

光ファイバグレーティングカブラの全光スイッチへの応用

前 田 康 彦

要 旨

将来の光通信システムにおいては、光信号の経路を光で切り替えることが可能な、全光スイッチが必要とされている。本論文は、光ファイバグレーティングカブラ (FGC) の非線形性を利用した $1.55\ \mu\text{m}$ 帯光信号のスイッチングに関する理論および実験結果に関する報告であり、この結果、FGC がピコ秒オーダの高速全光スイッチングデバイスとして動作する可能性を明らかにした。

この FGC は、ファイバカブラ (FC) の結合領域の屈折率を周期的に変化させた光部品であり、波長分割多重 (WDM) システムにおいては、アド・ドロップ合分波器としての応用が提案されている。屈折率周期変化部に依存するブラッグ波長付近における反射、透過特性は、非常に狭帯域であるという特徴をもつ。

提案する全光スイッチは、入力 1、出力 2 のポートを備えている。波長 800nm のモードロック・チタンサファイアレーザ光を制御光として、 $1.55\ \mu\text{m}$ の信号光と同じ入力ポートに入射する。制御光のパルス繰り返し周波数は 80MHz 、パルス幅は 1.2ps である。パルスピーク電力は数 kW 以上と高くなるため、光カー効果によってグレーティング屈折率は増加し、FGC のフィルタ特性が変化する結果、出力経路を切りかえることができる。

本研究では、入射制御光の強さに依存する反射スペクトルの変動とスイッチング特性を結合方程式と光カー効果にもとづいて数値計算し、非線形光学効果によって FGC の反射中心波長が長波長側にシフトし、スイッチングのしきい値は、 3kW 程度であることを明らかにした。これにより、FGC が ps 程度のスイッチング速度の全光スイッチとして動作する可能性を示した。実験では、ノイズによりスイッチング波形を直接測定することはできなかったが、実験系を改良することによってスイッチング波形の測定は可能であると推定できる結果を得た。本研究の解析と実験結果は、高速な全光スイッチングデバイスの設計に役立つと考えられる。

キーワード：全光スイッチング、ファイバグレーティングカブラ、ピコ秒、チタンサファイアレーザ、光カー効果

Application of All-Optical Switching by Optical Fiber Grating Coupler

Yasuhiko Maeda

Abstract

All-optical switching devices are strongly required for fast signal processing in future optical communication systems. In this report, all-optical switching operations at the wavelength region of the $1.55\mu\text{m}$ utilizing the optical fiber nonlinearity in an optical fiber grating coupler (FGC) are reported theoretically and experimentally. These results indicate the possibility of applying all-optical switching devices with pico-second operation.

The FGC, which is an optical fiber coupler (FC) with a refractive index grating in the coupling region, has been proposed as add/drop multiplexers (ADM) in wavelength division multiplexing (WDM) systems. This grating structure creates a narrow photonic band gap and results in reflection with a sharp spectrum at the Bragg wavelength.

In order to route the signal, an all-optical switch which has two output ports and one input port is considered. A signal light is coupled by means of the FGC to a high power mode lock Ti-sapphire laser emitting at 800 nm as a pump light. The repetition frequency of the pump pulse is 80MHz, and the pulse width is 1.2ps. The wavelength characteristics, which depend on refractive effective index of gratings, can be altered by the high intensity pump pulse by increasing the effective index based on the Kerr effect. As a result, the incident optical signal can be switched between two output ports by means of an optical controlling.

In this study, the reflected wavelength spectra detuning of the incident pump pulse in the nonlinear switching and switching characteristics are calculated using on the coupling equations including Kerr effect. The calculated results show that the nonlinear effect causes to increase the central wavelength of the FGC. The pump power to obtain switching operation is estimated to approximately 3kW at maximum depending on both grating length and pump pulse width. These results indicate the possibility of applying all optical switching devices in pico-second order. In addition, the switching experiments are carried out using an optical sampling oscilloscope to detect switched signal. As a result, the temporal switching waveform could not be observed due to noise. However, the results indicate that it might make possible observation of the temporal switching waveform by improving the experimental setup. The theoretical and experimental result of this research would be useful for the designs of all-optical high speed switching devices.

Keyword: All optical switching, Optical fiber grating coupler, pico-second, Ti-sapphire laser, Kerr effect