

平成 25 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：レーザー共鳴イオン化を用いた希ガス不純物の安定的な除去に関する研究

英文：Studies on steady removal of noble gas impurities using laser resonance ionization

研究代表者 岩田 圭弘 (日本原子力研究開発機構・研究員)

参加研究者 関谷 洋之 (東京大学宇宙線研究所・助教)

研究成果概要

XMASS実験等のキセノンを用いた暗黒物質探索実験では、キセノンに極微量含まれるラドン (^{222}Rn) の連続的な除去がバックグラウンド低減に向けた重要な課題である。本研究では、キセノン中のラドンを選択的にレーザー共鳴イオン化し電場ドリフトさせて除去する手法について検討を進めている。今年度は、主に(1) 波長 145.2 nm真空紫外 (VUV) レーザーの安定化に向けた光学系開発、及び(2) 微量クリプトン含有アルゴンを用いた電場ドリフトの観測の2点を行った。

(1) 真空紫外レーザーの開発では、波長 212.6 nm 及び 396.8 nm のレーザー2本 (各々、パルス幅 5 ns, 数-10 mJ/pulse) を Kr/Xe ガスセルに入射し、図 1 に示した共鳴四波混合により波長 145.2 nm VUV 光を生成する。VUV レーザーの波長・出力安定性を向上するため、入力光の波長 212.6 nm 紫外レーザーを生成する上で図 2 のとおり光パラメトリック発生

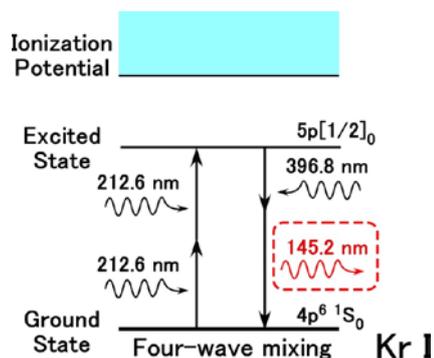


図 1 共鳴四波混合

(OPG) をベースとした共振器を組まない光学系に改良した。波長 1072.8 nm に調整した外部共振器型半導体レーザー (ECDL, ~30 mW の連続波, ϕ 2 mm) を励起光の波長 354.8 nm Nd:YAG レーザー第 3 高調波 (パルス幅 5 ns, ~30 mJ/pulse, ϕ 3 mm) とオーバーラップさせて BBO 結晶 4 個に導入し、波長変換: 354.8 nm \rightarrow 530.2 nm + 1072.8 nm により

~4 mJ/pulse の波長 530.2 nm 可視光を得た。図 3 に、開発した OPG 光学系と従来の共振器構造 OPO (光パラメトリック共振器) 光学系で比較した可視光波長の変動を各々赤・青で示す。表示の都合上、OPO データを 0.008 nm 足してプロットしている。また、Nd:YAG 励起光波長が両者で若干異なるため、対応する可視光波長の値も少しずれている。図 3 の波長変動に着目すると、共振器を組まない OPG 光学系に改良したことで波長が安定し、OPO 光学系で見られていたドリフトが起きないことが実証された。波長 530.2 nm 可視光と波長 354.8 nm 励起光との和周波発生により得られた波長 212.6 nm 紫外光の出力についても OPG 光学系により安定性の向上が確認された。以上の結果は、波長 145.2 nm VUV レーザーの波長・出力安定性向上につながるものである。

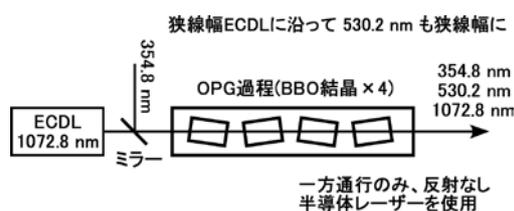


図 2 OPG 光学系の構造

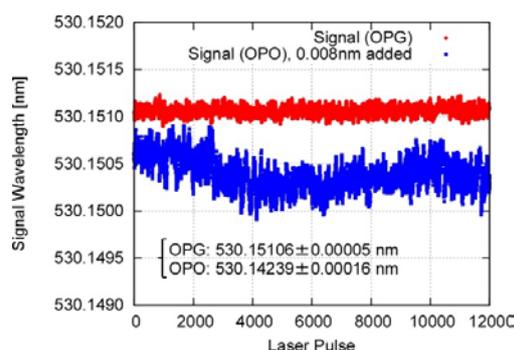


図 3 OPG と OPO の波長変動

(2) 電場ドリフトの観測では、濃度 10 ppm のクリプトンを含むアルゴンガスを 1 気圧で封じ込めた状態で、波長 212.6 nm 紫外レーザーを集光して照射した。生成したクリプトン共鳴イオン及び electron impact で二次的に生じたアルゴンイオンを 2 枚の電極平板で構成された 1 kV/cm 程度の電場でドリフトしオシロスコープで波形を観測した (図 4)。赤で示した数 μs 領域に見られるピークが電場でドリフトされた陽イオンを表している。

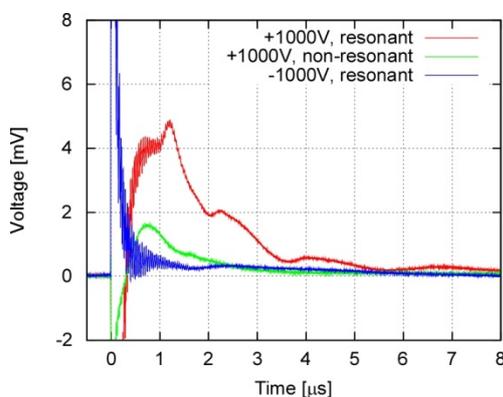


図 4 陽イオンの電場ドリフト

今後は、キセノン中のラドン除去に向けてラドン共鳴イオン化用 VUV レーザーの開発及び電場ドリフトシステムの構築を並行して進めていく予定である。