

平成 16 年度照明学会第 37 回全国大会

1. 一酸化炭素ガス放電の真空紫外分光測定

八田 章光 (高知工科大学)

1. はじめに

筆者らはマイクロ波プラズマCVD法を用いてダイヤモンド薄膜の合成を研究している[1]。ダイヤモンドの炭素原料ガスとして一般にはメタンが用いられるが、一酸化炭素を水素希釈して用いるとより高品質な結晶が得られる[2,3]。ダイヤモンド合成実験で一酸化炭素の濃度を高くしてマイクロ波で放電を行った際、石英の観測窓では強いオゾン臭が認められたことから、住友らは一酸化炭素の放電プラズマは強い紫外線源として利用できる可能性があることを見出した[4]。本研究では一酸化炭素放電のプラズマからの放射される真空紫外光を測定し、分子性の紫外光源用ガスとしての可能性を見極める。

Xe や Hg の放電プラズマから得られる真空紫外域の発光は、蛍光体の励起によって可視光に変換されて広く用いられている。このうち Hg は環境汚染物質として、今後、利用が制限される可能性が高く、また Xe は希少である。これらのガスに代わる新しい紫外光源となるガスとして、様々な分子性ガスが期待されるが、その候補として CO に着目した。

問題点は、一酸化炭素が分解し、炭素膜が放電管壁や窓材、電極などに付着してしまうこと。分解によって一酸化炭素が、二酸化炭素や酸素に変化してしまうと本来の CO プラズマからの放射が得られないだけでなく、蛍光体や窓材などが光透過性の無い膜で覆われたり、電極が絶縁性の膜で覆われてしまう恐れがある。しかし、析出した炭素は、再びプラズマで励起、分解された酸素によってエッチングされて CO に戻る可能性もあり、放電条件によっては析出した炭素と、放電プラズマ中に CO や CO₂ として存在する炭素がつりあい状態になると予想される。これは液化した水銀が放電の熱によって再度気化して放電ガスとして利用されることと同様に考えることができる。

2. 実験

真空紫外分光器 (McPherson, 234/304VM 型) の入射口に厚さ 4mm の MgF₂ 窓を通してガイスラー放電管を接続し、出射口には光電子増倍管 (浜松ホトニクス, R1220) を取りつけて検出した。光電子増倍管の測定範囲は約 115~300nm の範囲である。入射、出射スリットはそれぞれ 20 μm に設定、光電子増倍管の電圧は 700V、検出抵抗を 50 Ω とし、信号電圧をデジタルマルチメーターにより、毎秒 2 サンプルのレートで測定した。

ガイスラー管は放電部が内径約 22mm φ、排気部分は内径約 13mm φ、

対向電極間の距離は 90mm、電極直径 15mm である。図 1 のように、真空紫外分光器にガイスラー管を接続する部分はゲージポートとなっている。放電はガイスラー管の片側電極 (高圧側) と、ゲージポートの内壁 (接地側) の間で行った。ガイスラー管側はニッケルの平板電極、ゲージポート側はステンレス製接続管の内面を利用し、片側ホロー型の非対称電極であり、電極間隔は約 160mm である。

ガイスラー放電管に一酸化炭素ガスを封入した。一酸化炭素ガスの圧力はクリスタルゲージ (ANELVA, M-320XG/M390) の窒素校正モードで測定した。窒素校正モードによる一酸化炭素の圧力測定は、校正済みのバロトロンゲージ (MKS 622A12TAE) と比較して一致することを確認している。スライダックを用いて入力電圧実効値約 20V に減圧し、ネオントランス (DAIHEN、一次側定格 100V、二次側定格 15000V) で 60Hz の交流放電を行った。電圧は分圧器 (IWATSU, H.V.DIVIDER D-401, 1/400) を通して、電流は 1kΩ の検出抵抗を挿入して、デジタルオシロスコープ (KENWOOD, PCS-3200) によって測定した。

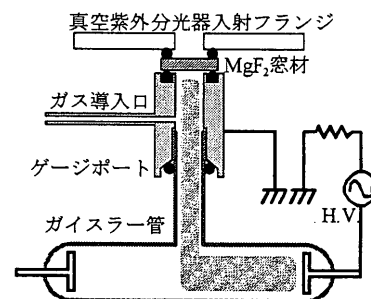


図1 CO放電実験装置

VUV Spectroscopy of CO Gas Discharge: Akimitsu Hatta

平成 16 年度照明学会第 37 回全国大会

3. 結果と考察

一酸化炭素の圧力が 100~1000Pa の間で、放電管内に安定なプラズマが得られた。CO 圧力 100Pa における放電電圧はホロー陰極時約 800V、平板陰極時約 1kV、電流は最大 6mA 程度で、平板電極面積あたりの電流密度は 3mA/cm²、平均電力は約 3W である。圧力を上げると放電電圧は急激に増加、電流は少し減少し、平均電力は増加する。圧力 1000Pa では放電電圧約 3kV、最大電流約 4mA、平均電力約 6W となる。圧力 1000Pa において、波長 120~310nm の範囲を 200nm/min. の高速でワイドスキャンした結果を図 2 に示す。波長域 150~240nm に多数の発光ピークが観測され、特に 150~210nm には強い発光ピークが集中している。

CO の圧力を 100、200、500、1000Pa と変化させて、波長域 150~210nm を 3nm/min. でスキャンした場合のスペクトルを図 3 に示す。この波長範囲には 30 本以上の鋭い発光ピークがあり、中でも 160nm~190nm には非常に強いピークが 10 本以上認められる。発光強度は圧力の増加とともに減少する。

ワイドレンジでは 1 スキャンを 10 分で、圧力を変える実験では 1 スキャンを 20 分で測定した。それぞれの測定中にガス圧力は若干低下した後、ほぼ回復するのが観察された。また放電電流や電圧の著しい変化や、スペクトルの急激な変化はみられなかった。最長で 60 分の放電を行った場合でも、初期と最後にスペクトル強度の大きな変化は認められなかった。しかし一連の実験を終了後、ガイスラー管の排気管部分の内壁が茶褐色に変色しており、炭素系の薄膜がガラス管内に堆積しているのが認められた。

ガス圧力が低下するのは、 $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ 、 $2\text{CO} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{C}$ 等の分解反応により炭素が堆積してガス分子が減少するためであると考えられるが、回復する理由は明らかでない。発生した酸素が、再び炭素膜をエッチングして逆反応を起こすことも期待される。

4. まとめ

一酸化炭素放電プラズマの真空紫外分光測定を行った。150nm~210nm の領域に強い発光ピークが多数存在し、放電圧力を下げるほど、投入電力が低下するにもかかわらず発光強度は増加する。

謝辞

本研究で用いた真空紫外分光器は、高知工科大学ハイテクリサーチセンターの設備を使用した。本研究の一部は地域新生コンソーシアム研究開発事業「環境保全のための無水銀光源システムの開発と実用化」として行われた。実験に協力していただいた住友 卓氏（現、ウシオ電機）、および高知工科大学電子・光システム工学科の前田 雄也君、矢内 啓資君、他学生諸氏に感謝する。

文献

- [1] 八田 章光：照明学会誌 第 87 巻第 4 号（2003）、p.239.
- [2] M. Kamo, Y. Sato, S. Matsumoto, and N. Setaka, *J. Cryst. Growth* 62 (1983) 642.
- [3] Y. Muranaka, H. Yamashita, K. Sato, and H. Miyadera, *J. Appl. Phys.*, 67 (1990) 6247.
- [4] 八田 章光、住友 卓、平尾 智将：平成 13 年度照明学会全国大会予稿集（2001）、p.75.

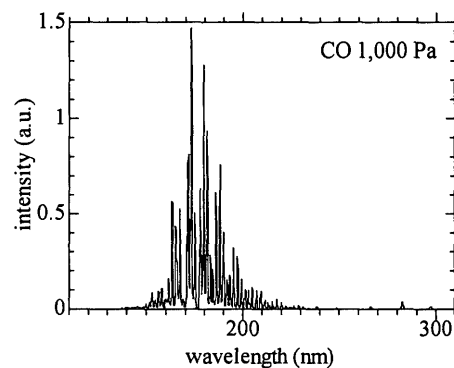


図2 CO放電スペクトル (ワイドスキャン)

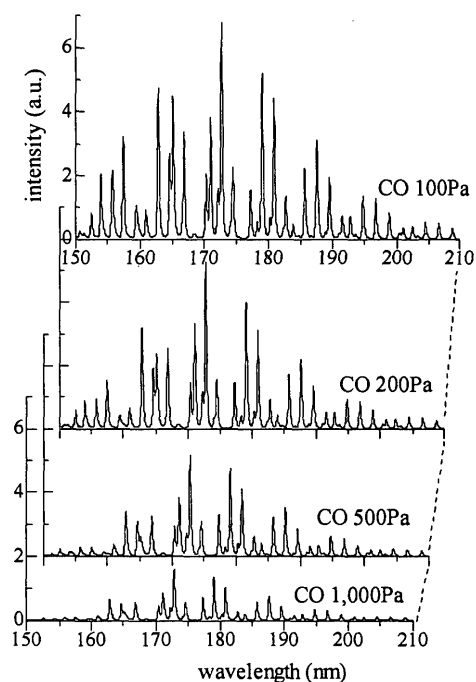


図3 CO発光スペクトルの圧力依存性