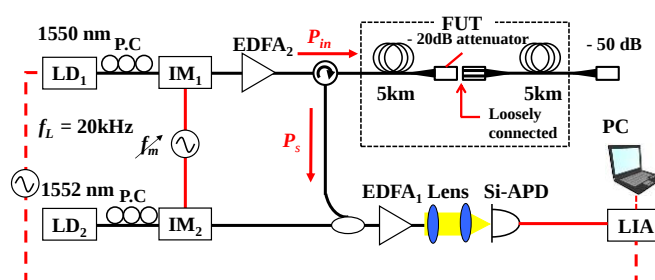


Fig.1 Si-APD 二光子吸収応答とブリルアン増幅による高感度破断点計測

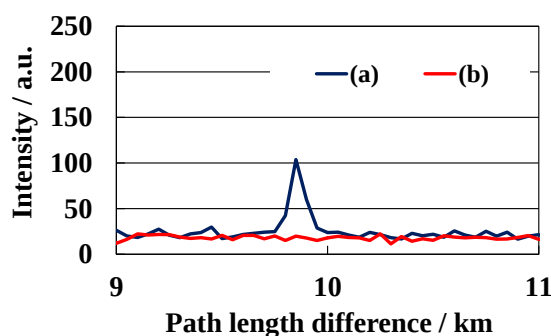


Fig.2 フーリエスペクトル破断点付近拡大