

赤外レーザー加熱焦電結晶を用いた中性子源の開発

Development of neutron source using IR heated pyroelectric crystal

阪大基礎工 ○阿保 智、野見山 大地、若家 富士男

Osaka Univ., ○Satoshi Abo, Daichi Nomiyama, Fujio Wakaya

E-mail: s-abo@stec.es.osaka-u.ac.jp

【背景・目的】

中性子ビームはガン治療や中性子イメージングなどに用いられており、その需要は高まってきている。中性子発生には、加速器や放射性同位体が用いられているが、可搬性や安全性の点で問題があり解決策が求められている。可搬性と安全性に優れた中性子源として、焦電結晶を用いた中性子源が B. Naranjo らにより報告された [1]。焦電結晶は数 mm の結晶であっても、数十 °C の温度変化で、100 kV を超える高電圧を結晶の両端に発生できる。焦電結晶を用いた中性子源では、この高電圧で重水素イオンを加速し重水素化ポリマーを塗布したターゲットに衝突させることで D-D 反応を起こしている。その後、様々な研究グループにより改良されているが、未だ手のひらサイズより小さな中性子源は実現していない。我々の研究グループでは同様の構造を用いた X 線源で、指先サイズを実現している [2]。焦電結晶を用いた中性子源の指先サイズへの小型化を最終目的とし、本研究では、小型化のための構造の検討並びに中性子発生実験を行った。

【構造検討・実験・結果】

これまでの焦電結晶を用いた中性子源では、2つの焦電結晶を対向させて用いることで発生する高電圧を倍増させている。また、結晶の加熱には電熱線やペルチェ素子が用いられている。これに対して、本研究では、結晶を1つに減らし、赤外レーザーで加熱することで小型化を考えた。Fig. 1 に本研究で用いる中性子源の中性子発生過程を示す。重水素雰囲気の中の真空中に焦電結晶と重水素化ポリマーを塗布した銅電極を配置し、結晶背面を赤外レーザーで加熱することで、結晶の-Z面と対向電極の間に高電圧を発生させる。

真空チャンバー内で単一の LiTaO_3 焦電結晶 (4 mmφ, 10 mm) に重水素化ポリスチレンを塗布した銅薄膜を 6 - 14 mm 離して対向させた。焦電結晶の背面には中心にレーザーを通すための貫通穴を設けた背面電極を貼り付け、微小電流計を介して、対向電極と接続した。対向電極の後方には X 線検出器を、また、その側には中性子検出器を配置した。ベース真空 (3×10^{-4} Pa) まで排気後、 D_2 ガスを $3 \times 10^{-2} - 3 \times 10^1$ Pa の範囲で導入した。加熱には、1047 nm、1 W の Nd:YLF レーザーを用いた。 D_2 圧力: 3×10^{-1} Pa, 焦電結晶-対向電極間距離:14 mm の条件で 2.5 kBq の中性子源に相当する中性子線量を実現した。

【まとめ】

焦電結晶を1つ、結晶の加熱に赤外レーザーを用いる系で中性子発生を実現した。講演では、中性子線量、電流、X線量およびエネルギースペクトルの時間変化についても議論する。

【謝辞】

本研究は、旭硝子財団の助成を受けた。

[1] B. Naranjo, *et al.*, Nature **434** 1115 (2005). [2] 上里ら, 第 75 回春季応物 19p-A14-10 (2014).

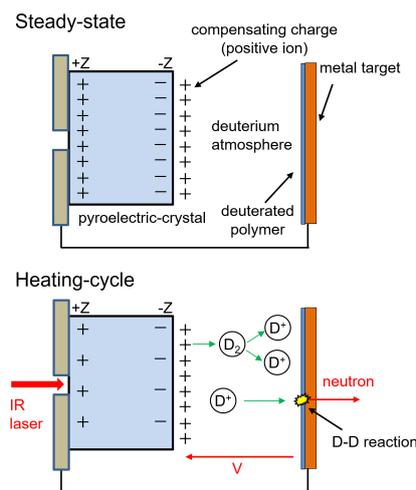


Fig 1: Schematic diagram of the neutron source with pyroelectric crystal and neutron generation process.