

課題番号 : F-13-NU-0039
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : 超微粒子原子核乾板における方向感度を持った暗黒物質検出器としての検出器性能評価
Program Title (English) : Evaluation of the Detector for the Directional Dark Matter Search with Fine-Grained Nuclear Emulsion
利用者名 (日本語) : 中 竜大^{1), 2)}, 浅田 貴志³⁾
Username (English) : T. Naka^{1), 2)}, T. Asada³⁾
所属名 (日本語) : 1) 名古屋大学高等研究院, 2) 名古屋大学素粒子宇宙起源研究機構・現象解析研究センター, 3) 名古屋大学大学院理学研究科
Affiliation (English) : 1) Institute for the Advanced Research, Nagoya University, 2) Kobayashi-Maskawa Institute for The Oringin of Particles and The Universe, Nagoya University, 3) Graduated School of Science, Nagoya University

1. 概要 (Summary)

原子核乾板とは、放射線など荷電粒子の飛跡を高分解能に検出できる特殊な検出器である。現在、原子核乾板は、名古屋大学において独自開発・製造を行っており、特に、申請者らが開発した超微粒子原子核乾板は、20 - 40nm 程度の高密度の超微細なハロゲン化銀結晶から構成され、1 μm 以下の極短の粒子飛跡をも検出できる。これを用いた実験として、方向感度を持った暗黒物質検出実験が提案されており、現在、そのための検出器開発が進められ、イオン注入装置は、我々が検出したい暗黒物質シグナル(暗黒物質による反跳原子核シグナル)を疑似的に作ることができるため、検出器の性能評価として最適なツールである。ここでは、イオン注入装置を用いて、サブミクロン飛跡の解析研究を行った。

2. 実験 (Experimental)

本研究は、イオン注入装置による低速イオン、および、試料として、独自開発したハロゲン化銀結晶サイズ約 40nm の超微粒子原子核乾板を用いた。

本研究では、イオン注入装置によって、Kr 200 (Kr^+ , 200 kV), 300 (Kr^{2+} , 150 kV), 400 keV (Kr^{2+} , 200 kV) を原子核乾板表面に、水平から 10° および 90° の角度に、設定 Dose 量 $2 \times 10^7/\text{cm}^2$ 程度で注入した。その後、新たに開発した金沈着現像法を用いて現像し、光学顕微鏡による解析を行った。ここで、光学顕微鏡は、NA1.45 \cdot x100 の対物レンズ、解析波長は青(平均 440 nm)によるアップグレードされた落射光学系によって行われた。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

200, 300, 400 keV における原子核乾板中での平均飛程は、それぞれ 120, 180, 240 nm 程度である。このような極短の飛跡に対して、独自に開発した原子核乾板が十分に方向情報を取り出せるかを評価した。

本研究で用いた光学顕微鏡の実行分解能は、60nm のサイズを持つ銀ナノ粒子の点広がりからの見積もりで 233nm である。このような光学系を用いて検出された事象を画像処理による形状認識によって、特に飛跡らしい事象を選別し、測定された角度分布と、TRIM による MC シミュレーションによる角度分布から、検出器が持つ角度分解能を評価した。結果として、検出器の持つ分解能が 25° であり、飛跡認識可能な閾値周辺における実行的な分解能は、200 keV の Kr 解析から 32° であることが明らかになった。これは、本実験の目的である暗黒物質探索実験において、十分な分解能が得られることを示した重要な結果である。

4. その他・特記事項 (Others)

なし。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

桂川貴義、浅田貴志、中竜大 等, 日本物理学会年次大会, 平成 26 年 3 月 29 日.

6. 関連特許 (Patent)

なし。