

平成 31年 1月 11日

電気・電子情報工学専攻	学籍番号	第 123287 号	指導教員	Lim Pang Boey 内田 裕久 中村 雄一
氏名	森本 凌平			

論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	磁性ガーネット膜を用いた磁気光学 Q スイッチレーザーの開発 (Development of magneto-optical Q-switched laser using magnetic garnet films)
---------	---

(要旨 1,200 字程度)

近年、飛躍的に進歩・発展している情報通信技術において、膨大な情報を記録する次世代の大容量光メモリが注目を集めている。特に、磁性体を用いた磁気ホログラムメモリは体積的に情報を記録するため大容量であり、書き換え可能、長期保存可能という特徴を有している。しかし、現在の磁気ホログラムメモリの記録には、メートル級サイズのナノ秒あるいはサブナノ秒パルスレーザーが使用されており、システムが大型化する課題がある。上記課題を解決するため、小型で高いピークパワーを有する Q スイッチレーザーに着目し、その中でも、磁性ガーネット膜の磁気光学効果を用いた Q スイッチレーザーの開発を行った。Q スイッチとは、レーザー共振器内に光変調器を挿入し、共振器の Q 値を高速変調することで、レーザー媒質中に蓄積したエネルギーを短時間で放出し、ハイパワーの光パルスを得る手法および素子である。

本研究では、はじめに、波長 1064 ナノメートルにおけるファラデー回転角が 47 度であり透過率が 58% の厚さ 0.19 ミリメートルの単結晶磁性ガーネット膜を長さ 130 ミリメートルのレーザー共振器内に挿入した。この磁性ガーネット膜は、無磁場の条件下で、迷路状の磁区をもつものを使用した。この磁区が消失するのに十分な磁界を発生可能なヘルムホルツコイルを作製し、磁性ガーネット膜を挟むように光共振器の光路上に配置した。共振器レーザーが連続発振した状態で、このコイルを用いてパルス磁場を磁性ガーネット膜に印加したところ、波長 1064 ナノメートルにおける、パルス幅 45 ナノ秒、ピークパワー 30 ワットの光パルスを確認した。これは、磁性ガーネット膜を用いた世界で最初の実験例となった。さらに、永久磁石を用いて磁性ガーネット膜にバイアス磁界を加えて同様の実験を行ったところ、光パルスの発生に必要なパルス磁界を小さくなり、消費電力が下がった。これは、他の Q スイッチ素子には無い特長であり、磁性ガーネット膜を使った Q スイッチの利点が示されたと考えられる。

次に、Q スイッチレーザーには、光パルスのピークパワーが共振器長に反比例するという特徴があることから、共振器長を短縮し、高出力化を行った。誘電体多層膜を使った出力鏡を磁性ガーネット膜上に直接形成すると共に、治具を用いて磁性ガーネット膜をレーザー結晶に押し付けることで共振器長を短縮した。この結果、本研究で使用した磁性ガーネット膜およびレーザー結晶で実現可能な最小共振器長である 4.19 ミリメートルの Q スイッチレーザーを実現した。この大きさは、先行研究で報告されていた共振器長の約 10 分の 1 である。得られた光パルスのパルス幅は 28 ナノ秒で、ピークパワーは 27 キロワットであり、最初の実験と比較して 3 桁の高出力化が実証された。

以上の結果より、磁気光学 Q スイッチレーザーの原理実証、及び高出力化が示された。得られたパルス幅とピークパワーから、磁気ホログラムメモリの記録用レーザーに応用できると考えられる。他にも、これまで大型のハイパワー・レーザーが用いられていたデバイス・システムの小型化に寄与すると考えられる。

Date of Submission (January 11th, 2019) :

Department of Electrical and Electronic Information Engineering	Student ID Number D123287	Supervisors Lim Pang Boey Hironaga Uchida Yuichi Nakamura
Applicant's name Ryohei Morimoto		

Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Development of magneto-optical Q-switched laser using magnetic garnet films
-----------------	---

Approx. 800 words

<p>Holographic memory is a promising data-storage, characterized by fast transfer rates and high recording densities. In particular, magnetic holograms provide rewritability and long-term stability, but a meter-scaled laser is required for recording. To be compatible with typical optical disk systems, small and high-power pulsed lasers are required. To overcome this issue, compact Q-switched lasers using the magneto-optical effect of magnetic garnet films was developed.</p> <p>Q-switch is a technique or device to obtain high-power and short optical output by modulating a Q-factor of a laser cavity. A laser cavity, which was 130 mm in length and contained a lasing crystal, was constructed for demonstrating the magneto-optical Q-switched laser. A 0.19 mm thick single crystalline magnetic garnet sandwiched by a small coil was used as the magneto-optical Q-switch. The small coil was connected to a pulse current generator. The garnet has a Faraday rotation angle of 47 degrees and a transmissivity of 58% at a wavelength of 1064 nm. As a result, a Q-switched pulse with a full width at half maximum (FWHM) of 45 ns and peak power of 30 W at a wavelength of 1064 nm was observed. This is the world's first report of Q-switched laser using magnetic material to the best of our knowledge. In addition, a permanent magnet was placed into the cavity and provided bias field to the magnetic garnet film, and it contributed to the reduction of the driving voltage and current. Such a reduction of power consumption using bias technique has never been reported with other actively controlled Q-switches.</p> <p>The output power of the Q-switched laser is inversely proportional to the cavity length, therefore, the cavity length of the magneto-optical Q-switched laser was changed gradually, and the change of pulse width and peak power were measured. As a result, the dependency of the output characteristics on the cavity length agreed well with a theoretical behavior. To achieve the shortest cavity length using the magnetic garnet film and the lasing material, which was 4.19 mm, an output coupler was fabricated on the magnetic garnet film as a dielectric mirror and the magnetic garnet was contacted to the lasing material by a jig. The fabricated cavity length was ten times smaller than a previous smallest active Q-switched laser. The FWHM and the peak power obtained were 28 ns and 27 kW, respectively. Therefore, the output power was three orders increased from the first my experiment.</p> <p>The developed magneto-optical Q-switched laser is currently the smallest Q-switched laser. This can be utilized to the magnetic holographic memory system in the future, and it is expected that the miniaturization of existing laser devices and new mobile laser application can be realized using magneto-optical Q-switched laser.</p>
--