

強磁性 MnAs による非相反損失にもとづく TM モード導波路型光アイソレータ

東京大学 先端科学技術研究センター 雨宮智宏様

このたびはこのような賞を頂くことができ、ありがとうございます。今年から新しくできた賞ということで、このような時に選んで頂き誠に光栄に思います。以下、僭越ながら、自身の研究内容について述べさせて頂きたいと思います。

現在の光通信・光情報システムは、個別の光素子部品の組み合わせで実現されており、戻り光は遮断するような方向性素子である光アイソレータも各所で使われています。現在実用化されている光アイソレータは、希土類鉄ガーネット族のファラデー結晶を有するいわゆるバルク型と呼ばれるもので、「ファラデー結晶を使用している」「偏光子を必要とする」等の理由から、半導体レーザや光増幅器などの半導体光能動素子と集積一体化することが困難です。このため、レーザ素子と一体化が容易で次世代の光集積システムに対応しやすい「導波路型の光アイソレータ」が 90 年代以降、我が国を中心に（主に東工大）様々な現象を用いて研究され、ようやくその動作が確認されるまでに至りました。

東大先端研の情報デバイス分野（中野研究室）でも、長らく導波路型アイソレータの研究を行っており、特に磁気光学効果の一種である「非相反損失」を用いて、素子実現を目指してきました。非相反損失の歴史は意外に新しく、1999 年に当研究室および産総研にて同時期に提唱された現象です[1,2]。当研究室では、その後、その現象を用いて実際に素子作製が行われ、光通信帯域の 1550 nm 付近において TE・TM 両モードでの動作実証に成功しました[3-6]。非相反損失をアイソレータに利用する研究は、他に産総研とベルギーのゲント大学が行っており、いずれも基礎検討の段階ではありますが、先進的で将来性のあるものと考えております。

今回の研究は、1.5 μm 帯における TM モード型デバイスにおいて特性改善を行ったというものです。本素子は TM モード半導体光増幅器(SOA)の上部に強磁性金属を配置した構造をしています。ここで、基板面内に平行かつ光の伝搬方向に垂直な方向に強磁性層を磁化すると、前進波と後進波の実効屈折率に差が生じて後退波損失が前進波損失より大きくなります。これを「非相反損失」といいます。この状態で、前進波の損失分を SOA で補うことにより、アイソレータ機能を実現させます。本素子における強磁性層は次の 2 つの点を満たす必要があります。1.5 μm 帯において十分な特性が得られるだけの磁気光学効果をもつこと。強磁性層は SOA の電極も兼ねているため、半導体コンタクト層との間に良好なコンタクトが取れること。以上のことから、本研究では、強磁性金属として単結晶 MnAs を用いております。しかし、MnAs は光エレクトロニクス材料としては加工技術が確立されていなかったため、従来の素子は利得導波型（スラブ型）構造をとっており、横モードの制御・伝搬損失の大きさが問題となっていました[5,6]。

そこで、今回の研究では MnAs 薄膜の加工技術を確立し、コア層への光閉じ込めが大きいリッジ導波路型の素子を実現しました。本素子は TM モード SOA(InGaAlAs/InP)と強磁性

MnAs 層からなる幅 $2\mu\text{m}$ のリッジ導波路構造をしています(Fig. 1)。SOA 領域, 及び MnAs 層はそれぞれ MOVPE, MBE を用いて成長しました。素子成長後, MnAs 層および SOA のコンタクト・クラッド層を各々ドライエッチングおよび $\text{Br}_2/\text{HBr}/\text{H}_2\text{O}$ ウェットエッチングにより除去し, 導波路幅 $2\mu\text{m}$ のリッジ導波路を作製しました。Fig. 2 に, 本素子の 1540nm における TM モード光の透過特性を示します(素子長: 0.65mm , SOA へのバイアス電流: 100mA , 外部磁場: 1kG)。光の伝搬方向の違いにより, $7.2\text{dB}/\text{mm}$ の非相反損失変化が観測され, 同時に前進波における近視野像から, 横方向の伝搬モードは単一モードであることを確認しました(Fig. 2)。また, 透過強度の素子長依存性も合わせて測定し, Fig. 2 の素子における前進波伝搬損失は 6.9dB と見積もられました。得られた伝搬損失は, 同等の素子長における従来の損失 ($\sim 25\text{dB}$) に比べると大幅な改善がみられ, これはリッジ導波路構造の実現によってもたらされたものです。将来的には SOA の特性改善を行うことで, 前進波の損失が 0 となる素子(後退波のみに損失が生じる素子)を目指していく予定です。

[1] M. Takenaka and Y. Nakano, in proc of IPRM (1999). [2] W. Zaets et al., Photon. Tech. Lett., **11**, 1012 (1999). [3] H. Shimizu and Y. Nakano, Jpn. J. Appl. Phys. **43**, L1561 (2004). [4] H. Shimizu and Y. Nakano, J. Lightwave Tech. **24**, 38 (2006). [5] T. Amemiya et al., Appl. Phys. Lett., **89**, 021104 (2006). [6] T. Amemiya et al., Jpn. J. Appl. Phys. **46**, 205 (2007).

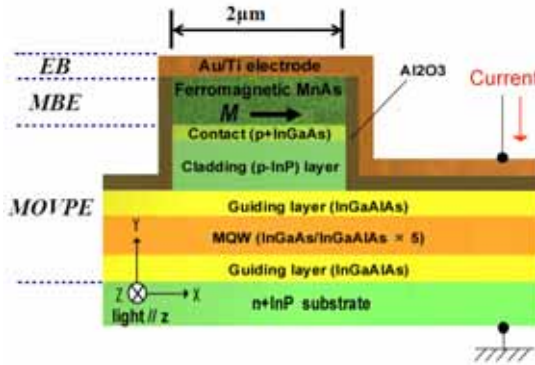


Fig. 1 TM モード素子の断面図

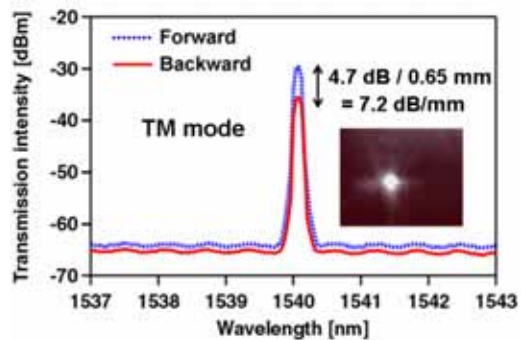


Fig. 2 TM モード光の透過測定