

KTN 誘電体温度計を用いたマイクロカロリメータによるアルファ線検出

Alpha Ray Detection by Using Dielectric Microcalorimeter with KTN Dielectric Thermosensor

*善本 翔大¹, 前畑 京介¹, 伊豫本 直子¹, 満田 和久², 山崎 典子²

¹九州大学大学院工学府, ²宇宙航空研究開発機構

一部の特殊な誘電体は極低温領域において、誘電率が温度依存性を示す。このような誘電体を温度計として利用した新しい検出原理によるマイクロカロリメータの動作をアルファ線照射により実証した。

キーワード: マイクロカロリメータ, 量子強誘電体

1. 諸言

優れたエネルギー分解能を有する放射線検出器として、1 K 以下の極低温領域で動作するマイクロカロリメータの開発が進められている。数 10 K の転移温度以下で一定の高い誘電率を有する量子常誘電体の一部は、適当な不純物添加等により、量子強誘電体へと転移することが報告されている。量子強誘電体では転移温度以下で誘電率が温度依存性を示す。量子強誘電体をマイクロカロリメータの温度計として利用できれば、複雑な読み出し回路や磁気遮蔽を必要とせず、検出器動作時にジュール熱を生じない高分解能マイクロカロリメータが実現できることが期待される。

2. KTN 誘電体温度計

量子強誘電体である $\text{KTa}_{0.99}\text{Nb}_{0.01}\text{O}_3$ (KTN) を用いた誘電体温度計を試作した。KTN 温度計は大きさが $1 \times 2 \times 0.2 \text{ mm}^3$ の KTN の両面に厚さ $0.2 \text{ }\mu\text{m}$ の 2 枚の金電極を蒸着したキャパシタ構造をしている。希釈冷凍機を利用して冷却し、四端子対法を基にした測定法により、図 1 に示す、極低温領域における静電容量の詳細な温度依存性を明らかにした。極低温領域において約 1 pF/K の温度感度を示し、マイクロカロリメータの温度計として利用が期待できる結果を得た。

3. KTN 誘電体マイクロカロリメータ

図 2 に示すように KTN 温度計を用いた誘電体マイクロカロリメータを試作し、Am 線源から放出される 5.5 MeV のアルファ線を照射した。KTN 温度計の熱的および電気的な配線には、直径 $50 \text{ }\mu\text{m}$ の銅線と導電性カーボンペーストを用いた。マイクロカロリメータを動作温度 100 mK に保持し、バイアス電圧 -7 V を印加して駆動した際のアルファ線検出信号パルスを図 3 に示す。アルファ線を、立ち上がり時間約 $30 \text{ }\mu\text{s}$, 検出信号パルス波高値 6 mV の信号パルスとして検出し、誘電体マイクロカロリメータの動作を実証することに成功した。しかしながら、信号パルスは周波数帯域 50 kHz 程度、振幅約 5 mV のノイズを含み、信号ノイズ比が非常に小さいため、今後、信号ノイズ比の改善を目指す。

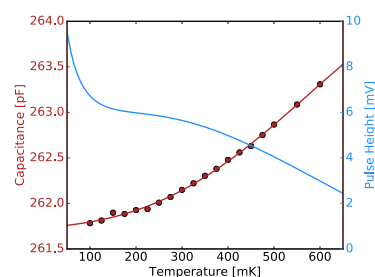


図 1 静電容量の温度依存性

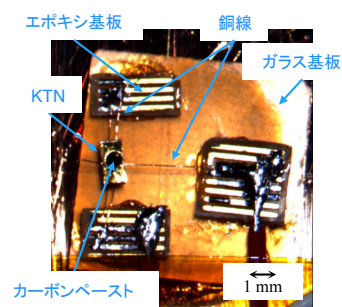


図 2 誘電体マイクロカロリメータ

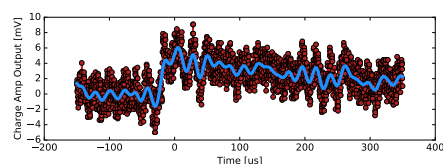


図 3 アルファ線検出電圧パルス

*Shota YOSHIMOTO¹, Keisuke MAEHATA¹, Naoko IYOMOTO¹, Kazuhisa MITSUDA², Noriko YAMASAKI²

¹KYUSHU Univ., ²Japan Aerospace Exploration Agency