

平成31年度TIA連携プログラム探索推進事業「かけはし」 調査研究報告書(公開版)

【研究題目】 世界最高輝度VUV生成のための基礎技術と応用に関する調査研究

【整理番号】 TK19-044

【代表機関 ご所属】 東京大学 大学院工学系研究科原子力専攻

【調査研究代表者(氏名・連絡先電話番号、メールアドレス)】

長谷川 秀一 03-5841-7011 hasegawa@tokai.t.u-tokyo.ac.jp

【TIA内連携機関：連携機関代表者氏名・ご所属】

三宅 康博 高エネルギー加速器研究機構
藤原 健 産業技術総合研究所

【TIA外連携機関】

青山学院大学

【報告書作成者氏名】 長谷川 秀一

【報告書作成年月日】 2020年3月31日(火)

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

調査研究を推進するにあたり、6月に「世界最高輝度 VUV 生成のための基礎技術と応用」と題して第1回研究会を開催した。調査研究に参加する東京大学、高エネ研、産総研および青山学院大の代表および調査研究員に加えて、一般企業からの出席者も含めて真空紫外光の発生から応用に至るまでそれぞれの機関における研究の現状や応用について広い議論を行った。

東京大学にて行っている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希ガス不純物のクリプトン及びラドンを低減することが検出器感度を向上する上で必要不可欠である。本研究では、元素選択的なイオン化手法であるレーザー共鳴イオン化技術に着目し、線幅の狭い紫外又はVUVパルスレーザーを用いたキセノン中のクリプトン分析及びラドン除去手法の開発に関する検討を行っている。今年度は、暗黒物質探索等の宇宙素粒子実験を専門とする東京大学宇宙線研究所と共同利用研究を締結し、また調査研究員の岩田(東京大学)は研究分担者として科研費・新学術領域研究(研究領域提案型)「極低放射能技術の最先端宇宙素粒子研究への応用」の外部資金を得てレーザー装置等の整備を行うとともに、関係者間の定期的な打ち合わせにより要求される極低放射能技術全般に関する活発な議論を行った。

KEKにて行っている素粒子原子核物理研究におけるg-2/EDM超精密測定や物性研究におけるミュオンスピン緩和法では、エネルギー分散幅が極めて小さい超低速ミュオンの大強度化が求められている。超低速ミュオンの発生に必要な高輝度VUVパルスは全固体レーザーの出力をKrガス中の2光子共鳴4波混合により波長変換して生成する。この時の波長はミュオンと電子が結合した水素様なミュオニウムを効率よく共鳴励起イオン化するためライマン α 共鳴線に同調されている。これまでに数10 μ J程度のライマン α 光を発生し、その一部を利用して超低速ミュオンの発生には成功している。この光源技術の応用展開に関して東京大学と活発な議論を行った。

産総研ではVUVの検出用にガスの電離作用を用いた検出器の開発検討を行った。独自のガラスの微細加工技術を用いて、550 μ m厚のガラス基板に、直径170 μ mの高アスペクト比の微細孔を加工し、電極を両面に貼り付けることで二次元のガス電子増幅器を開発した。5.9keVの軟X線を用いた動作試験では増幅率 3.2×10^4 、エネルギー分解能18%を達成し、VUVの検出に十分な性能を確認できた。今後はVUV用にW値の低いTMAガスを添加や、検出器の窓材の検討を進める。

青山学院大学理工学部にて行っている、超蛍光(放射)現象を利用した新しいコヒーレント光源開発研究では、セシウム(或いはルビジウム)分光セル中の原子ガスをある条件下にてレーザー励起することで超蛍光を伴う四光波混合過程が誘起されることを見出し、この結果、指向性及び周波数安定性に優れたブルーコヒーレントライトパルスの生成及び観測に成功した。さらに、シード光

を利用することで生成されるコヒーレントライトパルスの波長を大きく制御することに成功した。このことは我々の知り得る限り初めての成果であり、本手法を用いてVUVを含む様々な波長の光を生成出来る可能性を示唆することができた。これらの研究結果に基づき、本光源技術の応用展開に関して東京大学と活発な議論を行った。

第2回研究会を3月に企画していたが、今般の新型コロナウイルスの感染拡大対応により中止としたため、深い連携研究に向けた議論が継続中である。

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

本年度は各機関が持つ研究背景や技術を相互に理解し、連携研究に向けた関係構築を行った。本調査研究では唯一実験予算の充当があったKEKでは以下に述べる基盤的な実験が実施された。

KEKのVUV発生では現在よりも1桁高い100 μ Jを超えるライマン α 光の発生が求められているが、現在発生している数10 μ JのVUVであっても長期の使用において光学素子が損傷する課題がある。一方で高輝度なコヒーレントVUVによる光学素子の損傷については基礎的な知見が不足しているため、フッ化リチウム窓とミラーについて光学特性の経時変化などの特性把握を試みた。窓ではカラーセンターによるVUV光の強い吸収が示されたが、この課題解決には材料そのものを見直して、微量のマグネシウム等を添加するなどの工夫が考えられる。また、ミラーでは表面への堆積物による反射率の低下が生じていることが明らかとなった。これは真空中に残留する炭化水素の付着と考えられ、NEGポンプによる雰囲気改善や酸素雰囲気中のVUV照射による炭化水素の還元が有効と思われる。

【今後の予定】

本年度は連携研究に向けた有意義な意見交換が実施されたが十分とは言えず、各機関が連携した予算獲得や共同研究契約の締結などに結びついていない。今後は意見交換のみならず共同の実験や技術の相互展開をはかり、外部資金獲得に向けた体制を構築したい。

以上