

## 気体放電パラメータ測定 (14)

—N<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>混合ガスの発光スペクトル測定—

長谷川 博一\*・佐藤 義則\*\*  
村井 国昭\*\*\*・下妻 光夫\*\*\*\*

Measurement of the Gas Discharge Parameter (14)

—Measurement of Spectrum in mixtures of N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>—

Hirokazu HASEGAWA and Yoshinori SATO  
Kuniaki MURAI and Mitsuo SHIMOZUMA

### 要旨

N<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>混合ガスについて、直流低気圧グロー放電により、発光スペクトルを測定した。実験は、2800~5000 Åの範囲でN<sub>2</sub>の混合率Kを変化させて行なった。その結果CO<sub>2</sub>のクエンチング力のためN<sub>2</sub>の発光が減少していることが測定された。

### Abstract.

Intensity of spectrum in mixtures of N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> have been measured experimentally by the DC low pressure glow discharge.

The experiment have been made in the wavelength region 2800~5000 Å with parameter in N<sub>2</sub> partial pressure K.

In result, intensity of N<sub>2</sub> have been decreased by quenching power of CO<sub>2</sub>.

### 1. 緒 言

ガスレーザの中でもとくに高出力で知られているCO<sub>2</sub>ガスレーザの主な成分であるCO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He 3種混合ガスの放電発光スペクトルに関する測定研究の報告例は、まだ無いと思われる。ただ単ガスのみの分光分析が報告<sup>(1)</sup>されているだけである。著者らは、すでにCO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He混合ガスにおいて単ガス、2種混合、3種混合ガスについて電離係数等の放電パラメータを測定報告<sup>(2)</sup>してきている。今回、著者らはこれらの混合ガスの放電発光の機構を調べることがCO<sub>2</sub>ガスレーザの設計

等に直接役立つと考え、3種ガスの内CO<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>について混合率Kをパラメータとして、直流低気圧グロー放電を行ないガスを発光させ、混合ガスの発光スペクトルの発光強度の振舞をモノクロメータにより測定したのでここに報告する。

### 2. 測定装置および実験方法

Fig. 1は、本測定実験に使用した各測定装置系である。低気圧グロー放電用チャンバおよび排気系は、放電パラメータ（電離係数、二次電離係数電子付着係数等）を測定<sup>(3)</sup>したものである。低気圧グロー放電用電極は、90 φ×30 H mmステンレス製ハリソン形電極を使用した。さらに放電領域をステンレス円板全面にほぼ一様に得られるように下部電極に90 φ×10 H mmの円形平板電極を乗せ、グロー放電領域の安定化をはかった。また発

\* 電気工学科 助手

\*\* " 助教授

\*\*\* " 教授

\*\*\*\* 北海道大学技術医短大学部

光測定用窓は、石英板(70  $\phi$  mm)に取り換える。発光強度の低下を防いだ。発光スペクトル分光分析用モノクロメータ(リツ一応用光学MC-20 L)のグレーティング測定範囲は、250~1200 nmであり、ブレーズ波長500 nm、分解能0.2 nm(半値幅)である。光検出用フォトマル(浜松ホトニクスR955)は、分光感度160~930 nm、最高感度400 nmのものを使用した。グロー放電条件は、直流高圧安定化電源により高電圧を印加して、直流低気圧グロー放電を行ない発光状態を作った。放電電流I=5 mA、混合ガス圧力P<sub>0</sub>=1.0 Torr、電極間ギャップ長d=10 mm一定として行なった。実験に使用した試料ガスは、CO<sub>2</sub>ガス純度99.992%(液化炭酸KK)、N<sub>2</sub>ガス純度99.999%(日本酸素KK)である。ガスの混合率Kの設定は、分圧比の小さなガスから放電チャンバに導入し、デジ

タル・マノメータで行なった。発光スペクトルの測定波長は、各ガスとも発光が顕著に現われる2800 A~5000 Aの範囲で行なった。本実験は、ガスを実験条件に設定した状態で密封したままガスの給排気を行なわざ行なった。従って、実験の前後で放電チャンバ内のガス成分が変化することになるものと考えられる。

### 3. 実験結果と考察

#### 3-1 放電チャンバ内の残留ガス

Fig. 2は、所有のマスフィルタ(日電アネルバA QA-100 MP X、質量数範囲1~100 amu、分解能M/△M≥2 M(50%ピーク高)、感度1.1×10<sup>-6</sup> A/Pa)による放電チャンバ内の残留ガス(真空度約2×10<sup>-6</sup> Torr)の質量分析の測定結果である。チャンバへのヒータによるベーキングを行なっていないため、H<sub>2</sub>Oの量が他の元素に比べ大きく現われている。その他(H, H<sub>2</sub>, C, N, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar, CO<sub>2</sub>等)大気圧から排気したとき残る残留ガスが1~50 amu程度の範囲で現われているようである。また50 amu以上で明確に現われている元素の主なものは、回転ポンプ、拡散ポンプ等からの油と考えられる。しかしその大きさはH<sub>2</sub>Oに比べて微少であり、試料ガスに影響をあまり与えないと考えられる。またH<sub>2</sub>Oは、排気時間を長くしたりベーキング等を行ない実験中はさらに1桁ぐらい小さくしてから行った。

#### 3-2 N<sub>2</sub>の放電発光スペクトル

Fig. 3は、N<sub>2</sub>ガスの放電発光スペクトルの測定結果(波長範囲2800~5000 A)である。下妻ら<sup>(4)</sup>や生田ら<sup>(5)</sup>の発光スペクトルの測定報告と一致している。N<sub>2</sub>の放電発光はC<sup>3</sup>Π<sub>u</sub>-B<sup>3</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>遷移による2nd positiveバンドが最も強く現われている。またN<sub>2</sub><sup>+</sup>の1st negativeバンドの発光も現われている。

#### 3-3 CO<sub>2</sub>の放電発光スペクトル

Fig. 4は、CO<sub>2</sub>ガスの放電発光スペクトルの測定結果である。N<sub>2</sub>の発光とは異なり、全波長(2800~5000 A)で発光が測定された。CO<sub>2</sub>の発光スペクトルの特長でありMcCallum and Nicholls<sup>(6)</sup>が報告している2883と2896 Aのultraviolet doubletバンド(B<sup>2</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>-X<sup>2</sup>Π<sub>g</sub>遷移)が明確に現われている。また、3000~4500 Aの範囲のFox-Duffendack-Barkerバンドの主な遷移の発光も

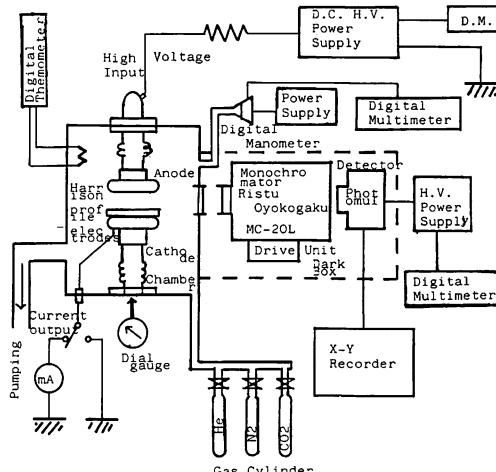


Fig. 1 測定系

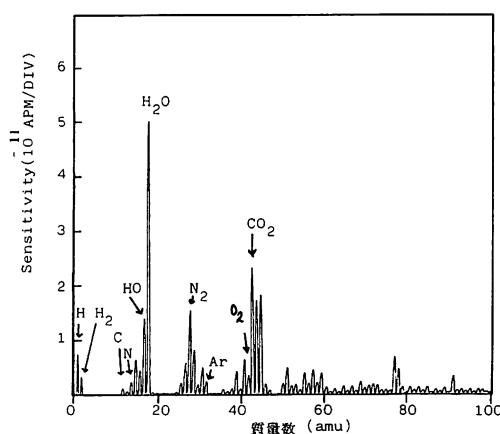
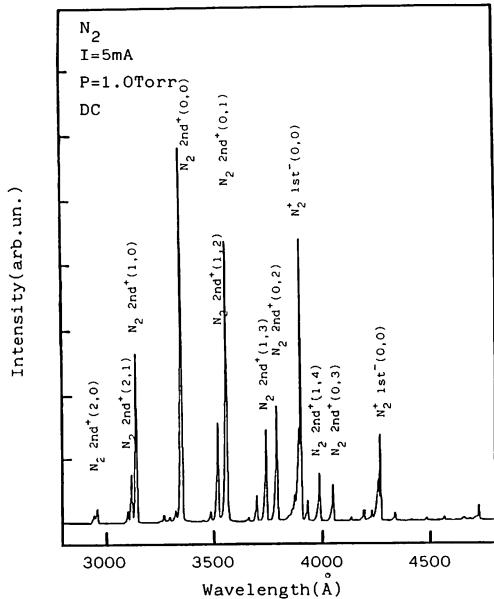
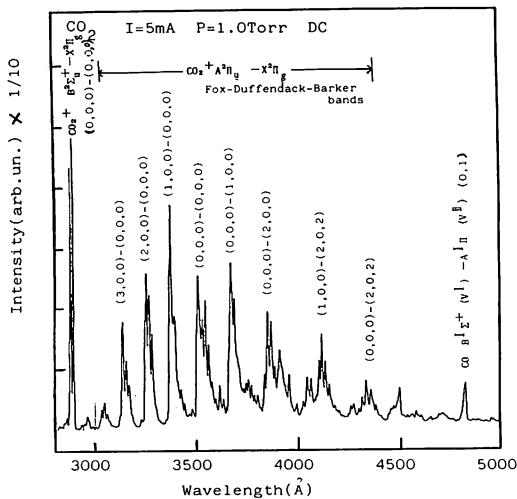


Fig. 2 放電チャンバ内の残留ガス質量分析

測定された。さらに  $\text{CO}_2$  が分解して生成されたと思われる  $\text{CO}^+$  の Baldet-Johnson バンド<sup>(7)</sup> ( $\text{B}^2\Sigma^+$  ( $\text{V}^1$ ) -  $\text{A}^2\Pi$  ( $\text{V}''$ ) 遷移) の発光が 4800 Å 付近で認められた。 $\text{CO}_2$  でも  $\text{N}_2$  同じ放電条件で測定したにもかかわらず  $\text{CO}_2$  の最大発光強度は、 $\text{N}_2$  のそれに比べ約 1 衍以上小さな値で測定された。このことは、すでに著者らが測定報告<sup>(8)</sup>した二次電離係数  $r_t$  (特に光子による  $r_p$ ) が  $\text{N}_2$  のそれに比べ低いことを裏付けているものと思われる。

Fig. 3  $\text{N}_2$  ガスの発光スペクトルFig. 4  $\text{CO}_2$  ガスの発光スペクトル

### 3-4 $\text{N}_2$ と $\text{CO}_2$ 混合ガスの放電発光スペクトル

Fig. 5 は、 $\frac{\text{N}_2}{\text{N}_2 + \text{CO}_2} \times 100 = 50\%$  のときの発光スペクトルの測定結果である。2800~3000 Å および 4400~5000 Å の波長範囲では発光が弱く、感度を 10 倍上げて得られたものである。各々の単ガスの発光強度に比べ、混合ガスのそれは減少していることがわかる。

Fig. 6 は、 $\text{N}_2 + \text{CO}_2$  の混合率 K をパラメータとして変化させたときの発光強度の測定結果である。 $\text{N}_2$  については、発光強度が大きい 2 nd positive バンドの (0, 0), (0, 1), (1, 0) レ

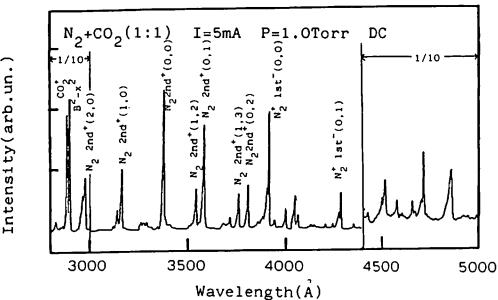
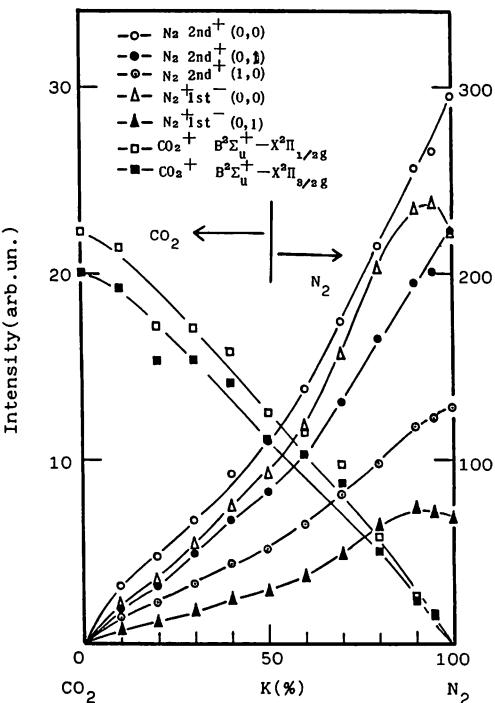
Fig. 5  $\text{N}_2 + \text{CO}_2$  混合ガスの発光スペクトル (1 : 1)

Fig. 6 各混合率 k に対する発光強度

ベルおよび1 st negative バンドの(0, 0), (0, 1)レベルについてプロットした。また, CO<sub>2</sub>は, N<sub>2</sub>に比べ発光が1桁以上小さいため N<sub>2</sub>の発光バンドに隠れ易いので N<sub>2</sub>の大きな発光のない 2800 Å付近の B<sup>2</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>–X<sup>2</sup>Π<sub>g</sub>遷移の ultraviolet doublet バンドの2つをプロットした。各発光スペクトルは、ガスの分圧比に対応して発光量が増減しているのがわかる。Wagner et al.<sup>(9)</sup>は、N<sub>2</sub>がクエンチング力の大きな(クエンチング気圧 P<sub>q</sub>=2.3 Torr) CO<sub>2</sub>を混ぜることで 2 nd positive バンドから発光とともに励起分子 C<sup>3</sup>Π<sub>u</sub>が励起解消されることを報告しているが、本測定結果でも、これを裏付けるように N<sub>2</sub>の発光は、下に凸の傾向で減少している。

#### 4. 結 言

N<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 2種混合ガスの低気圧グロー放電発光スペクトルをガス混合率を変化させて、測定波長 2800~5000 Åで測定した。単ガスの発光スペクトルの形状は、他の報告例と一致しており、Kを変化させて測定した結果 N<sub>2</sub>の 2 nd positive バンドの発光強度が CO<sub>2</sub>のクエンチングの影響を受け下向きに凸の傾向を示すことが測定された。今後は、CO<sub>2</sub>ガスレーザ材料の基礎データとするため、Heを含めた2種および3種混合ガスの放電発光スペクトルを測定する予定である。最後に本報告に御指導御助言いただいた北海道大学工学部田頭教授に深く謝意を表わすとともにグロー放電用電極作製に御協力いただいた本校機械工学科岩瀬谷技官また、測定に協力いただいた第17期生藤原(誉)君および第18期生坂東君に感謝いたします。

#### 参 考 文 献

- (1) たとえば Judge et al., Cana. J. Phy., 47, 1969
- (2) Hasegawa et al., J. Phys. D : Appl. Phys., 18, 1985
- (3) 長谷川・佐藤・村井・下妻, 苫小牧高専紀要, 第19号, 1984
- (4) 下妻・長谷川・田頭, 北大工学部研究報告第116号, 1983
- (5) 岩朝・近藤・生田, 電気学会放電研究会資料, ED-80-34, 1980
- (6) McCallum and Nicholls, J. Phys. B : Atom. Molec. phys., 5, 1972

- (7) Dotchin et al., J. Chem. Phys., 59, 1973
- (8) 長谷川・佐藤・村井・下妻・田頭, 電気四学会道支部大会講演集, 52, 1982
- (9) Wagner et al., Zeitschrift für Physik, 189, 1966

(昭和60年11月29日受理)