

磁気光学効果を用いた光集積型機能素子の研究

概要

半導体レーザを光源として用いる光通信、光情報処理システムにおいては、光を一方向にのみ通し、光源への反射戻り光を阻止する光アイソレータが不可欠である。本研究では、磁気光学効果のもつ非相反性を利用した光集積型アイソレータに関して、磁性薄膜導波路の固有モードであるハイブリッドモードを用いた解析を行い、光伝搬特性、電磁界分布、モード変換およびアイソレーション特性を明らかにするとともにその実験的検証を行った。

上層部に異方性結晶である LiIO_3 を用い、位相整合をとった構成では、YIG膜厚 $0.361\ \mu\text{m}$ 、伝搬距離 3.21mm において、また、上層部に等方性の ZnO を用いた構成では、YIG膜厚 $3.43\ \mu\text{m}$ 、伝搬距離 2.28mm において光アイソレータの非相反モード変換器に必要な50%のモード変換効率を得られることがわかった。さらに、 Bi:YIG 等の磁性薄膜に生じた複屈折により位相整合をとり、ファラデー効果およびコットン・ムートン効果による非相反および相反モード変換を利用した二領域型光アイソレータでは、上層部に ZnO を用い、 Bi:YIG の膜厚を $1.80\ \mu\text{m}$ 、非相反および相反モード変換器の素子長をそれぞれ 1.06mm 、 3.36mm とすることにより 30dB の順逆比が得られることが示された。高周波四極スパッタ法において、分圧比4:1の Ar と O_2 の混合雰囲気中で基板温度を 700°C 以上に保ってスパッタを行うことによりエピタキシャル成長が生じ、YIGおよび Bi:YIG 単結晶薄膜がGGG基板上に得られた。さらに、この Bi:YIG 薄膜を用いて二領域型光アイソレータを実際に作製し、素子長 4.6mm において順逆比 7.5dB を実現した。

基板の屈折率を大きくし、位相整合膜厚をカットオフに近くするとともに磁化を光の伝搬方向に垂直な面内で膜面から傾け、電界の伝搬方向成分が寄与する1次の

磁気光学効果によるモード変換と、伝搬方向に垂直な電界成分のみが寄与する2次の磁気光学効果によるモード変換とを等しくすることによって生じる一方向性のモード変換を利用した単一領域型光アイソレータの諸特性を明らかにした。その結果、上層部および基板の屈折率をそれぞれ、1.90および2.159とすることにより、Bi:YIG膜厚 $1.25\mu\text{m}$ 、磁化の仰角 82° 、素子長 5.0mm で30dBの順逆比が得られ、順方向損失は2.77dBとなることがわかった。また、基板にも磁気光学効果を有する材料を用いることによりさらに特性を改善できることを示した。実際に作製した単一領域型光アイソレータにおいて、 150 Oe の磁界を光の伝搬方向に垂直な面内において膜面から 85° だけ傾けて印加することにより、伝搬距離 2.8mm で順逆比9.7dBが得られ、アイソレータとしての動作を確認した。さらに、光の伝搬方向にも 7 Oe の磁界を同時に印加することにより、伝搬距離 2.4mm で順逆比13.0dBを実現した。この単一領域型光アイソレータは構成が簡単であり、単一モード伝搬で動作するという特長を有しており、実用性が高く有望であることがわかった。