

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：82118

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K13413

研究課題名(和文)ダイヤモンドナノ結晶による干渉性散乱を利用した中性子減速材の開発

研究課題名(英文) Neutron Reflector using Diamond Nano Particle

研究代表者

三島 賢二 (Mishima, Kenji)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・特別准教授

研究者番号：20392136

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：中性子が大きさの揃った物質と散乱する場合、中性子波の干渉によりその散乱断面積が増加する。この干渉性散乱を利用した中性子反射材料としてダイヤモンドナノ結晶(DNP)が現在注目されている。近年直径5nm程度のDNPが安価に入手可能になっており、中性子反射材への応用が期待されている。本研究では市販で購入したDNP結晶を用いた。DNP結晶は密度0.5 g/cm³の通常粉末状であるが、プレス加工を行うことで1.1 g/cm³の固形に整形することに成功した。その中性子微分散乱断面積の測定を行い、干渉性散乱により断面積が¹²C単体の場合に比べ約2,500倍に増加することを確認した。

研究成果の概要(英文)：Diamond nano particle (DNP) is expected to be a new neutron reflector material because it has huge scattering cross section due to its form factor. In recently, chemically-pure and uniform-sized DNP can be provided inexpensively, hence application of DNP as neutron reflector takes on a reality. DNP is powdery with bulk density of ~0.5 g/cm³. We succeeded to increase the bulk density up to 1.1 g/cm³ by applying pressure of 150 MPa. We measured the differential cross section. The differential scattering cross section was about 2,500 times more than single ¹²C nucleus due to the coherent scattering.

研究分野：中性子物理

キーワード：ダイヤモンドナノ結晶 中性子反射材 中性子散乱

1. 研究開始当初の背景

中性子は電荷をもたないため強い透過力を持ち、また、熱中性子のドブロイ波長が 1.8\AA という一般的な固体の原子間距離と同程度の波長をもつため、イメージングや中性子散乱を利用した構造解析等に幅広く用いられている。

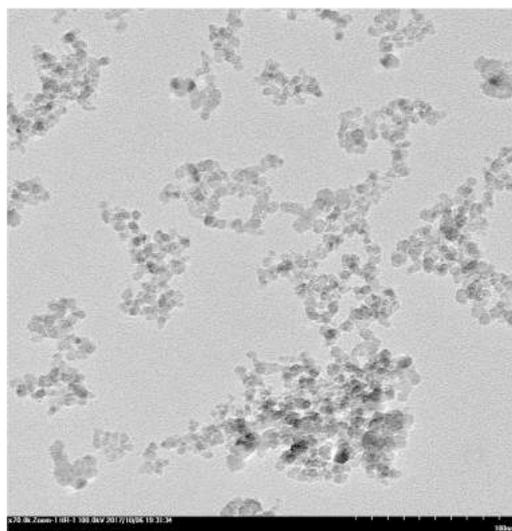
近年その需要はますます高まっており、メガワット級大型加速器を用いた核破砕中性子源が世界に建設、計画されている。ただし、加速器も核破砕ターゲットも強度的に限界に近づいており、これ以上の増強は難しい状況にある。

2. 研究の目的

本研究では、干渉性散乱による散乱断面積増幅効果を利用した新しい概念の中性子減速材の開発とその原理実証を目的とする。中性子が結晶のような原子間隔の揃った物質と散乱する場合には中性子波の干渉により、その散乱断面積が増加することが知られている。本研究ではダイヤモンドナノ結晶(DNP)を中性子減速材に組み込むことにより中性子源の効率を増大させることを目標とする。

3. 研究の方法

DNP は主に産業用途として近年広く用いられており、その種類も用途によって様々なものが市販されている。本研究では購入したDNPの中性子散乱データを取得した。中性子散乱データはJ-PARC物質生命科学実験施設の高強度全散乱装置NOVAを用いて行った。得られた中性子散乱データの評価を行った。

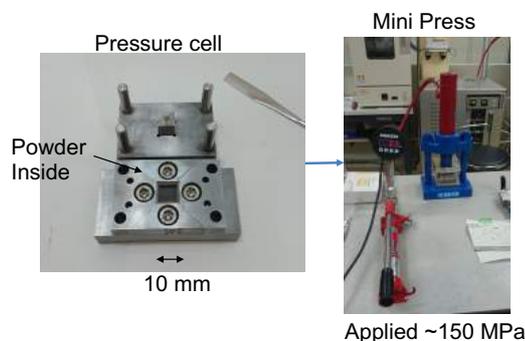


DNPのTEM像

4. 研究成果

(1) 中性子反射材利用のための高密度化に成功

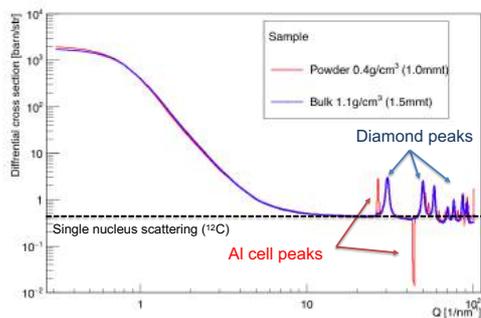
DNPは通常粉末状であり、かさ密度は 0.4 g/cm^3 とダイヤモンドの密度 3.1 g/cm^3 に比べて $1/7$ 程度である。中性子反射材として利用するためにはダイヤモンド密度の $1/2$ 程度である 1.5 g/cm^3 が理想である。本研究ではかさ密度を向上させるために専用の圧力容器を作成、 150 MPa の圧力を印加することにより 1.1 g/cm^3 の固体状に整形することに成功した。この技術により中性子反射材として利用する場合、中性子をより小さい体積に閉じ込めることが可能になり、反射体としての性能向上が見込める。



本研究で開発した圧力容器と加圧システム

(2) 中性子微分散乱断面積の測定と評価

J-PARC 物質生命科学実験施設の高強度全散乱装置 NOVA を用いて微分散面積の測定を行った。測定は粉末及び圧縮した固体サンプルについて行った。運動量移行 1nm^{-1} の領域での微分散面積 1000 barn/str と通常の散乱の $2,500$ 倍の増加が測定された(下図参照)。DNP の微分散乱断面積測定結果。粉末と固体で大きな差は見られなかった。



DNP の微分散乱断面積測定結果。粉末と固体で大きな差は見られなかった。

5. 主な発表論文等

(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 0 件)

[学会発表] (計 6 件)

①“ダイヤモンドナノ結晶による干渉性散乱を利用した中性子反射材の開発”

三島賢二, 大友季哉, 池田一貴, 大下秀敏, 2017/12/02 日本中性子科学会 第 17 回年会, 福岡大学七隈キャンパス, 福岡市, 口頭発表

② “Neutron Reflector using Diamond Nano Particle”

Kenji Mishima, Toshiya Otomo, Kazutaka Ikeda, Hidetoshi Ohshita, The International Collaboration on Advanced Neutron Sources ICANS XXII, 2017/Mar/31st, Said Business School,

University of Oxford, Oxford, UK, Oral presentation

③ “Neutron Production Reactions”

Kenji Mishima, 2nd workshop of Concept of Neutron Sources, 2017/Mar/7th, J-PARC Center building408, Tokai, Ibaraki, Japan, Oral presentation

④ “New ideas for neutron production”

Kenji Mishima, Toshiya Otomo, Kazutaka Ikeda, Hidetoshi Ohshita, AFAD2017, 2017/Jan/17th, Institute of Modern Physics, Lanzhou, China, Oral presentation

⑤ “Pulsed Neutron Sources by Compton Gamma-ray Beams”

Kenji MISHIMA, Nuclear Photonics 2016, 2016. Oct.20th, Monterey, USA, Invited talk

⑥ “Neutron source using photons”

Kenji Mishima, Concepts of neutron sources (CoNS), 2015/Oct/12th, Tokai, Ibaraki, Japan, Oral presentation

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

三島 賢二 (MISHIMA KENJI)

高エネルギー加速器研究機構・物質構造
科学研究所・特別准教授
研究者番号：20392136

(2)研究分担者

田崎 誠司 (TASAKI SEIJI)

京都大学・工学研究科・准教授
研究者番号：40197348