

令和元年6月20日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H03648

研究課題名(和文) 超広帯域同時分光器の開発：系外惑星大気の精査に向けて

研究課題名(英文) Development of wideband spectral disperser for exoplanet

研究代表者

塩谷 圭吾 (Enya, Keigo)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授

研究者番号：40392815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：系外惑星の詳細なスペクトルを得て大気の組成、温度、圧力などを観測的に明らかにすることは、今後の宇宙科学における重要課題であると考えられる。本研究では、大気を精査する系外惑星観測のため、系外惑星の分光観測に特化した分光素子を開発する。そのため、分光素子およびその背景となる光学系の設計を行った。そして、ホログラフィック加工平面ラミナー型反射分光素子、ホログラフィック加工平面ブレード型反射分光素子、機械加工超小型ブレード型(反射型)分光素子、関連する周辺光学技術の開発(バツフル、金属鏡)の開発研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果、複数の分光素子の開発方式(ホログラフィック加工平面ラミナー型反射分光素子、ホログラフィック加工平面ブレード型反射分光素子、機械加工超小型ブレード型(反射型)分光素子)を実証することができた。その結果、ブレード型のフライトモデルを開発することが期待できるようになった。これは、系外惑星の観測能力を高め、その特性の解明に寄与できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：It is important issue of space science to characterize atmosphere of exoplanets by spectroscopic observation. In this work, we develop spectral disperser for exoplanet characterization. Optical design, test manufacturing of laminar and blazed flat grating by holographic technique. Machining is tested technique for small spectral disperser. Baffle and metal mirror are also studied.

研究分野：惑星科学

キーワード：系外惑星 分光 スペース

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

系外惑星の詳細なスペクトルを得て大気の組成、温度、圧力などを観測的に明らかにすることは、今後の宇宙科学における重要課題であると考えられる。しかし、多数の系外惑星が発見されていたにもかかわらず、大気組成などが精査された惑星は少なく、しかも大型、高温の、従って観測しやすい惑星に偏っていた。

### 2. 研究の目的

本研究では系外惑星大気の精査を目指すに当たって、いわゆる「トランジット法」を想定する。これは系外惑星があると判っている惑星系(しばしば食を起こす)を、主星と惑星を空間分解せずに高精度でモニター観測して、時間差分をとることで惑星のシグナルを抽出する方式である(トランジット法と呼ばれる観測には、NASAのKepler衛星が行ったように、膨大な数の星をモニターして惑星を発見するサーベイ型の利用法もあるが、本研究とは目指すものが異なるので注意されたい)。発見型ではなく、大気を精査する系外惑星観測のため、系外惑星の分光観測に特化した分光素子を開発する。

### 3. 研究の方法

本研究で目指す系外惑星の大気の精査のためには、非常に高い精度、安定性が必要なことから、第一のプラットフォームとして宇宙望遠鏡を想定する。そして、分光素子および関連光学系の設計検討、分光素子の開発(試作および評価測定)、関連する周辺光学技術の開発研究を行う。

### 4. 研究成果

(1) 分光素子を宇宙空間にて活用するためには、分光素子を取りまく装置(分光器)を製作して宇宙望遠鏡に搭載する必要がある。そのため、分光器全体を考慮した分光素子の光学設計を行い、その結果を分光素子の材料、表面の微細形状、表面コーティングなどの設計に落とし込んだ。そして以下に示す分光素子を試作、評価した。

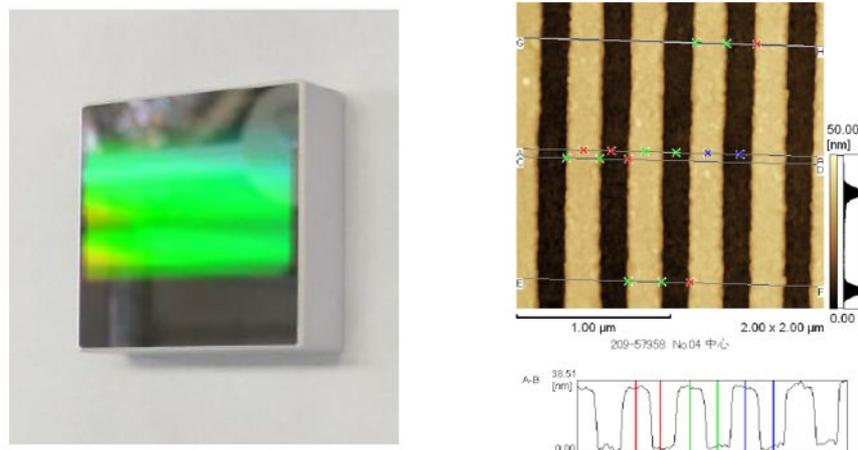


図1 : (左) ホログラフィック加工平面ラミナー反射型分光素子、(右) 原子間力顕微鏡 (AFM) による表面の測定結果。

### (2) ホログラフィック加工平面ラミナー型反射分光素子の開発

ホログラフィック露光法は本研究で目指す分光素子を製作するのに有望であるとの着眼のもと、

分光素子表面の微細構造として、従来より用いられてきたラミナー型（矩形）の溝をもつ平面ラミナー型反射分光素子の開発を進めた。30 mm × 30 mm（厚さ 10 mm）の素子を試作し、評価試験を行った。表面コーティングは、アルミニウム + MgO<sub>2</sub> とした。

得られた結果を図 1 に示す。左がホログラフィック加工平面ラミナー反射型分光素子、右が原子間力顕微鏡（AFM）による表面の測定結果である。矩形の微細構造を形成できている。

### （ 3 ）ホログラフィック加工平面ブレード型反射分光素子の開発

ブレード型（三角型）の溝をもつホログラフィック加工平面反射型分光素子は、実現できれば原理的にラミナー型に比べて回折効率が大きく向上するという長所がある。

本研究ではホログラフィック加工による平面ブレード型反射分光素子の試作を行った。製造企業を交えた検討、設計の結果、30 mm × 30 mm（厚さ 10 mm）ブレード角 8.5 度とした。表面コーティングは、アルミニウム + MgO<sub>2</sub> とした。レーザの 2 光束干渉法を利用したホログラフィック露光法製作し、ブレード加工にはイオンビームエッチング法を用いた。得られた結果を、図 2 に示す。左がホログラフィック加工平面ブレード反射型分光素子、中央が原子間力顕微鏡（AFM）による表面の測定結果である。三角形形状の微細な溝の形成に成功している。右の図は、測定で得られた表面微細構造をもとに、分光素子としての回折効率をシミュレーションで計算した結果である。ラミナー型と比べて、大きな改善が確認できる。

#### ホログラフィック・ブレード型

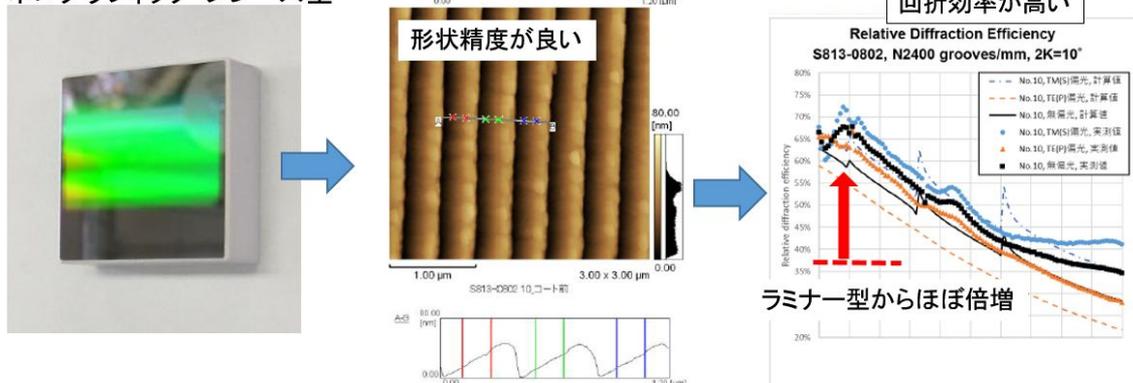


図 2 : (左)ホログラフィック加工平面ブレード反射型分光素子、(中央)原子間力顕微鏡(AFM)による表面の測定結果である。(右)測定で得られた表面微細構造をもとに、分光素子としての回折効率をシミュレーションで計算した結果。

### （ 4 ）機械加工超小型ブレード型分光素子の開発

さらに挑戦的な高精度機械加工によるブレード型分光素子の開発を行った。この方式は、実現すれば更にシャープなブレード形状が期待できる。現時点では挑戦的なため、加工領域は数ミリメートルに留まるものの、その範囲において実現性を示すことができた。

### （ 5 ）関連する周辺光学技術の開発

分光素子を含む観測装置の性能向上のため、周辺光学技術（高性能の遮光バツフル、金属鏡）の開発も行った。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

K. Enya; A. Yamazaki; H. Nakagawa; N. Terada; K. Seki; N. Fujishiro;  
A. Motoyoshi; O. Moriwaki, "High-contrast apodization baffle for instruments onboard solar system exploration missions", Proceedings of the SPIE, Volume 10706, id. 107065I 7 pp. (2018) 査読なし

〔学会発表〕(計 1件)

Keigo Enya et al., "High-contrast apodization baffle for instruments onboard solar system exploration missions", SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, 2018, Austin, Texas, United States.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：村上浩

ローマ字氏名：Hiroschi Murakami

研究協力者氏名：櫛香奈恵

ローマ字氏名：Kanae Haze

については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。