

DFB レーザーアレイを用いた波長分割多重 FBG センシング

Wavelength-division multiplexed sensing of fiber Bragg gratings using a distributed-feedback laser array

北里大理¹, °黒田 圭司¹Department of Physics, School of Science, Kitasato University¹, °Keiji Kuroda¹

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。昨年の講演会で単一低反射率 FBG の高感度検出に向けたヘテロダイン検出技術の応用について報告した[1]。本講演では波長分割多重化(WDM: Wavelength-Division Multiplexing)に向けて直列接続された3波長 FBG の検出について報告する。光源は DFB-LD (Distributed Feedback Laser)アレイを用いる。この光源は DFB レーザーがアレイ状に並んでおり図 1(a),(b)に示すように 1530nm から 1560nm まで 30nm で発振可能である。また図 1(c)に示すように温度を変化させることで 3nm を連続的に掃引できる。実線は線形関数によるフィッティングである。この LD への直接変調によって波長 1530nm、1540.5nm、1551nm、パルス幅 100 ns のパルス列を 50ns の間隔で発振させる(図 1(d))。この出力を 3dB カプラーで等分割し、信号光と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 3dB 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 のスペックはバンド幅(FWHM) 0.2 ± 0.1 nm、反射率 1%、中心波長はそれぞれ 1531 ± 0.1 nm、 1540.5 ± 0.1 nm、 1551 ± 0.1 nm であり 1.5m 間隔で配置されている。

図 1(e)に典型的な干渉波形を示す。3つのビート信号が約 150ns の遅延時間で検出されており、それぞれ3つの FBG からの信号である。DFB-LD に直接パルス電圧を印加することでパルス発振させているが、このとき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。微弱な信号パルスの反射を参照光とヘテロダイン検出する事により光路長差で決まる周波数を持つビート信号が検出される。図 1(f)は FBG1 のビート信号の拡大図である。図に示すようにパルスエンド付近の振幅をビート振幅 ΔV として測定する。得られるビート振幅は反射光強度の $1/2$ 乗 $2|E_{\text{Sig}}E_{\text{Ref}}|$ に比例するので図 2(a)では ΔV^2 を LD の温度の関数としてプロットしている。図 2(b)は横軸を図 1(c)のフィッティングで得られた関数を用いて温度を波長に変換しログプロットしたものである。実線はガウス関数によるフィッティングの結果であり実験データをよく再現している。また 20dB 以上の S/N 比が得られている。求めた中心波長と FWHM はそれぞれ FBG1(1531.1nm,0.22nm)、FBG2(1540.6nm,0.22nm)、

FBG3(1550.2nm,0.25nm)でありスペックとよく一致している。また 100ns パルスで 1.5m 間隔の FBG を識別できていることからパルス時間に制限されず高空間密度 FBG への応用が期待できる。

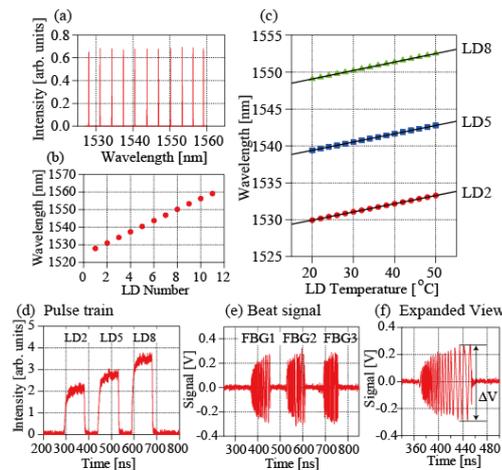


Fig. 1. (a) Spectra of the DFB laser array. (b) Oscillation wavelength of each DFB LD. (c) LD-temperature dependence of the wavelengths for LD2 (red circles), LD5 (blue squares), and LD8 (green triangles). The solid lines are fitting results. (d) Shapes of the input pulse trains. (e) Beat signals simultaneously observed at an LD temperature of 30 °C. (f) Expanded view of the beat signal of FBG1 shown in Fig. 4(b).

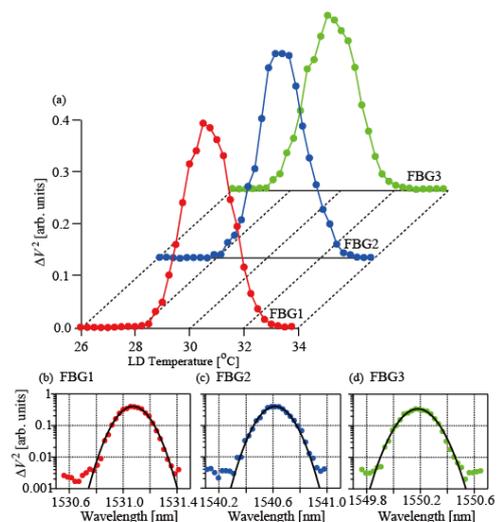


Fig. 2. (a) LD-temperature dependence of ΔV^2 for FBG1 (red circles), FBG2 (blue circles), and FBG3 (green circles). (b-d) FBG spectra on a logarithmic scale. The solid curves are fitting results.

[1] 黒田圭司, 平井あかり, 林昶忻, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 (オンライン) 17p-P03-5