

光ヘテロダイン方式による汚染物質分布の測定

Measurement of Distribution of Pollutant Gases by Optical Heterodyne

藤井 陽一*

Yoichi FUJII

1. はしがき

現在の都市機能を阻害する原因となっている各種の汚染物質やその他の物理量の空間的分布を測定するためには、光学的手段を用いることが有利である場合がある。特に、その物質が固有のスペクトルの光を放出しているとき、あるいは、固有のスペクトルの光を吸収するときは、光学的手段によって容易にその物質を識別することができ、かつ、遠隔地で測定ができるから、非常に有利である。このような目的には、電子的に、検出する光の波長を掃引同調できる光デバイスを用いることが不可欠である。

このような分布測定装置を製作する第一段階として、各種の同調可能な光検出装置を製作している。

2. 同調可能色素レーザーによる

光ヘテロダイン検波によるスペクトル測定

同調可能な色素レーザーを用いて、電子的にその発振波長を制御しつつ、これを光ヘテロダイン検波のローカル光源とすることによって、インコヒーレント光、特に太陽光、その他の白色光源からの到達受信光中にふくまれる各種の汚染物質の吸収、又は発光スペクトルを、高いスペクトル分解能をもって測定することができる。本年度は、このための装置の製作の一環として、アルゴン・イオン・レーザー光を励起光源とするローダミン6 G色素を用い、プリズム及びエタロンを用いて電子的に波長の選択のできる同調可能色素レーザー(発振光巾、数MHz)をローカル光として用い、高速応答の(0~3 GHz)の横形光電子増倍管を光検出器として用い、かつ、中間周波増巾器として、1~2 GHzの広帯域、高増巾率の増巾器からなる同調可能な光ヘテロダイン、スペクトル分析系を製作した。かつ、信号光自身のショット雑音の影響を除去する四重同期検出方式を提案し、実際にこれの有効なことをたしかめた。

3. 同調可能CO₂レーザーによる光ヘテロダイン検波によるスペクトル測定²⁾

2項と同様な原理で、回転する回折格子によって、

発振ブランチを選択し、その発振周波数を微調できる。CO₂レーザーの出力をローカル光とする赤外域光ヘテロダイン検出と、それを利用した波長10 μ m附近のインコヒーレント光中のスペクトルの測定装置を製作している。本年度は、CO₂レーザー光をローカル光とし、高温熱源(1,000~1,500 $^{\circ}$ C)をインコヒーレント光源とした光ヘテロダイン検波系を製作して、これにより、インコヒーレント光中のCO₂等の吸収スペクトルを測定した。また、HgCdTeの赤外検出器の光ヘテロダイン検波における過剰雑音分の補償法を考案し、それが有効であることを確めた。

4. 同調可能色素レーザーによる
吸収スペクトル測定³⁾⁴⁾

2項に述べた同調可能色素レーザーを用いて、汚染気体等の吸収スペクトルを測定する装置ができる。この方法は、同調可能レーザー光の波長を電子的に制御してその被測定スペクトルと一致させ、かつ、多数個の吸収スペクトルのパターンから、被測定物質のスペクトルを同定することができる。このような目的で、この吸収スペクトル値からの同定を行う情報処理系の設計検討を行った。また、例として、NaD線のスペクトルが検出できることを示した。

5. 同調可能光フィルタによる
スペクトル分布の測定⁵⁾⁶⁾⁷⁾

音響光学効果のある結晶を用いて、これに超音波を印加して、それによって生ずる複屈折による異常ブラッグ回折を利用して、電子的に同調できる光フィルタを作ることができる。この原理に基づき、特定の発光スペクトルを有する物質の空間的な分布を測定できる。このような分布測定装置の製作の一環として、本年はいくつかの結晶(TeO₂, PbMoO₄, LiNbO₃)について、最適なフィルタの設計を行い、かつ、PbMoO₄について、それが理論値とよい一致をみることを示した。

6. 光ヘテロダインによる三次元的な位置検出装置⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾

光ヘテロダイン検波自身の有する結像作用によってコヒーレント光を発生、散乱している物体の位置の標定を行うことができる。これを利用して、散乱性物質

*東京大学生産技術研究所 第3部

の位置の標定, および, 分布の測定また速度分布の測定を行う装置を製作することができる。本年度は, この原理に基づき, 小さい対象物について, よこ方向10 μ m奥行方向100 μ mの分解能でその分布を測定可能な装置を試作した。また, この原理を応用した速度分布の測定を行った。

7. 結 び

以上のように, 本事業の初年度として, この目的にそつためのいくつかの形態の装置を提案し, 実験室スケールの装置を製作し, 順調な成果を得ている。次年度以降は, 実用的な見地から受光望遠鏡を見えた同調可能光ヘテロダイン系を製作する。(1975年1月22日受理)

文 献

- 1) 藤井「光ヘテロダインの量子論的取扱い」
電気通信学会, 光量子エレクトロニクス研究会
OQE74-63 1974-12.
- 2) 斎藤・四方・藤井「可変周波数炭酸ガスレーザーを用いた光ヘテロダイン検波器の特性」
昭和50年 電気学会全国大会

- 3) 斎藤・藤井・滝本・大林
「同調可能色素レーザーを用いたレーザー電磁回路アナライザ」
昭和49年 電気通信学会全国大会
- 4) 藤井・滝本・正村
「同調可能色素レーザーによる吸光分析とその測定誤差」
昭和50年 電気学会全国大会
- 5) 藤井 林「PbMoO₄結晶を用いた音響光学フィルタ」
応物学会 S.49. 10 9aF 6
- 6) 藤井:「光ヘテロダインとショット雑音の量子論」
昭和50年 電気学会全国大会
- 7) 藤井・林:「PbMoO₄結晶を用いた音響光学フィルタ(II)」
応物学会 74年 春
- 8) 滝本・藤井
「An Optical Heterodyne Radar System for Position and Uelocity Detection」1974 Laser Radar Conf.
Sept. 3 1974 II-7
- 9) 滝本・藤井「光ヘテロダイン検波を用いた結像特性の解析」
電子通信会 光量子エレ研究会 OQE 74-19-27
- 10) 滝本・藤井「球面波光ヘテロダイン法による速度分析の測定」
昭和50年 電気学会全国大会
- 11) 滝本・藤井「光ヘテロダイン検波を用いた画像検出」(実験)
昭和50年 電気学会全国大会

正誤表 (2月号)

| 頁 | 段 | 行 | 種 別 | 正 | 誤 |
|----|---|------|-----|---|--|
| 8 | 右 | ↓ 4 | 本 文 | 位置: 東経138° 48' ±1' | 位置: 東経138° 48' ±1' |
| 8 | 右 | ↑ 8 | " | 震央距離57kmの..... | 震中距離57kmの..... |
| 20 | 右 | ↓ 1 | " | では図18の様に..... | では図17の様に..... |
| 30 | 左 | ↓ 5 | " | $\sum_{l=1}^k$ | $\sum_{l=1}^K$ |
| 30 | 左 | ↓ 7 | " | $C(Q_h)$ | $C(Q_h)$ |
| 30 | 左 | ↓ 14 | " | P by repla- | P repla- |
| 31 | 左 | ↓ 19 | " | have a unique | have unique |
| 50 | 右 | ↓ 5 | " | 述べた手法で得た一自由度系の..... | 求べた手法で得た一自由度系の..... |
| 49 | 左 | ↓ 12 | " | $P(\gamma) = P_0 R_e \left\{ e^{i(\frac{\pi r^2}{q} + 2\pi r \frac{f_0}{f-f_0} + \sigma)} \right\}$ | $P(r) = P_0 R_e \left\{ e^{i(\frac{\pi r^2}{q} + 2\pi r \frac{f_0}{f-f_0} + \sigma)} \right\}$ |
| 50 | 左 | ↓ 5 | " | $R(r) = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} \frac{f}{f-f_0}$ | $R(r) = \frac{\sqrt{\pi} 1}{2\sqrt{1-\xi^2}} \frac{f}{f-f_0}$ |
| 50 | 左 | ↓ 19 | " | に近づくと..... | に近づくと..... |