

半導体レーザーヘテロダイン分光計の開発

Development of a Diode Laser Heterodyne Spectrometer
for Observation of Planetary Atmospheres

林 真智¹、田口 真¹、福西 浩¹、小川英夫²
M.Hayashi¹, M.Taguchi¹, H.Fukunishi¹, H.Ogawa²

1. 東北大学 理学研究科、 2. 名古屋大学 理学研究科

1. Faculty of Science, Tohoku University

2. School of Science, Nagoya University

We are developing a diode laser heterodyne spectrometer with an acousto-optic spectrometer (AOS) as the back-end of the system for ground-based remote sensing of planetary atmospheres. The AOS being in the works has an instrumental bandwidth of 250 MHz and a frequency resolution of 1 MHz. Thus, this system enables us to obtain absorption or emission spectra of faint planetary infrared radiation with an extremely high resolution of $\geq 10^6$.

1. はじめに

東北大学惑星大気研究グループでは、地球上からの惑星大気の赤外分光観測を目的としたレーザーヘテロダイン分光計の開発を行っている。レーザーヘテロダイン分光計は中間赤外領域の分光計として周波数分解能が非常に高く ($\geq 10^6$)、量子雑音限界のS/N比が得られるという特長を有する。このためこの分光計を用いることにより、各惑星の大気組成の定量は勿論、吸収線形の観測から大気組成や大気温度の高度分布を、また吸収線のドップラーシフトの観測から風速の視線成分を導出することが出来る。従って地上からの惑星大気の観測には最も適した観測器であると言える。

2. システム構成

レーザーヘテロダイン分光計は、赤外から電波への周波数変換を行うためのレーザーヘテロダイン検波部と、その信号を分光するための電波分光計部から構成され、これを光学望遠鏡に接続して惑星大気の観測を行う。東北大学では、既にレーザーヘテロダイン分光計を用いて地球大気中の微量成分（オゾン、メタン、一酸化二窒素、硝酸）の観測を行っている。このシステムは局発として波長可変半導体レーザーを用い、その発振波長を掃引することによって分光を行っている。このため発振波長の固定されたレーザーに較べて観測可能な波数範囲が格段に広い ($850 - 1200 \text{ cm}^{-1}$) という利点を有する。しかしこの手法は波長を掃引しているため、惑星大気からの微弱な赤外放射光の分光観測を行う際には感度の点で十分ではなく、帯域内の全ての周波数の信号を常時蓄積できる多重チャンネル方式のシステムが望まれる。そこで現在、音響光学型分光計 (AOS) の開発を行っている。従来の電波分光計はフィルターバンク型分光計が一般的であったが、これは装置が大型で、チャンネル数は数百チャンネルが限界であった。これに対してAOSはフォトダイオードアレイの出現に伴い1970年代後半から急速に発達してきたもので、比較的小型であり、帯域幅やチャンネル数を大きく取れるという大きな利点をもつ。

3. レーザーヘテロダイン検波部

開発中のレーザーヘテロダイン分光計のブロック図を Fig. 1 に示す。レーザーヘテロダイン検波部の光学部品は全て $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ の光学ベンチ上に配置されている。局発としては任意の波長を選ぶことが出来る半導体レーザーを用いている。レーザーヘテロダイン検波を行う際の問題点の1つとして、レンズ表面からの局発レーザーの戻り光による干渉がヘテロダイン検波を不安定にするという点が挙げられる。そこで開発中のシステムでは、集光するためにレンズは用い

ずに、軸外し放物面鏡を用いることによって戻り光を防ぎ、不安定性を除去している。また全帯域を同時にヘテロダイン検波するために、フォトミキサの広帯域化を行った。現在は 250 MHz の帯域幅であるが、将来は 1 GHz まで拡大する予定である。

4. 音響光学型分光計 (AOS)

AOS では、トランスデューサによって超音波に変換されたRF信号が音響光学媒体中を伝播することで回折格子を作りだす。そこに照射したレーザー光の回折像がRF信号のスペクトルを反映することになる。開発中の AOS の諸元を Table 1 に示す。音響光学媒体として GaP 結晶を用い、帯域幅 1000 MHz を分解能 1 MHz で分光が可能となる。光源は、温度制御によって発振周波数の安定化をはかった半導体レーザー ($\lambda = 633 \text{ nm}$) を用い、ビームを複数のレンズによって最も回折効率が高くなる形状に変形し音響光学媒体に導く。回折光は 3 枚のレンズによって検出器上に結像される。検出器は 512 チャンネルのリニアイメージセンサを用いている。

5. まとめ

今後は AOS の開発に引き続き、局発の半導体レーザーの発振周波数の安定化、及びフォトミキサの広帯域化を行い、高精度の惑星大気観測システムの完成を目指す。

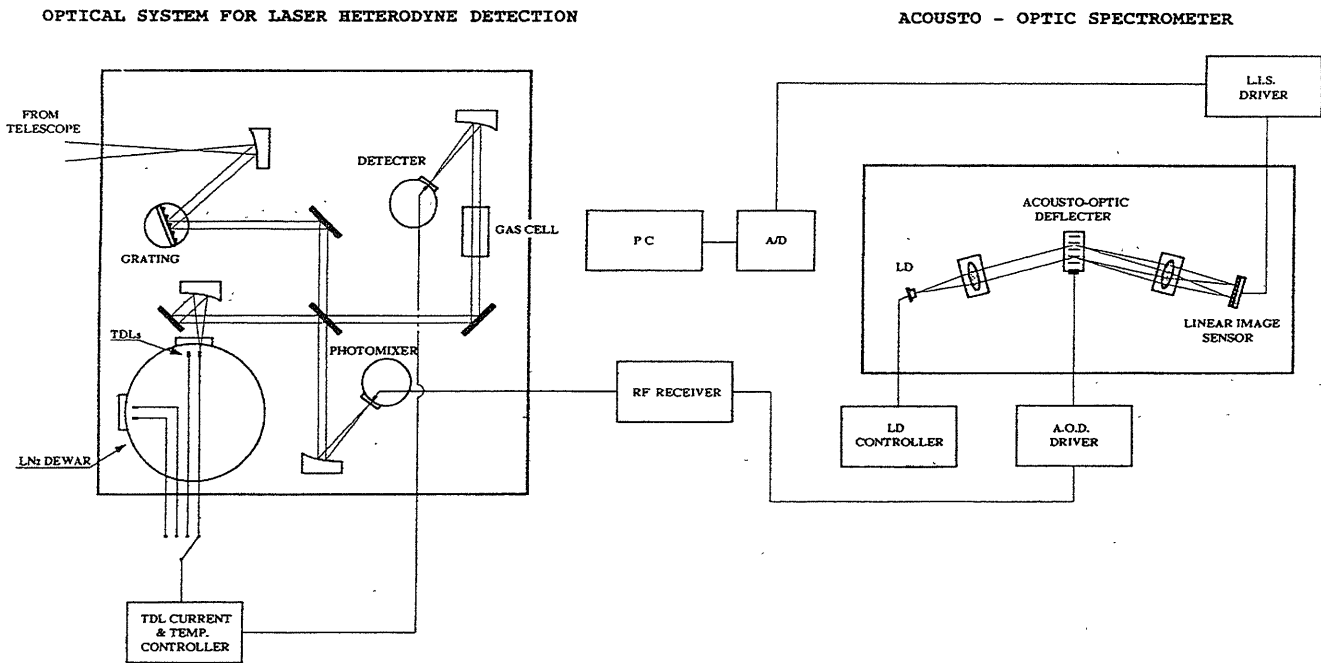


Fig. 1 Block diagram of a diode laser heterodyne spectrometer for remote sensing of planetary atmospheres.

Table 1 Characteristics of an acousto - optic spectrometer

AO Medium	Gallium Phosphide (GaP)
Diffraction Efficiency	15 %
Light Source	Frequency Stabilized Diode Laser ($\lambda=633\text{nm}$)
Center Frequency	1500 MHz
Bandwidth	1000 MHz
Frequency resolution	1 MHz
Detector	512ch Linear Image Sensor