

立教大学学術推進特別重点資金(立教SFR)

個人研究

2022年度研究成果報告書

研究代表者	所属部局・職名	氏名
	理学部・助教B	桑原正輝
研究課題	超狭帯域 Lyman- α 校正光源の開発	
研究期間	2022年度	
研究経費 (1円単位)	(支出金額) 981,619円 / (採択金額) 984,000円	

研究の概要 (200~300字で記入、図・グラフは使用しないこと。)

吸光フィルタ法は水素ガス (H_2 もしくは D_2) を充填させたセルを用いる。セル内部のフィラメントに通電することで H, D を解離生成させ、天体から発せられた Lyman- α を吸収する。 H と D の Lyman- α は波長差が 33 pm と小さいが、 H_2 セルと D_2 セルを直列に配置し交互に通電することで、輝線を選択的に吸収する輝線分離装置となる。しかし、 H と D の Lyman- α を分離しその輝線幅を求めるためには、極めて高い波長分解能が求められる。そのため、得られるデータの価値を決定づける校正自体が極めて困難であるという問題を抱えている。

本研究では、エキシマ発光原理を用いた狭帯域 Lyman- α 光源の開発を行い、吸光フィルタ技術の汎用化に向けた機器校正システムの確立を目指す。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[惑星大気] [水素ライマンアルファ線] [誘電体バリア放電]

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

本研究では、まず Lyman- α 光源に用いる誘電体バリア放電機構の製作を行った。放電機構には両バリア方式を採用し、電極には銅板、誘電体には石英ガラスを用いた。放電パスを電極間に限定するために、フェノール樹脂で放電機構を覆う設計とした。

設計・製作した放電機構を真空槽内に設置し、窒素雰囲気下で放電実験を行った。本研究で開発を目指す Lyman- α 光源は、発光強度が強く光束がビーム状であることが理想である。誘電体バリア放電の発光強度や放電範囲は、印加電圧、周波数、ガス圧、電極面積、電極間距離に依存すると考えられる。これら 5 つのパラメータを変化させ発光強度を評価した。発光強度の指標には放電電流値を用いた。

まず、放電電流の印加電圧および周波数依存性を評価した。印加電圧は 1~20 kVpp、周波数は 1000~10000 Hz で変化させ放電電流を測定した。その他のパラメータは電極面積 10×10 mm、電極間距離 1 mm、ガス圧 10^5 Pa に固定した。この実験により、印加電圧を高くすると放電電流も単調増加するという結果が得られた。誘電体を平行平板コンデンサーとみなすと、誘電体間に流れる電流は電圧に比例する。今回得られた印加電圧依存性はこれと矛盾しない。一方、周波数に関しては、6000 Hz 程度までは周波数の増加に伴い放電電流も増加するが、それ以上の周波数では放電電流が横ばいとなった。周波数 6000 Hz 以上では、電極の極性反転速度 > 電子の移動速度となり電極に流入する電子の量が抑えられ、放電電流が飽和状態になると考えられる。

放電電流のガス圧依存性も評価した。ガス圧を 10^4 ~ 10^5 Pa で変化させ放電電流との関係を調べた。印加電圧は 10, 18 kVpp の 2 通り、それ以外のパラメータは電極面積 10×10 mm、電極間距離 1 mm、周波数 5000 Hz とした。印加電圧 10 kVpp の場合はガス圧 3×10^4 Pa 以上、印加電圧 18 kVpp の場合はガス圧 7×10^4 Pa 以上でバリア放電が確認された。それ以下の圧力では他のパスによる放電が確認された。この結果から、放電パスを制限し電極間でバリア放電を起こすためには高圧環境が必要であることがわかった。

電極間距離や電極面積に対する依存性も同様に評価した。電極間距離は 1, 2, 4 mm の 3 通り、電極面積は 5×5, 10×10, 5×30 mm² の 3 通りに対して実験を行った。その結果、放電電流は電極間距離が長くなれば減少する。一方、電極面積が大きくなればそれに伴い放電電流も増加する。これらは上と同様に誘電体をコンデンサーとみなせば容易に理解できる。電荷量は電極間距離を長くすると減少し、電極面積を大きくすると増加する。これが放電電流の増減につながる。

これまでの実験により窒素雰囲気下での誘電体バリア放電の傾向は掴めた。次に、ネオンと水素の混合ガス雰囲気下で放電実験を行った。この実験では、電極面積 5×30 mm²、電極間距離 1 mm、ガス圧 10^5 Pa (Ne:H₂= 10^4 :1 の割合) で、印加電圧と周波数を変化させ誘電体バリア放電を試みた。その結果、印加電圧 1.6 kVpp、周波数 4000 Hz でバリア放電を確認することができた。バリア放電可能な印加電圧が窒素雰囲気下に比べ低い理由は、放電開始電圧が窒素ガスよりもネオンガスの方が低いためと考えられる。この結果はパッシェンの法則と矛盾しない。

本研究では、Lyman- α 光源開発に向け放電機構を設計・製作し、窒素雰囲気下での誘電体バリア放電実験を行った。バリア放電時の印加電圧、周波数、ガス圧、電極面積、電極間距離に対する放電電流の傾向を把握し、窒素雰囲気下での最適なパラメータを導き出した。得られた知見をネオン・水素混合ガス雰囲気下に適用し誘電体バリア放電の成功まで進めることができた。しかし、ネオン・水素混合ガス雰囲気下でバリア放電により発光させることはできたものの、分光スペクトルを得るまでには至っていない。そのため、本研究で設計・製作した光源が Lyman- α をどの程度の強度で発しているかを今

研究成果の概要 (つづき)

後分光器を用いて確認し、窒素雰囲気下同様に印加電圧、周波数、ガス圧、電極面積、電極間距離のパラメータの最適化を行う必要がある。この結果を元に、Lyman- α 光源を完成させ、吸光フィルタ技術の汎用化に向けた機器校正システムの確立を目指す。

※この(様式2)に記入の、成果の公表を見合わせる必要がある場合は、その理由及び差控え期間等を記入した調書(A4縦型横書き1枚・自由様式)を添付すること。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ① 雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ② 図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③ シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④ その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

① 雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)

なし

② 図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)

なし

③ シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)

なし

④ その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

なし