

レーザー加熱焦電結晶を用いたポータブル X 線源・中性子源の開発

Development of portable x-ray and neutron sources with laser heated pyroelectric crystal

阪大院基礎工¹, 静大電研² ○阿保 智¹, 若家 富士男¹, 増澤 智昭², 三村 秀典², 高井 幹夫¹

Osaka Univ.¹, Shizuoka Univ.², ○S. Abo¹, F. Wakaya¹, T. Masuzawa², H. Mimura², M. Takai¹

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

【背景】

焦電結晶は結晶内部に自発分極を持ち、温度変化に伴いその大きさが変化する（焦電効果）。この焦電効果を用いると、外部高圧電源無しで焦電結晶表面と対向電極間に数十 kV もの高電圧を発生させることができる。発生した高電圧で電子を加速し対向電極に衝突させることで X 線を発生させる X 線源 [1] や、重水素イオンを加速し重水素化ポリマーを塗布した対向電極に衝突させることで中性子を発生させる中性子源 [2] の製品化および開発が行われている。これらの線源では、焦電結晶の加熱に電熱線やペルチェ素子が用いられており、熱源に電流を輸送する配線や加熱機構の大きさのため小型化に限界があることが問題である。この問題を解決するため、我々の研究グループでは、焦電結晶の加熱にレーザー光を用いている [3]。レーザー光の輸送を光ファイバーで行うことで電流輸送と比較し配線を細くできることと、加熱機構を線源に組み込む必要が無いため小型化ができることにより、ポータブル線源が実現できると考えている。

【実験・結果】

真空チャンバー内で、タンタル酸リチウム (LiTaO_3) 結晶に厚さ $10 \mu\text{m}$ の銅薄膜電極を対向させ、真空度、結晶の大きさ、結晶-対向電極間の距離をパラメータとし、様々な条件での X 線放出特性を評価した。典型的な X 線エネルギースペクトルの例として、Fig. 1 に、直径 5 mm、厚さ 4 mm の LiTaO_3 に表面から 6 mm 離れた距離に銅対向電極を設置し、0.9 W の Nd:YLF レーザを 90 秒間照射した時の X 線エネルギースペクトルを示す。制動放射 X 線、および、銅、鉄、クロムの特性 X 線が観測されている。次に、ポータブル X 線源実証のため、 LiTaO_3 を直径 10 mm、長さ 10 mm のガラス管に封止し、光ファイバーで輸送したレーザー光により結晶を加熱し発生する X 線の特性を評価した。小型化した場合であっても、真空チャンバーの場合と同様の X 線エネルギースペクトルと時間応答結果を得た。最後に真空チャンバー内に重水素ガスを導入し、対向電極表面に重水素化ポリマーを塗布して、同様の構造で電子ではなく重水素イオンを加速し中性子発生の実験を行った。中性子の発生量は少なかったが、簡単な構造で中性子の発生が可能であった。

【謝辞】

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP23360022、旭硝子財団、生体医歯工学共同研究拠点の支援を受けたものです。

[1] Amptek, COOL-X X-ray generator

<https://www.amptek.com/internal-products/obsolete-products/cool-x-pyroelectric-x-ray-generator>

[2] B. Naranjo, *et al.*, Nature **434**, 1115 (2005).

[3] K. Nakahama, *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B **32**, 02B108 (2014).

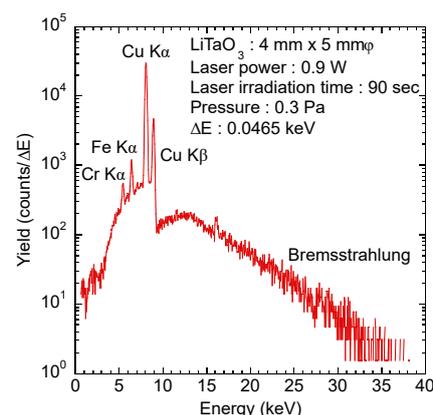


Fig 1: Energy spectrum of x-rays from the counter copper target of the LiTaO_3 crystal heated for 90 sec via Nd:YLF laser irradiation.