

論文の内容の要旨

論文題目 Multiplexed Sensor Systems and Dynamic Grating Devices
 Using Synthesis of Optical Coherence Function

(光波コヒーレンス関数の合成法による多点型光センサシステム
とダイナミックグレーティングデバイスの研究)

氏名 朱 冰

干渉計の光源として半導体レーザを用いた場合、その注入電流を変化させることにより、直接周波数変調特性によって発振光の周波数を変えることができる。この特性を活用して、時間平均的に見た光源のパワースペクトルの形状を変化させることにより、光波コヒーレンス関数が任意に合成できる。本論文では、この技術を基盤にして新しい光センサシステムと機能性デバイスとを提案、研究した。

まず、光波コヒーレンス関数合成法と位相合成キャリア法を利用して新しい多点型光ファイバ干渉計センサシステムを提案し、実験によってその機能を検証する。図1が提案したシステム構成である。光路差のあるマイケルソン型の干渉計がセンサユニットであり、振動等による光波位相を測定する。ここで複数あるセンサユニットは互いに異なる光路差を有する。図中に示した階段状の波形で光源周波数を変化させることにより、デルタ関数的な光波コヒーレンス関数を合成しており、光路差がある特別な

値をとる干渉計出力のみを選択的に抽出できる。本提案システムでは、階段状波形に重畳させて周波数 ω の正弦波も加える。これにより分光器出力中に生じる ω と 2ω 成分はセンサ入力位相信号 ϕ_{sn} の正弦関数および余弦関数となり、簡単な計算から ϕ_{sn} を求められる。

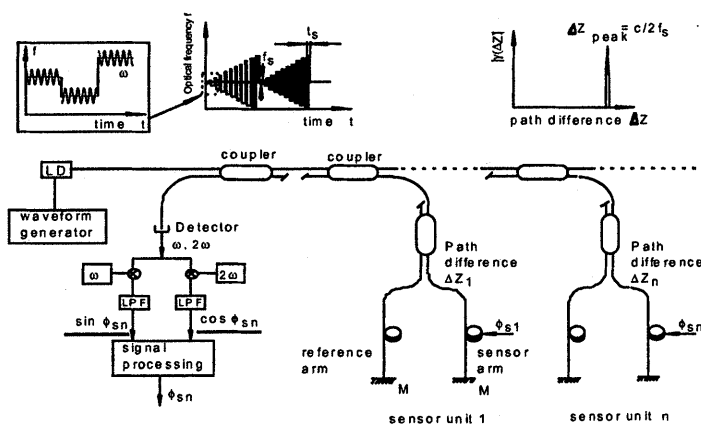


Fig.1. Experimental setup of the sensor system.

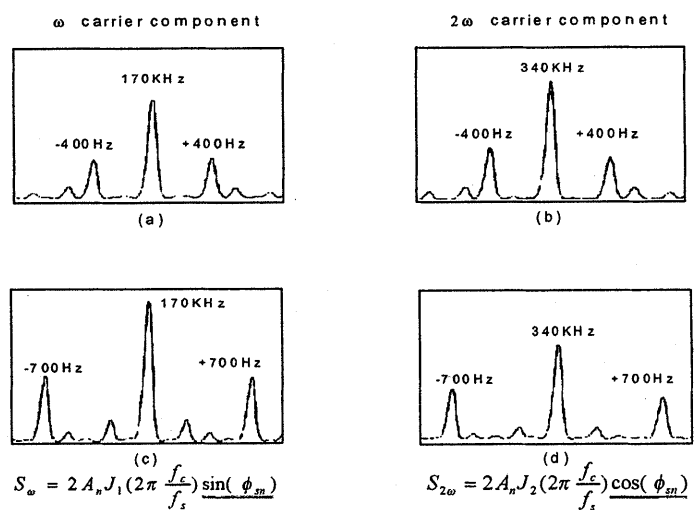


Fig.2. Sensor output demultiplexed by synthesis of optical coherence function.

また、干渉計を選択する光波コヒーレンス関数の合成用波形と、位相合成キャリア生成用の最適波形は常に一定振幅比となることを見出した。図 2(a), (b)は選択されたセンサ 1 からの出力であり、 ω および 2ω 成分に、入力信号である 400Hz が現れている。図 2(c) (d)はセンサ 2 を選択した結果である。

次に、エルビウムドープ光ファイバ中に形成されるダイナミックグレーティングを光波コヒーレンス関数の合成法によって制御することにより、反射、透過特性が可変な光フィルタが実現できることを提案し、解析、実験を行った。エルビウムドープ光ファイバ中を対向して伝搬する 2 光波による干渉で定在波が形成されると、その利得飽和現象により周期的な利得あるいは損失の減少が生じ、これが第 3 の光にとってダイナミックグレーティングとして作用する。一方で、レーザの周波数を適当な波形で変化させることにより、光波コヒーレンス関数の形状を任意に合成できる。この合成法により、干渉パターンを制御することができるので、ダイナミックグレーティングの特性も制御できて、たとえばその反射スペクトル形状やグレーティングの位置を任意に合成できる。

図 3 が提案した可変光フィルタの構成概念図である。波長可変 DFB レーザをダイナミックグレーティング形成用光源として用いる。偏波維持 Er ドープファイバを想定しており、ポンプ光源により励起された EDF に縦偏波によるダイナミックグレーティングを形成する。本論文では、この書き込み光に光波コヒーレンス関数の合成技術を適用し、ダイナミックグレーティングの形状と位置を任意に合成、制御する手法を提案した。ダイナミックグレーティング特性の読み出しには横偏波を利用する別の LD を用いる。

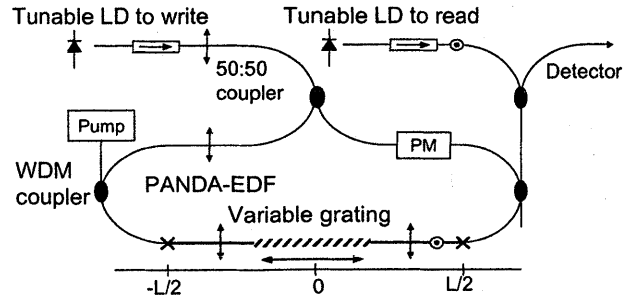


Fig.3. Principle configuration of controllable dynamic grating in Er doped fiber.

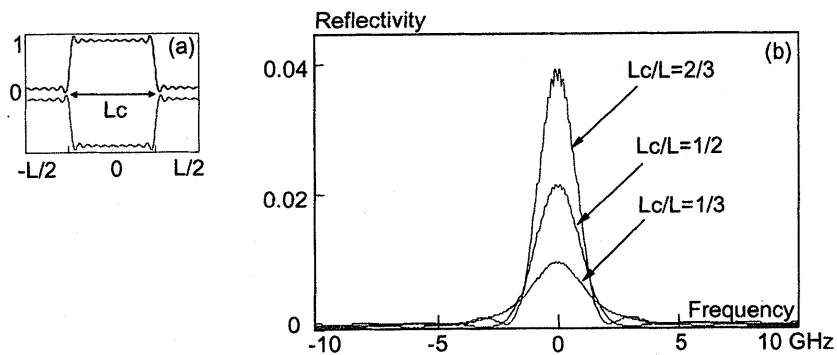
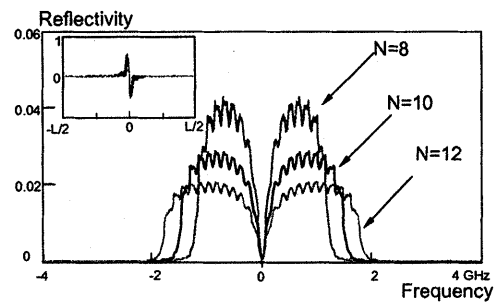


Fig.4. Reflective spectrum controlled by synthesis of optical coherence function.

シミュレーションにより合成されるダイナミックグレーティングの反射特性を計算した。図4(a)は合成されるコヒーレンス関数、つまりダイナミックグレーティングのエンベロープの一例で長さを変えることでフィルタの反射帯域(図4(b))が変化できる。さらに、書き込み光の一方の位相も適当な波形で変化させることにより、光波コヒーレンス関数を任意の形状にし、ダイナミックグレーティングの位相も制御することができて、図5のように中央にディップのある反射スペクトルを有するダイナミッ

クグレーティングの合成もできる。

この原理に基づくダイナミックグレーティングを実際に合成、制御する、実験も行った。図6(a)の波形で書き込み光の周波数を変化させることにより正弦波状のグレーティングエンベロープを合成した(図6(b))。この結果、中央で“ π ”だけ位相が変化するグレーティングを形成でき、図6(d)のように中央にディップのある透過フィルタ特性を合成することに成功した。



Noise: Lorentzian with HWHM $2\Delta f$.
N: Number of frequency modulation steps per period.

Fig.5. Example of arbitrary shape filter: rectangle filter with notch.

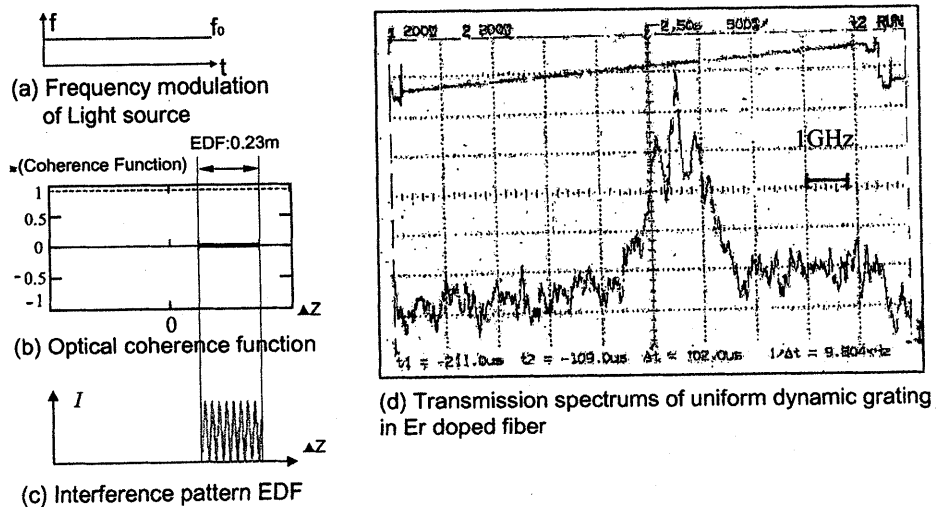


Fig.6. Experimental results of Er doped fiber dynamic grating optical filter with notch.