

赤外域ヘテロダイン・レーザ・レーダの散乱光検出特性

Scattered-Light Detection Characteristics of an Infrared Heterodyne Laser Radar

小林 喬部 · 稲場 文男*

Takao Kobayasi · Humio Inaba*

福井大学工学部電気工学科 · *東北大学電気通信研究所

Department of Electrical Engineering, Fukui University

*Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

1. はじめに

赤外域におけるコヒーレント・レーザ・レーダ、すなわちヘテロダイン検波方式のレーザ・レーダは高感度で移動物体の速度の測定が可能であり、風や大気の流れの測定や、航空機搭載による大気汚染物質の差分吸収測定などへの応用が進められている。

一方、静止物体を含む一般的な散乱体に対する高感度検出法として我々は、周波数変調レーザを用いるFMヘテロダイン方式レーザ・レーダを提案し¹⁾、導波路形CO₂レーザによる小形システムを試作してその基本的特性を調べた^{2,3)}

さらに本方式システムの高精度化・高感度化を推進するため、本文ではとくに、1)電気光学変調器によるCO₂レーザの広帯域・高速FM変調法の検討、2)送受光学系サイズの増大による高感度化の検討、を行ったので、それらの結果について述べる。

2. FMヘテロダイン方式の特徴

FMヘテロダイン方式レーザ・レーダは従来のマイクロ波域のFM-CWレーダ方式の原理を光波領域に拡張したもので、その動作原理を図1に示す。先づ、直線的に周波数変調を加えたレーザ発振器を光源として用いる。この出力光を遠方の散乱体に送り、後方散乱光を集光し送信レーザ光の一部と混合してホモダイン検波し光検出器からのビート信号を得るものである。

この方式では、ビート信号周波数 f は散乱体の距離 R により、次の関係式で与えられる。

$$f = (df_e/dt) \cdot (2R/c) \\ = (f_B f_m) (R/c) \quad (1)$$

ここで、 (df_e/dt) はレーザ周波数の変化率、 f_B は周波数掃引幅、 f_m は変調周波数、 c は光速である。この式より距離分解能は (df_e/dt) の精度、すなわちFMの直線性により主に決定されることが分る。

FMヘテロダイン方式レーザ・レーダの主な特徴を列挙すると、1) 移動物体のみならず静止物体に対しても距離、散乱係数等の測定が可能なこと、2) ホモダイン構成のため単一のレーザで充分であり、また比較的小形のCWレーザおよび光学系を用いても高感度測定が可能であること、3) 地上の地形物を利用して微量な大気汚染物質の差分吸収測定も可能となること、などである。

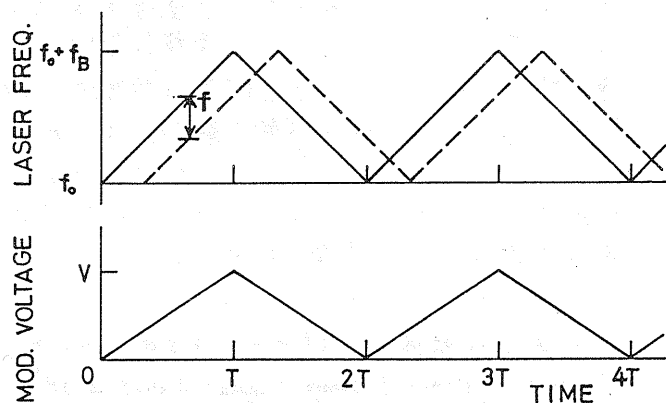


図1 FMヘテロダイン方式の動作原理

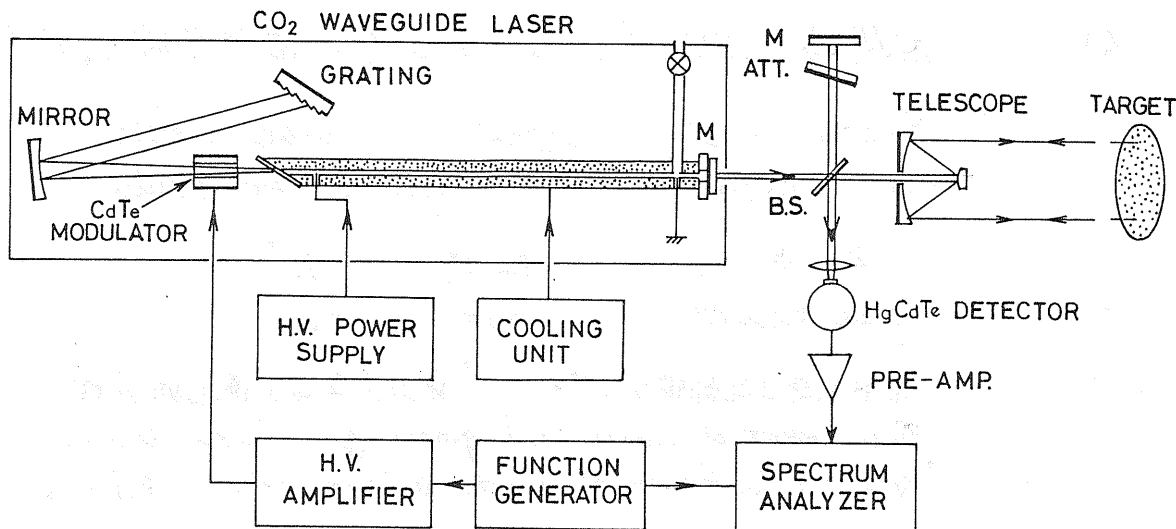


図2 FMヘテロダインレーザレーダ装置の構成

3. 実験装置の構成

図2に実験に用いたFMヘテロダイン方式レーザレーダの模式図を示す。CO₂レーザ発振器として導波路形(アルミナ放電管、管長17cm, 共振器長L=50cm), および通常のガラス放電管形(放電長90cm, 共振器長L=150cm)の2種類について、FM特性を比較した。

FM変調の方式として、前回の光共振器反射鏡の振動法^{2,3)}に比べてFMの振幅や周波数変化率、また周波数変化の直線性等が極めて優れている電気光学変調法を採用し、変調器としてCdTe結晶(4×4×20mm³)を共振器中に挿入し、[111]軸方向に光電界および変調電界を加える構成とした。

送受信光学系としてカセグレン形コリメータ(開口径75mm)を用い、送信-受信の両光学軸が一致したモノスタティック構成とした。ターゲットからの後方散乱光はレーザ光の一部と混合され、レンズで集束させてHgCdTe検出器で検波される。ビート信号はプリアンプを通りスペクトラムアナライザ(周波数30MHz)で周波数解析され、表示される。

4. FM変調特性

内部共振器形のFM変調器の周波数変動、すなわち掃引幅は

$$f_B = (c/2L) \cdot (V/V_0) \quad (2)$$

で与えられる。ここで、Vは変調電圧、V₀は変調器の半波長電圧、Lは光共振器長である。

実験に用いた変調用CdTe結晶ではV₀=12.2kVであり、V=500[V]で駆動してL=50cmの導波路形レーザでf_B=12.3MHz、L=150cmのレーザではf_B=4.1MHzが得られ、変調周波数f_m≒100kHzまで動作可能である。

5. 散乱光の検出特性

FMレーザレーダシステムの動作を解明するためには、次の4つの基本特性が重要である。

- 1) 信号光と局発光の波面の最適整合条件、
 - 2) 各種の拡散形散乱体に対する信号対雑音比、
 - 3) 散乱光のスペクトル幅と距離分解能、
 - 4) 大気のシンチレーションによるS/Nの低減率とその軽減法。
- これらの特性の理論的および実験的な検討結果について講演で報告(1)。

文献

- 1) 小林, M. Hamza, 稲場: 1976年春応用物理学予稿集, 239 (1976)
- 2) T. Kobayashi, M. Hamza, H. Ishihara, H. Inaba: Abstracts of 10th ILRC, E-12, Maryland (1980)
- 3) 小林, M. Hamza, 稲場: 信号光量工研資 OAE-81 (1981.2)