

B 7 半導体レーザーを局発に用いたレーザーヘテロダイン分光計の開発 (III)
 Development of a Laser Heterodyne Spectrometer using
 a Tunable Diode Laser as a Local Oscillator (III)

岡野章一、田口 真、福西 浩
 (Shoichi Okano, Makoto Taguchi, Hiroshi Fukunishi)
 東北大学理学部超高層物理学研究施設
 (Upper Atmosphere and Space Research Laboratory)

SYNOPSIS: A tunable diode laser heterodyne spectrometer (TDLHS) has been developed for ultrahigh spectral resolution infrared spectroscopy of the absorption spectra of trace constituents in the earth's atmosphere. Solar absorption spectra of atmospheric O_3 were obtained with a spectral resolution of 0.0013cm^{-1} and with signal-to-noise ratio of ≥ 500 by sweeping the diode current of a tunable diode laser which operated in single mode at liquid nitrogen temperature.

はじめに

前回(第12回)のレーザーセンシングシンポジウムで波長可変半導体レーザーを局発とするレーザーヘテロダイン分光計を用いたオゾン吸収線の最初の観測について報告したが、最近局発レーザーをクローズドサイクルヘリウム冷凍器による冷却を必要としたものから液体窒素温度でシングルモード発振が可能なものに交換し観測データの質が大幅に改善されオゾン吸収線プロファイルの精密測定から成層圏オゾンの高度分布がルーチンの観測可能となった。そこで本講演では現在のレーザーヘテロダイン分光計の概要と観測データの処理方法について述べる。

レーザーヘテロダイン分光計

レーザーヘテロダイン分光計の構成を図1に示す。局発レーザーは PbSnTe レーザーで Ge 窓付きの液体窒素デュワーにおさまられ積極的な温度制御は行っていない。この TDL は波数範囲 $1070-1105\text{cm}^{-1}$ でシングルモード発振が可能で電流による単一のシングルモードの同調可変範囲は $0.9-1.7\text{cm}^{-1}$ である。HgCdTe 光ミキサに入射する局発パワーは約 $40\mu\text{W}$ である。光ミキサからのヘテロダイン信号の帯域は $B=20\text{MHz}$ カットのローパスフィルターで制限されるので局発発振周波数を中心とした両側波帯を合わせた分解能は 40MHz (0.0013cm^{-1}) である。局発レーザー光のうち1:1の ZnSe 製ビームスプリッターを透過したビームは自由波数域 0.0016cm^{-1} の Ge ソリッドエタロンにより干渉フリッジを生じる。これをヘテロダイン信号と同時に記録することにより 0.001cm^{-1} の波数精度が実現される。

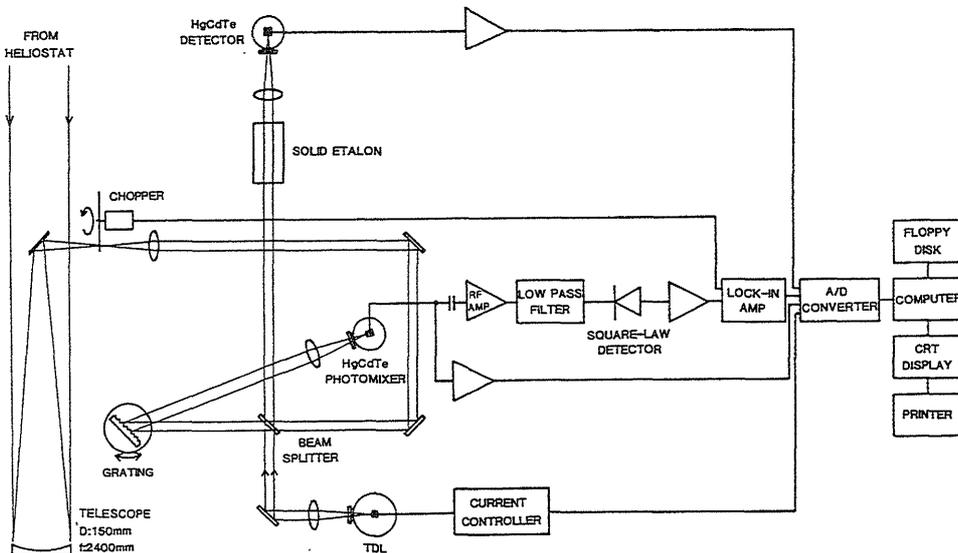


Fig. 1. Schematic diagram of the tunable diode laser heterodyne spectrometer (TDLHS).

大気吸収線観測

1回のレーザー電流走査で得られた大気吸収スペクトルの生データの例を図2に示す。図2にみられる吸収線はすべてオゾンによるものである。図2には、HITRAN 1986分子吸収線データとオゾン高度分布モデルから計算されるスペクトルとエタロンフリンジが同時に示されている。図2の観測スペクトルは生データであり、電流走査による局発パワー変化の影響および電流走査による波数変化の非一様性が含まれておりその補正が必要である。また波数の絶対値および透過率の較正も必要である。生データに対してこれらの処理を施して正確なスペクトルが得られるが、さらにS/Nを向上させるためにはスペクトルの重ね合わせが有効である。図3に7個のスペクトルを重ね合わせて810のS/Nが得られた例を示す。

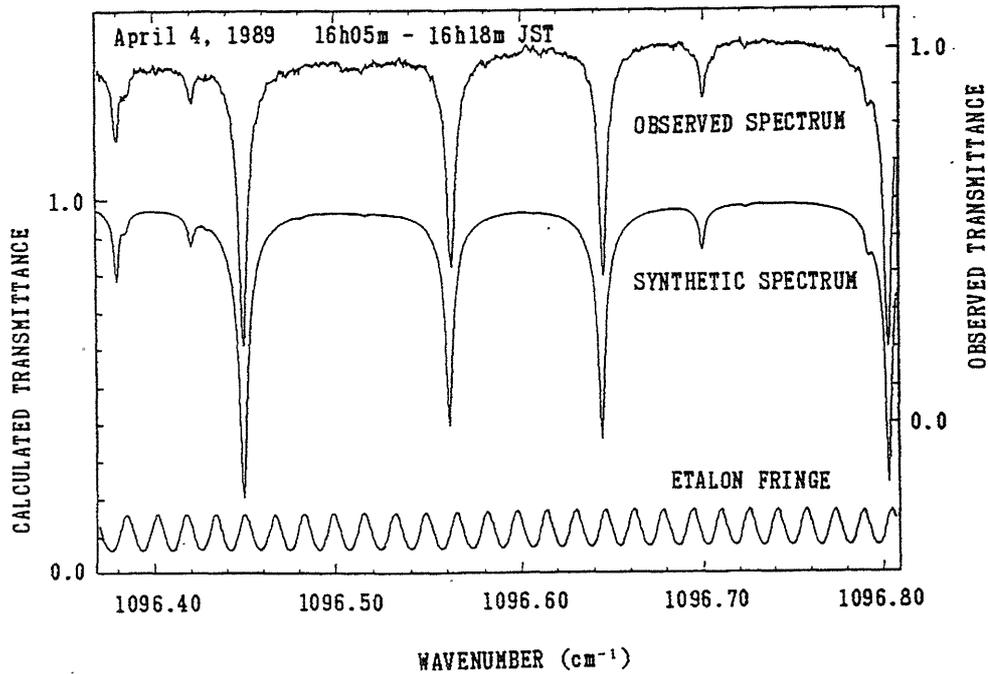


Fig. 2. Example of an atmospheric absorption spectrum obtained by the TDLHS with a single current scan. Synthetic spectrum and concurrently recorded etalon fringe are also shown.

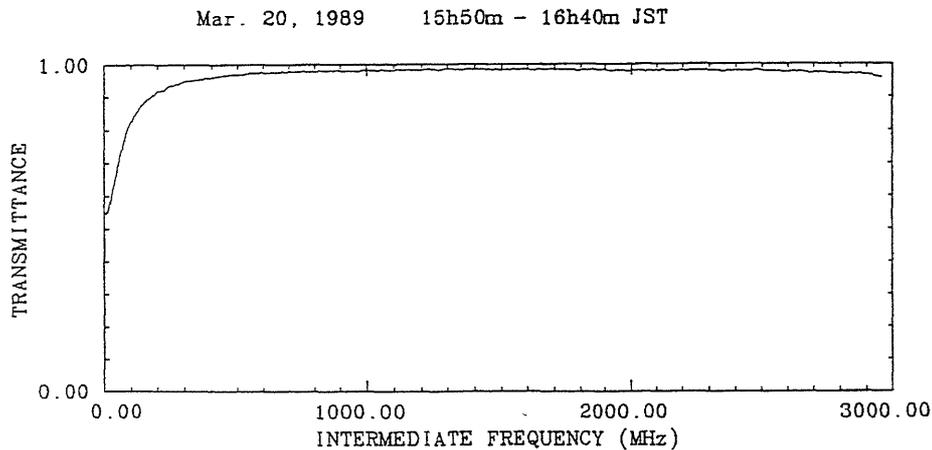


Fig. 3. Example of an ozone absorption spectrum centered at 1096.4493cm^{-1} , obtained by superposing 7 scan data.