

自己評価報告書

平成23年 5月11日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2008 ~ 2011

課題番号：20244036

研究課題名 (和文) 高強度パルスビームによる星の中での $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)$ 断面積測定研究課題名 (英文) Cross section measurements of $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)$ reactions by means of an intense pulsed beam

研究代表者

宮武 宇也 (MIYATAKE HIROARI)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

研究者番号：50190799

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学 ・ 素粒子・原子核・宇宙物理

キーワード：元素合成、原子核物理、加速器ビームハンドリング、天体核物理

1. 研究計画の概要

主系列星内の水素燃焼後のヘリウム燃焼殻で起こる $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ の反応率は、以降の重元素組成比を左右する重要な物理量である。本研究では新たな高強度アルファパルスビームと高効率 γ 線検出器の組み合わせで γ 線の多重極度の決定精度を高め、重心系反応エネルギー $E_{\text{cm}}=300$ keVでの外挿値を誤差10%以下で求める。上記目標を達成するために、本研究では、新しいビームバンチング法による高強度アルファパルスビームの供給を実現する。

外挿の精度を高めるためには、 $E_{\text{cm}}=3.5$ - 4.5 MeVでの γ 線角度分布測定によるR-Matrix解析の干渉パターン決定と $E_{\text{cm}}=2$ MeV近傍での高精度な γ 線角度分布測定で解析値のずれの原因を追及する事が重要となる。

ビーム強度の高いアルファパルスビームは、KEKの短寿命核ビーム装置(TRIAC)前段にある電子サイクロトロン共鳴型(ECR)イオン源からの連続アルファビームを、新たに製作する小型バンチャーでバンチし、TRIACの重イオン線形加速器で加速することで、この条件をクリアする。

2. 研究の進捗状況

高強度 α ビームのバンチング法は、計画当初3台のプレバンチャーによるバンチングを予定していた。しかし検討の結果、1台のプリバンチャーとビームチョッパーの組み合わせで効果的にビームバンチングする、全く新しい方法が見いだされた。詳細なビームシミュレーションを元に、2つの加速ギャップと1つの加速空洞からなる1台のプレバ

ンチャーと、幅10mmの薄板電極を積み上げた多層型ビームチョッパーを開発し、実験条件を充たす時間構造(2~4 MHz, 半値幅20ns以下)を持つ高強度(約6 μA)パルスビーム生成に成功した。

平行して99.9%純度の ^{12}C 水冷式標的システムと 10^{-7}Pa の高真空度を維持できる標的真空箱を製作した。また、 γ 線の角度分布から、E1/E2成分の分離を行うために、大型のNaI(Tl) γ 線検出器を標的真空箱の周囲に3台配置して、本実験を行った。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している
(理由)

本測定は、研究計画通り $E_{\text{cm}}=2.1, 2.3, 3.4$ MeVのエネルギー点で行うことができた。現在取得データを解析しており、研究期間内の論文公表を目指している。このエネルギー領域では、 $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)$ 以外の予期せぬ反応による γ 線が多く、E1/E2成分の精度の良い分離を妨げている。他方、新たな原理によるビームバンチング装置については、これまでに学会等で報告して来たが、その原理、特徴、性能についての総合論文を執筆中である。

4. 今後の研究の推進方策

(1) このエネルギー領域での高精度測定をさらに進めて行く上では、バックグランド γ 線の由来追求が最も重要となることから、測定に用いた高純度標的の成分分析を急いでいる。最終的には、 $E_{\text{cm}}=300$ keVに出来るだけ近い低エネルギーかつ高強度 α ビームによる測定を目指している。本研究による新ビ

ームバンチング法により高強度ビーム生成はめどが立った。他方、高強度ビームに耐える高純度 ^{12}C 標的の開発が途上であり、成分分析とともに、実験条件を満たす標的の開発を推進している。

(2) 天体における爆発的元素合成では、安定な元素がない質量数 5、8 を超える一連の核反応率決定が重要であり、本研究の $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ の他に、 ^8Li が関与する反応率の系統的測定を平行して進めて来た。これらの軽い質量数の核反応データを基礎に、超新星爆発時における重元素合成過程、特に金・白金等の元素を速い中性子捕獲過程で生成して行くための天体環境の詳細な研究を推進して行く予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 22 件)

- ① Development of the GEM-MSTPC for measurements of low-energy nuclear reactions, K. Yamaguchi, H. Ishiyama, Y.X. Watanabe, H. Miyatake, Y. Hirayama, N. Imai, H. Makii, Y. Fuchi, S.C. Jeong, T. Nomura, Y. Mizoi, S.K. Das, T. Fukuda, T. Hashimoto, I. Arai, Nucl. Instrum. Meth. A623 (2010) 135-137 査読有り
- ② BEAM TEST OF SAWTOOTH-WAVE PRE-BUNCHER COUPLED TO A MULTILAYER CHOPPER, M. Okada, H. Ishiyama, I. Katayama, K. Niki, H. Miyatake, Y.X. Watanabe, H. Makii, S. Arai, Proceedings of the 1st International Particle Accelerator Conference (IPAC'10), Kyoto, Japan, May 23-28, 2010, pp. 3906-3908, 査読無し
- ③ DESIGN AND TEST OF 2-4MHz SAWTOOTH-WAVE PRE-BUNCHER FOR 26MHz-RFQ, K. Niki, H. Ishiyama, H. Miyatake, M. Okada, Y.X. Watanabe, H. Makii, S. Arai, Proceedings of the 1st International Particle Accelerator Conference (IPAC'10), Kyoto, Japan, May 23-28, 2010, pp. 3903-3905, 査読無し
- ④ E1 and E2 cross sections of the $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ reaction using pulsed α beams, H. Makii, Y. Nagai, T. Shima, M. Segawa, K. Mishima, H. Ueda, M. Igashira, and T. Ohsaki, Phys. Rev. C 80 065802-1-16 (2009). 査読有り
- ⑤ A new measurement of the astrophysical

$^8\text{Li}(d, t)^7\text{Li}$ reaction, T. Hashimoto, H. Ishiyama, Y.X. Watanabe, Y. Hirayama, N. Imai, H. Miyatake, S.C. Jeong, M.-H. Tanaka, N. Yoshikawa, T. Nomura, S. Mitsuoka, K. Nishio, T.K. Sato, A. Osa, S. Ichikawa, M. Matsuda, H. Ikezoe, S.K. Das, Y. Mizoi, T. Fukuda, A. Sato, T. Shimoda, K. Otsuki, T. Kajino, Phys. Lett. B674, 276-280 (2009). 査読有り

[学会発表] (計 34 件)

- ① A new approach for next TRIAC (invited talk), H. Miyatake, The 2nd ANPHA Symposium -Rare Isotope Accelerator Facility: KoRIA-, 2010. 10. 1 - 2, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea
- ② BEAM TEST OF SAWTOOTH-WAVE PRE-BUNCHER COUPLED TO A MULTILAYER CHOPPER, M. Okada, H. Ishiyama, I. Katayama, K. Niki, H. Miyatake, Y.X. Watanabe, H. Makii, S. Arai, 1st International Particle Accelerator Conference (IPAC'10), Kyoto, Japan, May 23-28, 2010.
- ③ E1 and E2 cross sections of the $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ reaction at $E_{\text{eff}} \sim 1.2$ MeV using pulsed alpha beams, H. Makii, H. Ueda, Y. Temma, Y. Nagai, T. Shima, S. Fujimoto, M. Segawa, M. Mishima, J. Nishiyama, M. Igarashi, The 10th. International Symposium on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies (OMEG10), March 8-10, 2010, RCNP, Osaka University
- ④ Tokai Radioactive Ion Accelerator Complex (TRIAC): present and future (Invited talk), S.C. Jeong for TRIAC collaboration, International Symposium on Exotic Nuclei (EXON2009), Sochi, Russia, 28 Sept.-2 October 2009
- ⑤ $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)$ 実験の準備状況について、宮武宇也、第 5 回停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会、大阪、2008 年 12 月 24~25 日

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他] なし