

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19204024

研究課題名(和文) 不安定核の二次核反応による中性子多体系の研究

研究課題名(英文) Multi-neutron system by secondary reaction of unstable nuclei

研究代表者

下浦 享 (SHIMOURA SUSUMU)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：10170995

研究代表者の専門分野：原子核物理学(実験)

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：不安定核ビーム、中性子多体系、二重荷電交換反応、ノックアウト反応、高分解能磁気分析器、中性子ドリップライン

1. 研究計画の概要

本研究は、不安定核ビーム(RIビーム)の中間エネルギー直接反応を用いて、3および4中性子系、超重水素同位体 6,7H および中性子ドリップラインを超えた軽い原子核を生成し、そこに発現する中性子相関を調べることにより、中性子多体系のダイナミクスを解明することを目的とする。具体的には、核子あたり 100-200 MeV の二重荷電交換反応および ノックアウト反応の測定を行い、実験で得られる反応断面積、質量欠損スペクトルおよび崩壊との相関の分析により中性子の多体相関のダイナミクスの解明をめざす。

2. 研究の進捗状況

(1) 高分解能磁気分析器 SHARAQ 焦点面検出器(CRDC)の開発

本研究で測定する中間エネルギーの粒子を含む軽い重イオンの焦点面における飛跡を測定する検出器の開発を行った。高分解能を実現するために物質量の少ない検出器として、低ガス圧で動作する CRDC(Cathode Readout Drift Chamber)を設計・製作し、ビームを用いた性能評価を行った。有感領域 55cm×30cm の検出器 2 台で構成され、分割カソード(1024 チャンネル)に誘起される電荷分布の重心を求めることにより、半値幅 300 μm 以下の分解能が得られた。また、隠しあたり 200-300 MeV の水素、ヘリウム、リチウム等の同位体に対して、99%以上の検出効率が得られることを実証した。

(2) ビームライン検出器の開発

本実験で用いる 8He ビームの飛跡を高精度

で測定するため、低圧動作型多芯線ドリフトチェンバーで構成される検出器を製作し、核子あたり 250-350MeV の t, 3He, 6He, 6Li 等の粒子に対する基本性能評価実験を実施した。いずれの粒子に対しても検出効率 90%以上、位置分解能 250 ミクロン以下(半値全幅)を達成した。これらは本研究のために十分な性能である。

10 倍以上の高計数率化、時間測定精度の向上をめざして、ダイヤモンドを用いた新しい検出器開発も進めている。

(3) 多チャンネル検出器のためのデータ収集システムの開発

CRDC の多数の信号処理として、フランスで開発された前置増幅器にマルチプレクサを組み込んだ ASIC を用いることとし、これを製作し、計画どおり動作することを実証した。電荷-時間変換器(QTC)、Multi-Hit TDC および Flash ADC といったデッドタイムのほとんどないアナログデジタル変換器を高速で読み出すためのシステムを製作した。

さらに数十メートルの範囲に分散した数箇所の検出器群からのデータを各場所で収集し、それらをネットワークで統合するシステムを構築し、スケーラブルなデータ収集システムとして動作させることに成功した。

(4) 反跳粒子検出器の開発

二次核反応で反跳される、水素同位体および中性子をコンパクトに検出するための装置として、ファイバー状のシンチレータと多アノード光電子増倍管で構成される検出器の開発を進めている。

(5) ノックアウト反応モデルの検討

中間エネルギー領域では、インパルス近似がよい精度で適用可能であることがわかり、それに基づくモデルの検討を始めた。粒子ノックアウトに関しては、分光学的因子の見積もりが必要であるが、殻模型とクラスター模型の関連についての研究を進めている。

(6) 二重荷電交換反応のモデル計算
二重荷電交換反応に関するモデル計算のための計算コードを整備し、遷移密度の計算を始めた。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

本研究で開発を予定していた主要な検出器システム、および実験実施のための詳細な検討が当初どおり進められた。新規製作を予定していた実験装置の一部は現存のものを再利用する方式で効率化を図ってきた。理化学研究所 RI ビームファクトリーの運転経費の予算が計画当初の想定より少なく、研究計画で予定していたビームタイムが十分に獲得できないため、ビームを用いた実験の実施は当初計画より遅れている。この状況を補うことをめざし、より効率的に実験を遂行するための検出器開発およびデータ収集システムの構築を行っており、全体として当初計画でめざした成果が得られると考えている。

4. 今後の研究の推進方策

実験装置の製作はほぼ完了しているので、加速器を用いたコミショニングおよび本実験のための調整、小規模の改良等を進める。年度の始めに実験提案を行い、年度の半ばにコミショニング、後半に本実験を実施する予定である。

並行して反跳粒子測定器を製作し、当初計画を超えた多粒子相関の直接測定による実験をめざす。

データ解析手法はほぼ確立しているので、実験実施後速やかに実験結果をまとめ物理成果を得るとともに、反応および構造に関する理論的なモデル計算をすすめる予定である。

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4件)

1. S. Shimoura: High-resolution spectroscopy using direct reactions of RI beams, AIP Conference Proceedings **1120** (2009) 59-63

2. S. Shimoura: SHARAQ spectrometer and GRAPE, Nuclear Instr. and Meth. B **266** (2008) 4131-4136

3. S. Shimoura: Direct reactions of Borromean nuclei, AIP Conference Proceedings **1011** (2008) 293-296

[学会発表](計8件)

1. 川瀬頌一郎、大田晋輔、馬場秀忠、下浦享、上坂友洋: “300MeV/u における ^{208}Pb , $^{90}\text{Zr}(t,^3\text{He})$ 反応を用いた荷電荷電時間変換回路(QTC)の性能評価”, 日本物理学会第65回年次大会 岡山大学津島キャンパス 3/20-23, 2010

2. S. Shimoura: “Recent developments of radiation detector systems for RIBF experiments”, Workshop on developments of new scintillator detectors for gamma spectroscopy and imaging, 2009年11月16日, イタリア ミラノ大学

[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