

Semiconductor optical amplifier based wavelength converters for photonic transmission systems

(光伝送システムにおける半導体光増幅器型波長変換素子の研究)

伊藤敏夫

論文の内容の要旨

近年におけるデータトラフィックの増大を反映し、WDM 1回線あたりのビットレートは増大する方向にある。ここで問題となるのが帯域や波長間隔の異なる WDM システムの接続方法と光ファイバの複屈折に起因する偏波モード分散(PMD)による波形劣化である。このため、多波長一括変換と PMD 補償が必要不可欠なサブシステム技術となる。キーデバイスはビットレートフリー・フォーマットフリーの特性を有する半導体光増幅器(SOA)型の波長変換素子である。

【1章】 本研究の背景と目的を述べる。

【2章】 0.3 μm 角の正形状のバルク活性層を持つSOAを作製し、ファイバ間無損失となる電流として5.4mA という世界最小の低電流動作を得た。これにより従来のSOA ゲートにおける駆動電流(25mA程度)を大きく下げる可能性を示した。結晶成長やプロセス過程において生じる予期せざる活性層歪みに起因する利得の偏波依存性(PDG)は0.5dB以下であり、従来構成における2.5dBから大きく改善された。

石英系光導波路(PLC)との接続を考慮し、スポットサイズ変換機能をモノリシック集積したSS-SOAを作製した。このSS-SOAの評価コストを削減するため、PDGを簡便に測定する新しい方法を提案・実証した。これは一定の波長帯域のPDGを平均化することでリップルの影響を排除する方法であり、無反射コーティング工程前でのPDG評価を可能にする。

【3章】 第3章はSS-SOAとPLCのハイブリッド集積について記述する。ハイブリッド集積はアレイ導波路型回折格子(AWG)やマッハ・ツェンダ型干渉計(MZI)等のPLC導波路と光半導体素子とを集積した高機能光デバイスの開発に有望である。

4チャンネルSS-SOAを初めてPLCとハイブリッド集積した。消光比は35dB以上、駆動電流は50mA以下であった。PDGは1530-1600nmの広波長帯域に渡って1dB以下であった。スポットサイズ変換機能部を用いることでSS-SOAとPLC導波路との接続損失は8dBから4dBに減少した。1dBダウンのトレランスはサブミクロンオーダーから2 μm 程度へと拡大した。

ハイブリッド集積SS-SOAとPLC-AWGを用い、高速波長セレクタを世界で初めて実現した。立ち上がり、立ち下がり時間は1ns以下であった。

【4章】 第4章は各種サブシステムについて記述する。

ハイブリッド集積波長セレクタにおける四光波混合(FWM)を利用し、CバンドからLバンドへの多波長一括波長変換に成功した。また相互利得変調(XGM)を用い、等波長間隔から不等波長間隔への多波長一括変換を初めて実現した。これらの技術を用いることで、異なる波長帯域・波長間隔をもつWDMネットワークを容易に接続することができる。

PMD補償を行うため、光ファイバの両直交偏波面間の群遅延時間差(DGD)をモニタする新しい方法を提案した。これはハイブリッド集積MZI型波長変換素子を排他的論理和(XOR)回路として用いる方式で、ビットレートフリー・フォーマットフリー動作が可能である。実際、80Gbit/s・RZ符号、40Gbit/s・RZ/NRZ符号に対してPMD補償を行い、良好な結果を得た。符号誤り率評価におけるパワーペナルティは0.9dB以下にまで改善された。

【5章】 本論文を総括する。WDMチャネルのビットレートを増大する上で障害となる多波長一括変換とPMD補償の問題を解決する見通しを得たことで、将来、光ファイバの総伝送容量を飛躍的に拡大できる可能性を示した。

以上