

焦電性結晶の熱励起により発生する X 線強度の安定性に及ぼす 結晶形状の影響に関する研究

Study on the Effect of Crystal Shape on the Intensity-stability of X-rays
Emitted by Thermal Excitation of Pyroelectric Crystals

○西村 駿哉¹, 佐藤 祐喜¹, 伊藤 嘉昭², 吉門 進三¹ (1. 同志社大院理工, 2. 京大化研)

○Shunya Nishimura¹, Yuuki Sato¹, Yoshiaki Ito²

Shinzo Yoshikado¹ (1.Doshisha Univ., 2.ICR, Kyoto Univ.)

E-mail: syoshika@mail.doshisha.ac.jp

【はじめに】 現在一般的に X 線発生に用いられているのは X 線管を用いた発生法である。しかし高電圧源が必要不可欠であるため、装置として大型になる欠点がある。ここで本研究では X 線発生装置の小型化するために、焦電性結晶の熱励起による X 線発生法に注目した。この方法では分極を揃えた焦電性結晶の温度を変化させることで高電界が発生し、これにより真空中において電子を加速して結晶やそれに対向するターゲットに衝突させて制動放射により X 線が発生する^[1]。しかし現段階では X 線管を用いた発生法に比べ、発生する X 線は断続的、不安定、強度が小さい。その内、不安定性は結晶の沿面で発生する放電によるものである。先行研究より、直方体形状の焦電性結晶を用いた場合、沿面放電は結晶によって作られる電界強度が大きい結晶のエッジ部分で生じていることが分かっている。沿面放電が生じると一時的に高電界が消滅し X 線発生が不安定となる。前回までの研究でそこで結晶のエッジ部分が少ない形状、例えば半球形状にすることで電界強度の偏りが緩和され、不安定性が改善されることを報告した。しかし直方体形状を用いた場合と比べて、X 線強度が小さくなった。今回は X 線強度が小さくなった原因として結晶の大きさ (体積) に起因すると考え、半球形状結晶の大きさを変化させその影響について評価した。

【実験方法】 焦電性結晶として c 軸 (z 軸) 方向に分極を揃えた LiTaO₃ 単結晶 (山寿セラミックス) を用いた。半径が $r = 2.5 \text{ mm}$ (半球 1), 5 mm (半球 2) である半球形状の結晶を用いた。-z 面を半球面、+z 面を底平面とした。半球状結晶の頭頂部から距離 $d = 10 \text{ mm}$ の位置に厚さ $20 \mu\text{m}$ の Cu 箔ターゲットに対向させ、結晶の+z 面をペルチェ素子に導電性テープで固定した。筐体、ターゲット、結晶の+z 面は電気的に接地した。真空容器内の圧力を約 $2 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ とした。三角波電圧をペルチェ素子に印加することにより、結晶の温度を周期的に変化させた。温度変化の周期を 1000 秒とした。温度変化幅 $\Delta T = 40, 50, 60^\circ\text{C}$ とした。AMPTEK 社製の Si 検出器 (XR-100CR Si-PIN X-Ray Detector) およびマルチチャンネルアナライザを用いて X 線のスペクトル強度を 80 周期間測定した。

【実験結果】 Fig. 1 に ΔT , 結晶の半径 r を変化させたときの X 線光子の周期ごとの平均計数率を示す。Table1 にその平均計数率を全周期で平均化した値を示す。半径の小さい半球 1 を用いた場合、半球 2 の場合と比較して X 線強度は小さく、 $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ では 0.056 倍、 $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ では 0.043 倍、 $\Delta T = 60^\circ\text{C}$ では 0.013 倍と ΔT を大きくするにしたがって X 線強度比が小さくなった。半球 1 の体積は半球 2 の体積の 0.125 倍であるから X 線強度は結晶の体積には正比例せず、むしろ結晶の大きさを大きくする方が単位体積あたりの X 線強度が増加することが分かった。半球がターゲット位置に作る電界の z 方向成分は、分極ベクトルの大きさが等しいと仮定して計算した場合、半球 1 は半球 2 のおよそ 0.27 倍となった。しかし実験で得られた X 線強度比はそれよりも小さい値であった。半球 2 の半径をさらに 2 倍にしたときの X 線強度の測定を行い、その結果については講演当日報告する予定である。

[1] J. D. Brownridge et al., J. Appl. Phys., 86, p.460 (1999)

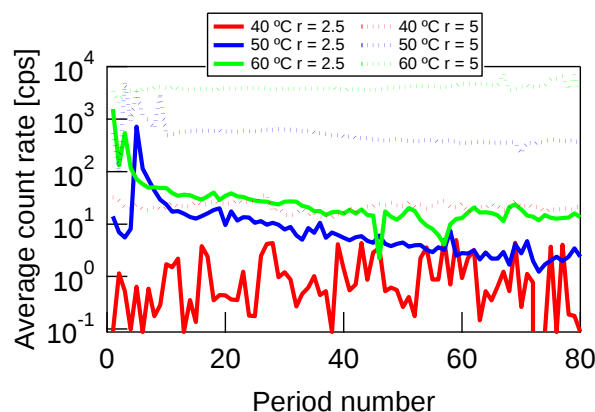


Fig.1 Average counts of X-ray photons per cycle for various values of r and ΔT .

Table1 Average values of the average count rate for various values of r and ΔT .

	$r = 2.5 \Delta T = 40$	$r = 2.5 \Delta T = 50$	$r = 2.5 \Delta T = 60$
X線強度[cps]	1.260	18.64	50.75
	$r = 5 \Delta T = 40$	$r = 5 \Delta T = 50$	$r = 5 \Delta T = 60$
X線強度[cps]	22.38	433.7	4052