

DFB レーザーを用いたヘテロダイン検出の FBG センサーへの応用

Application of heterodyne detection using a DFB laser to FBG sensor

北里大理¹, 東工大院工² ○黒田 圭司^{1*}, 平井 あかり¹, (M1)林 昶忻²Kitasato Univ.¹, Tokyo Inst. of Technol.², °Keiji Kuroda¹, Akari Hirai¹, Chang Xin Rin²

*E-mail: kkuroda@kitasato-u.ac.jp

Fiber Bragg Grating (FBG)は温度や歪みセンサーとして活用されている。多点センサーとして組み込むには低反射率 FBG を用いる必要がある。本報告では FBG センサーの高感度化を目指し、周波数掃引パルスの干渉を用いたヘテロダイン検出技術の応用について報告する。図 1 に実験セットアップを示す。光源は DFB-LD (Distributed Feedback Laser)アレイを用い、直接変調によって波長 1.5 μm 、パルス幅 500 ns のパルスを発振させ 1:2 カプラーで等分割する。一方を信号光、もう一方を参照光として用いる。信号光はサーキュレーターを透過後 FBG に入射される。FBG からの反射光は偏波コントローラーによって偏光を調整した参照光と再び 2:2 カプラーで混合される。カプラーからの二つの出力は差動検出器によって検出される。用いた FBG は中心波長 1531 ± 0.1 nm、バンド幅(FWHM) 0.2 ± 0.1 nm、反射率 1%である。図 2(a)に干渉波形を示す。DFB レーザーは温度を調整することで発振波長が FBG の反射波長に共鳴させてある。信号光と参照光の光路長差は 12.5 m であり約 400 ns の範囲でビート信号が検出されている。これは DFB-LD に直接パルス変調をかけることで、熱が発生しその拡散で実効的な共振器長が変わり、時間的な周波数シフトが起きるためである。信号光(振幅 E_{Sig})は参照光(振幅 E_{Ref})とヘテロダイン検出されているのでビート信号の振幅は $2E_{\text{Sig}}E_{\text{Ref}}$ となる。よってビートの振幅を信号の大きさとした場合、1%の反射光を直接強度検出した場合に比べて $2 \times 100^{1/2} = 20$ 倍程度 S/N 比が改善される。さらに利得 20dB の差動検出器を用いることで 2×100 倍の感度向上が得られトータルで約 4000 倍の S/N 比改善が期待される。図 2(b)、(c)に LD の温度を変えたときの干渉信号を示す。波長がシフトすることで振幅が減少している。ビート振幅の二乗の LD 温度依存性(上の軸)と対応する波長依存性(下の軸)を図 2(d)に示す。青線はガウス関数によるフィッティングの結果で実験データをよく再現している。また得られた中心波長は 1531.00 nm、バンド幅は 0.24 nm でスペックとよく一致している。これによりヘテロダイン検出で FBG からの反射光を効率よく検出できていることがわかる。講演では減衰器を用いてより信号光の反射を落とした場合、また FBG までの距離を 20 km に伸ばした場合の結果も報告する予定である。

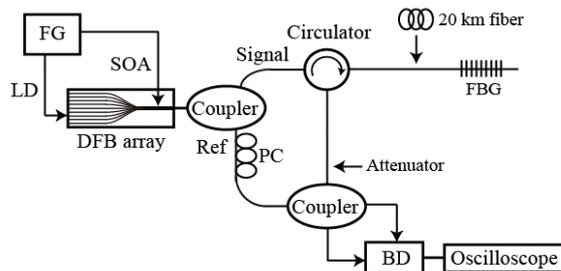


Figure 1 Experimental Setup FG:Function Generator, DFB: Distributed feedback laser, LD:Laser Diode, SOA:Semiconductor Optical Amplifier, PC:Polarization Controller, FBG:Fiber Bragg grating, BD: Balanced Detector.

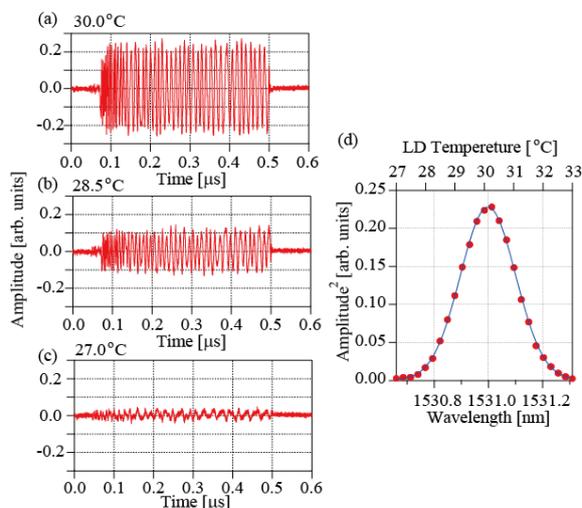


Figure 2 (a) Beat signal at LD temperature of 30.0°C. (b) Beat signal at LD temperature of 28.5°C. (c) Beat signal at LD temperature of 27.0°C. (d) Reflection spectrum of FBG.