

E 4

波長可変VUV 光源とその分光計測への応用

(Tunable coherent VUV source and its application to spectroscopic measurements)

宮崎健創, 酒井広文, 佐藤卓蔵

(Kenzo Miyazaki, Hirofumi Sakai, Takuzo Sato)

電子技術総合研究所レーザ研究室

(Laser research Section, Electrotechnical Laboratory)

1. はじめに

非線形周波数混合によって発生できる波長可変コヒーレント光は、広帯域波長可変レーザの存在しないVUV 域において重要な地位を占めている。この光源はSOR 光源などに比べると、著しく輝度が高く、かつスペクトル幅が狭いため、分光器を必要としない高分解能VUV 分光への応用が数多く行われるようになってきた。

筆者らは極短波長レーザ開発の一環としてXUV レーザ励起用エキシマレーザ増幅システムとともに、周波数混合法を利用した波長可変VUV 光源の開発を進めている。後者についてはCdを非線形媒質とする共鳴4光波混合(Fig.1)によって、 $\lambda \sim 110 - 150 \text{ nm}$ のVUV 域をカバーできるようになった。ここでは、この波長可変VUV 光源について報告する。

2. 装置

基本波用XeClレーザ励起色素レーザシステムをFig.2 に示す。2光子共鳴用色素レーザ(周波数 ω_1)は、発振器と3段増幅器、波長掃引用レーザ(ω_2)は発振器と2段増幅器からそれぞれ構成されている。両出力をCd蒸気中へ $f = 50 \text{ cm}$ のレンズで集光し、VUV 光 $\omega_{\text{VUV}} = 2\omega_1 + \omega_2$ を発生させる。Fig.3 はCd蒸気発生用のヒートパイプオープン、および基本波とVUV 光を分離するためのLiF 結晶分光系である。分光されたVUV 光の強度をLiF 板の表面反射を利用してモニターし、透過光を各種実験に利用できる。

3. VUV 光の特性

Cdの場合、2光子共鳴準位として $6^1S_0, 7^1S_0, 5^1D_2, 6^1D_2$ などが利用でき、 ω_2 レーザとして数種類の色素レーザを用いれば広いVUV 域でコヒーレント光を発生できる。

Fig.4 は 6^1S_0 を2光子共鳴準位とし、 ω_2 としてCoumarin 540A 色素レーザを掃引したときに発生するVUV 光スペクトルである。 $6^1S_0 - n^1P_1$ 共鳴近

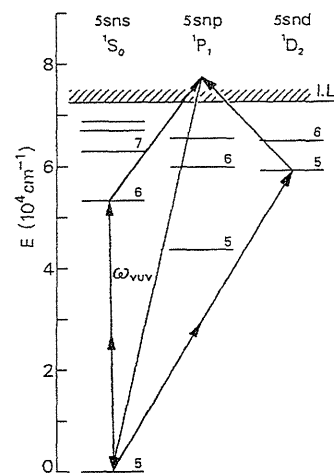


Fig.1. VUV光発生過程

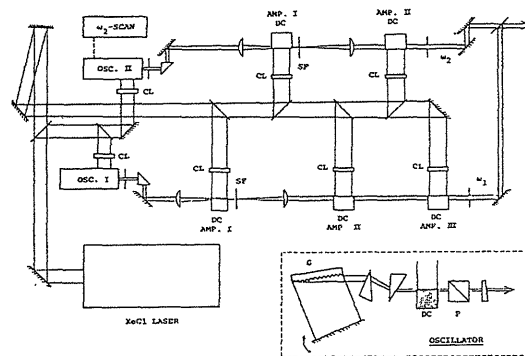


Fig.2. レーザシステム

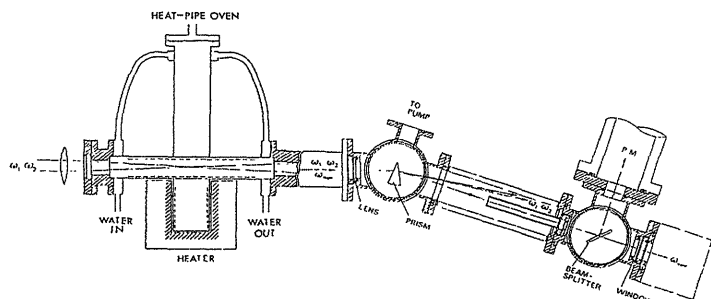


Fig.3. ヒートパイプと分光系

傍で著しいVUV 光強度の増大が見られる。この増大は、主量子数 n が小さいほど大きくなる。発生するVUV 光をp-xylene(0.5 Torr)を封入したチェンバーに導き生成されるイオン数を測定することによってVUV 光の絶対出力

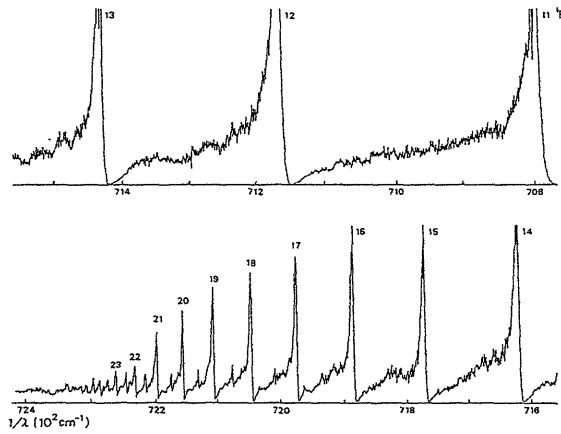


Fig. 4. VUV光強度分布 (共鳴効果)

が得られる。 ω_2 レーザを $6^1S_0 - 8^1P_1$ 共鳴近傍で掃引したときに得られた最大出力は約240 Wであった。このとき、 ω_1 、 ω_2 レーザの出力はそれぞれ160 kW, 78 kWで、VUV 光への変換効率率は約 8×10^{-4} である。また、共鳴遷移近傍でのVUV 光出力スペクトルは、基本波強度とCdの密度によって大きく変化する。一例をFig.5 に示す。 $6^1S_0 - 9^1P_1$ 共鳴近傍で ω_2 レーザを掃引したときのVUV 光強度スペクトルである。高いCd密度に対してVUV 光出力が共鳴中心で飽和し、かつスペクトルが広がるのがわかる。

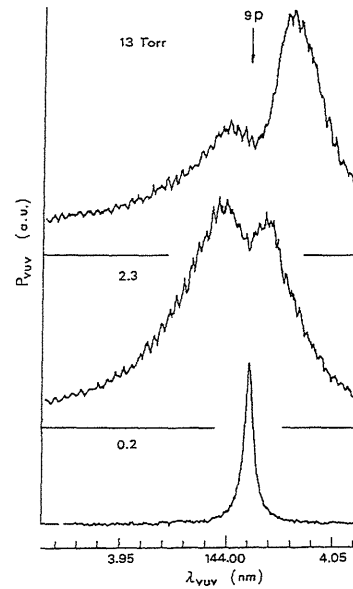


Fig. 5. VUV光強度分布 (9P近傍)

Fig. 6 は、2光子共鳴準位として 5^1D_2 , 6^1D_2 , 7^1S_0 を利用し、 ω_2 レーザとして (a)

Fluorescein 548, (b)Rhodamine 6G, (c)Rhodamine B, (d)Rhodamine 640, (e)DCM, (f)LDS 698 を用いて発生させたVUV 光の出力分布である。相対的な出力を比較するため、基本波強度は ω_1 、 ω_2 レーザとも10 kW (ω_2 レーザについてはピーク値)で、Cd圧力は10 Torr に保たれている。Figs. 4, 5の場合と異なり、 $\omega_{VUV} = 2\omega_1 + \omega_2$ がエネルギー的にCdのイオン化限界より大きいため、VUV 光の強度スペクトルに構造は現れない。

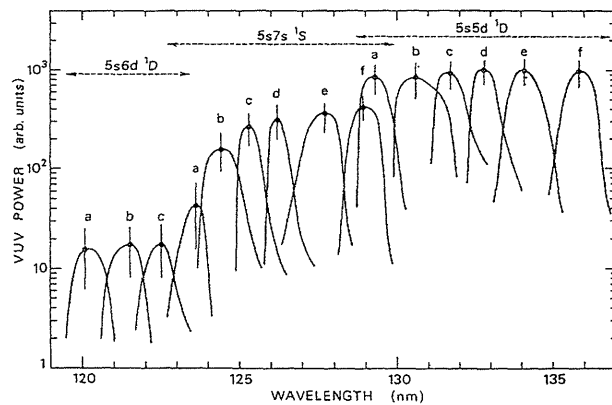


Fig. 6. VUV光強度スペクトル

Fig. 7 は、スペクトル分解能を評価するためこのVUV 光源を用いて観測したCOの吸収スペクトルである。10-3 nm以上離れた回転線が完全に分離されており分解能 $\lambda/\Delta\lambda \sim 10^5$ が得られている。

今後、このVUV 光源の応用実験を進めると同時に、波長可変コヒーレントXUV ($\lambda < 100$ nm) 光源の開発を行う予定である。

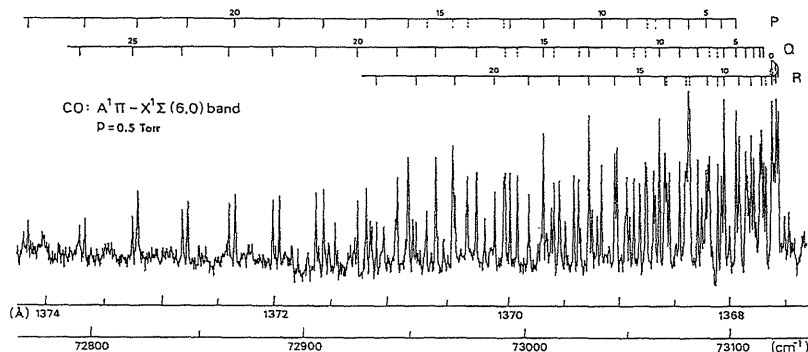


Fig. 7. CO の吸収スペクトル