

小惑星探査機搭載ライダ用 LD 励起レーザの開発

Laser Diode Pumped Nd:YAG Laser for Asteroid Sample Return Mission

○中山 通雄¹⁾, 湯浅 広士¹⁾, 内田 順三¹⁾, 津野 克彦¹⁾, 水野 貴秀²⁾, 斎藤 宏文²⁾Michio Nakayama¹⁾, Hiroshi Yuasa¹⁾, Junzo Uchida¹⁾, Katsuhiko Tsuno¹⁾Takahide Mizuno²⁾, Hirofumi Saitoh²⁾(株)東芝¹⁾, 宇宙科学研究所²⁾Toshiba Corp.¹⁾, ISAS²⁾

Abstract

MUSES-C is Asteroid Nereus sample return mission program of ISAS. In the program, the probe system employs four optical sensors for navigation system at rendezvous and landing. One of them is the LIDAR covering the range from 50 m to 50 km. The LIDAR use LD pumped Nd:YAG laser with 10mJ output energy for ranging. The bread board model(BBM) of the laser was developed to evaluate optical performance. The laser met optical requirements of the mission.

1. はじめに

MUSES-C プログラムは、文部省宇宙科学研究所が進める 2001 年度打上げ予定の小惑星探査計画である。このプログラムの目的は太陽系の起源および進化の解明であり、ミッションには電気推進の応用、自律航法による小惑星への接近・着陸、サンプルリターン等の新規の工学要素が含まれている。

自律航法には、探査機の位置や小惑星との距離を正確に測ることが重要である。そのため、我々は探査機に搭載するレーザレーダ(ライダ)の開発を行っている。ライダはパルスレーザ光を用いた測距器で、送信してから反射光を受信するまでの時間から小惑星との距離を測るものである。測距レンジは 50m~50km

である。ライダ用レーザ光源には LD 励起 Nd:YAG レーザを用いる。このレーザ開発では、これまでに試作モデル(BBM)により測距に必要な光学性能を確認している。

本講演では、試作した LD 励起 Nd:YAG レーザを中心にライダの開発現状を報告する。

2. ライダの概要と要求仕様

ライダの基本構成を Fig.1 に示す。主にレーザ送信器、受信光学系、制御系から構成される。レーザ送信器はパルス幅 20ns 以下のレーザ光を小惑星に出射する。短いパルス幅を得るため、レーザは Q スイッチ動作される。受信光学系は有効径 10cm のカセグレンタイプの望遠鏡で、小惑星からの散乱光を集光して検出する。望遠鏡の主鏡には軽量化、加工性、熱影響などから SiC を基板材料に用いている。

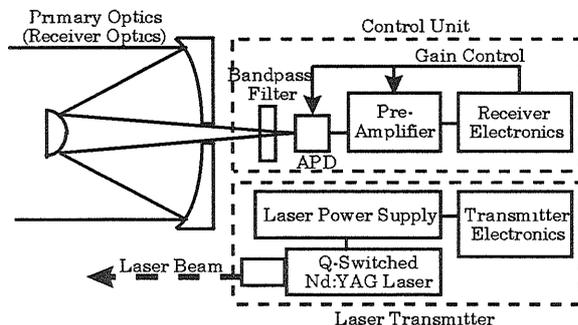


Fig.1 Block diagram of LIDAR system for MUSES-C program

Table 1 Requirements of LIDAR system

Item	Requirements
Range	50km~50m
Range accuracy	±10m (@50km) ±1m (@50m)
Time resolution	1Hz
Mass	2.3kg
Power	12W

制御系はシステム内のタイミング制御、検出器のゲイン調整等を行う。ライダーに要求される仕様を Table 1 に示す。惑星ミッションのため搭載機器に対する重量制限が厳しく、軽量化が重要な開発要素となっている。

3. レーザ開発

ライダー仕様を達成するために要求されるレーザー送信器仕様を Table 2 に示す。ここで、パルスエネルギーおよび拡がり角は測距レンジ 50km から要求される値である。また、パルス幅は測距精度から要求される値である。

レーザー送信器に使用する LD 励起 Nd:YAG レーザはライダーのキーパーツであり、他の部品に先行して 1995 年から開発を開始した。Fig.2 に試作した BBM を示す。BBM の特長は宇宙用として耐環境性等の要求を考慮し設計している点である。打ち上げ時の振動や衝撃、軌道上での温度変化、ミスアライメントの影響を低減するため、共振器ミラーにはプリズムを用いている。また、組立時のアライメントはウェッジ板の回転により行われる。レーザー媒質には宇宙用ライダーで実績が多く、温度安定性に優れた 4 準位レーザーの Nd:YAG を選択した。Nd:YAG および LD の冷却は、ライダー筐体を介した伝導冷却で行っている。

BBM のレーザー性能を Table 2 に示す。レーザー光はビームエキスパンダを含む送信光学系を透過して出射される。その光学系の反射損失を考慮しても要求仕様を満たす出力エネルギー

が得られている。ビーム拡がり角は、ビームエキスパンダでビーム径が拡大され、調整される。ビーム径と拡がり角から求められる M^2 値は 1.1 であり、TEM₀₀ モードでの発振と言える。BBM はレーザー送信器の要求仕様を達成するのに十分な性能を有している。

4. 耐環境性

MUSES-C では探査機が小惑星へ接近するまでに約 1 年 8 ヶ月かかる。ライダーは接近してから使用されるため、特に宇宙での保存寿命が重要である。BBM に使用している光学部品および材料は、耐環境性、信頼性を重視して全て宇宙用途に使用実績のあるものを選定している。ただし、宇宙用レーザーの開発実績は国内ではなく、必ずしも部品全てについて宇宙環境による影響が明確になっていない。そこで、使用している部品の耐環境性について単体での評価を実施している。その結果、全ての部品について耐振性、真空中の動作および温度変化、耐放射線性に問題無いことが確認できている。

5. おわりに

ライダー開発は、1996 年度までに基本設計を終了し、1997 年度からプロトモデルフェーズに入った。1999 年度にはフライトモデルの製作に入る計画である。ここで開発した技術を次フェーズの開発に活かし、小型・軽量のシステムを実現していく。

Table 2 Requirements of laser transmitter and BBM performance without transmitting optics

Item	Requirements	BBM Performance
Pulse energy	10mJ	11mJ
Pulse rate	1Hz	1Hz
Pulse width	<20ns	13ns
Beam divergence	0.5mrad	1.5mrad*
Beam diameter	—	φ 1mm
Mode	—	M ² ~1.1

*) Beam divergence is adjusted with (3×) beam expander .

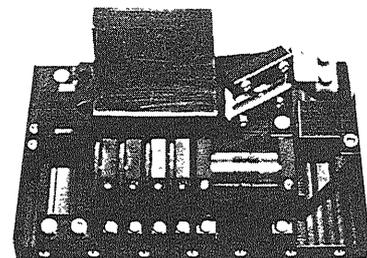


Fig.2 BBM of LD pumped Nd:YAG laser for the LIDAR system.