

TES型 X線マイクロカロリメータの開発 (IV)

- 希釈冷凍機内のSQUID読み出し系構築 -

影井智宏、大橋隆哉、山崎典子、石崎欣尚、
久志野彰寛、広池哲平(都立大)
宮崎利行、満田和久、藤本龍一、伊予本直子、
大島泰、山崎正裕、二元和朗(宇宙研)
庄子習一、工藤寛之、横山雄一(早大理工)

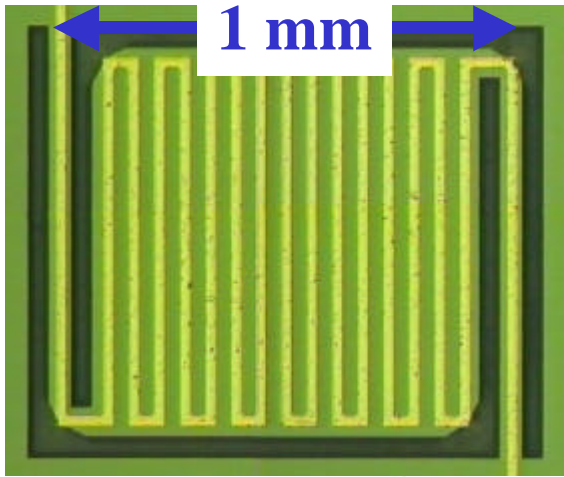
発表内容

1. カロリメータの特性
2. 測定のセットアップ
3. X線検出
4. エネルギー分解能
5. 今後

これまでの比較

製作：早稲田大学 庄子研

今までのカロリメータの顕微鏡写真



厚さ { Ti : 50 nm
Au : 20 nm

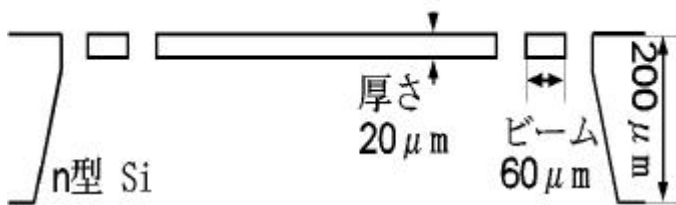
動作点パラメータ

温度：0.5 K

(冷却：³Heクライオスタット)

抵抗：50

傾き：50



断面図

さらなるエネルギー分解能の向上をめざして

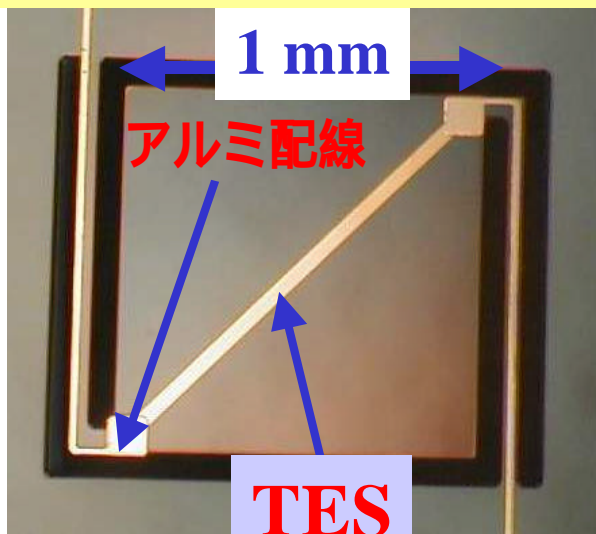
抵抗 R 小(0.1 以下)

温度 T 小(0.1 K以下)

冷却：希釈冷凍機

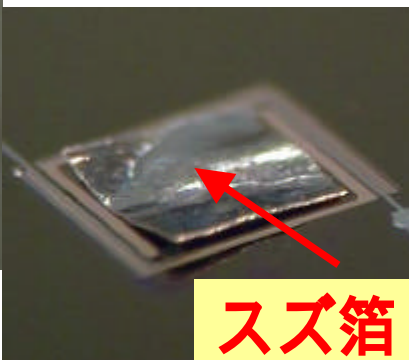
新しいカロリメータの顕微鏡写真

最低到達温度
~ 50 mK



厚さ { Ti : 80 nm
Au : 100 nm

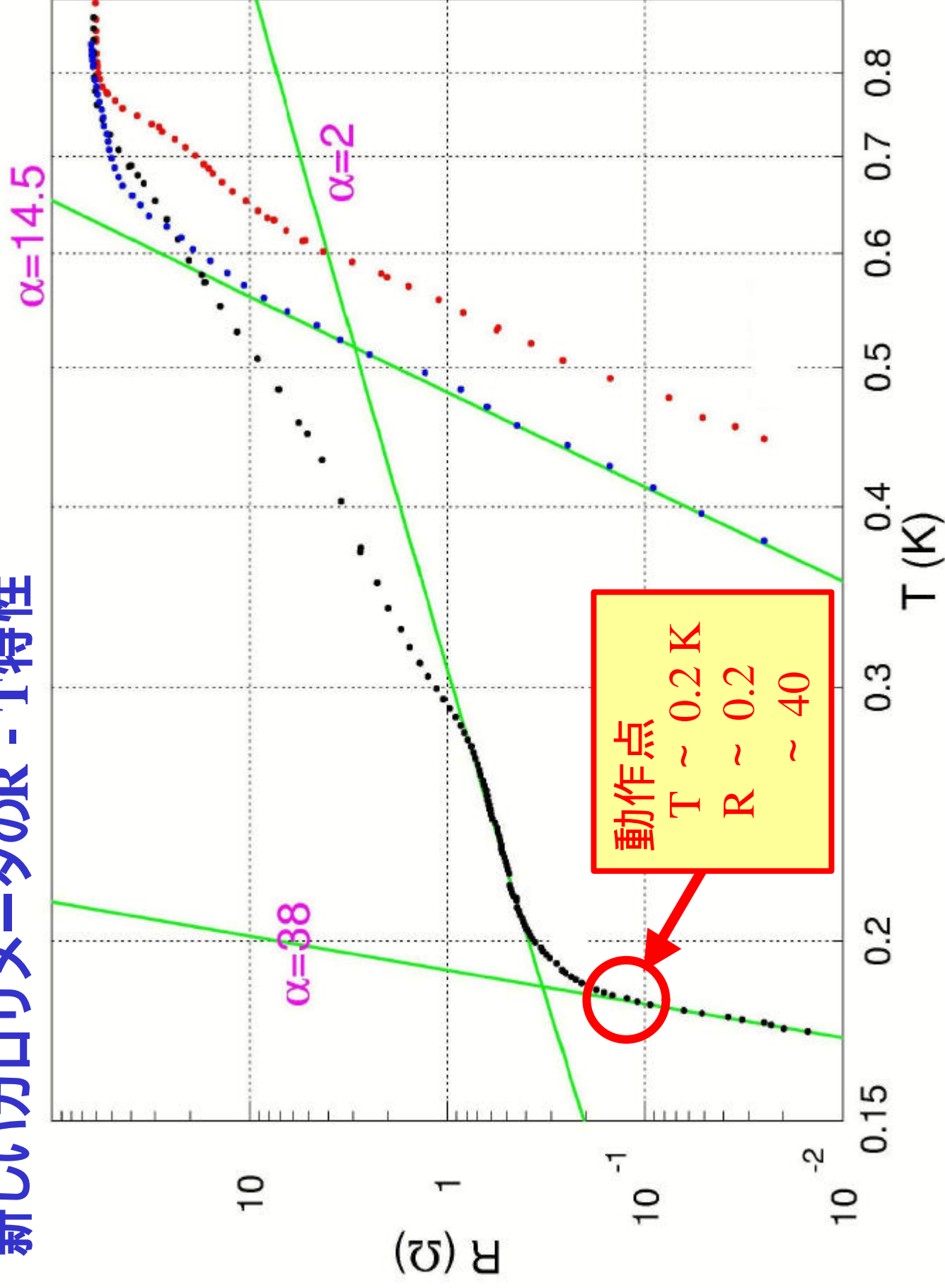
長さ1.1 mm、幅 40 μm



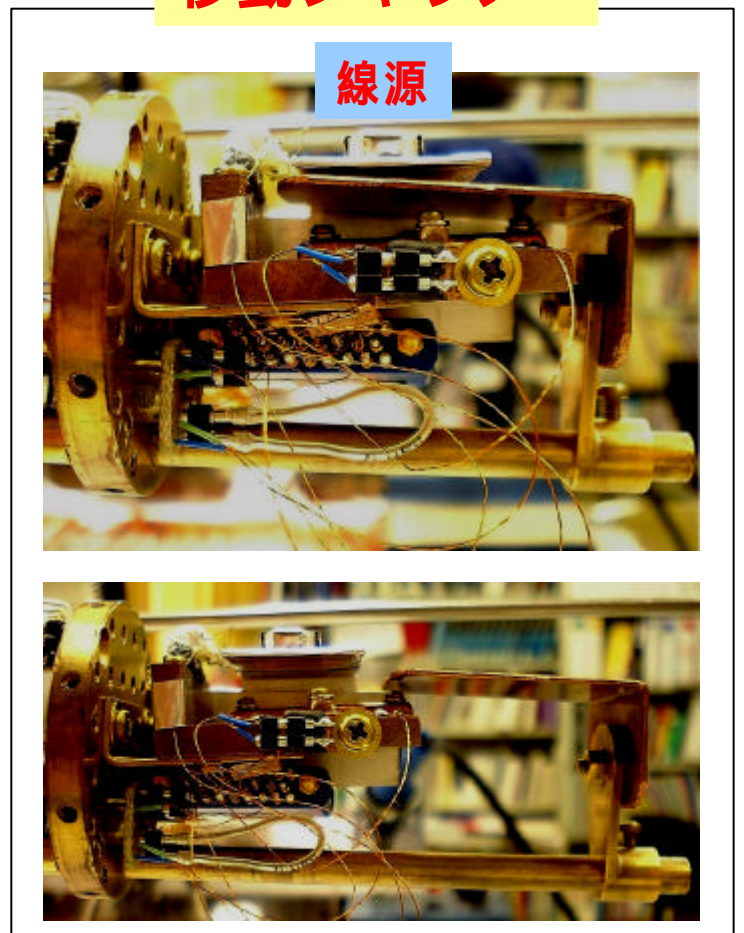
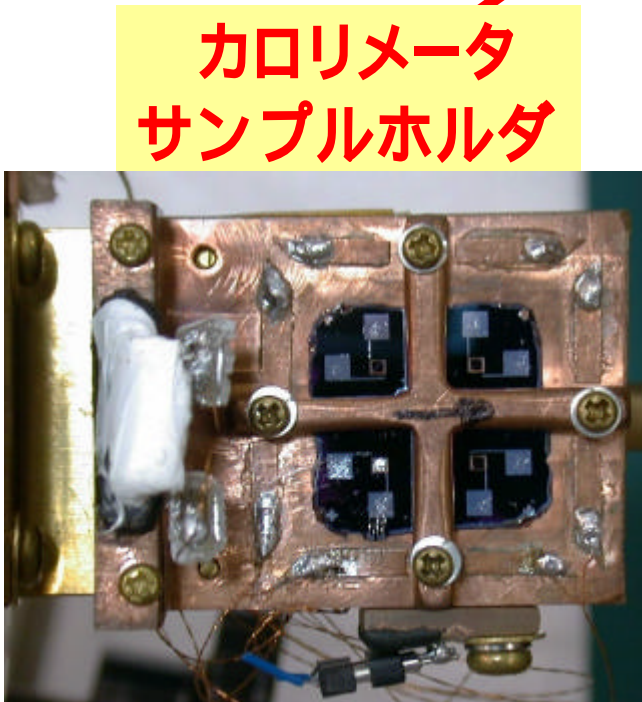
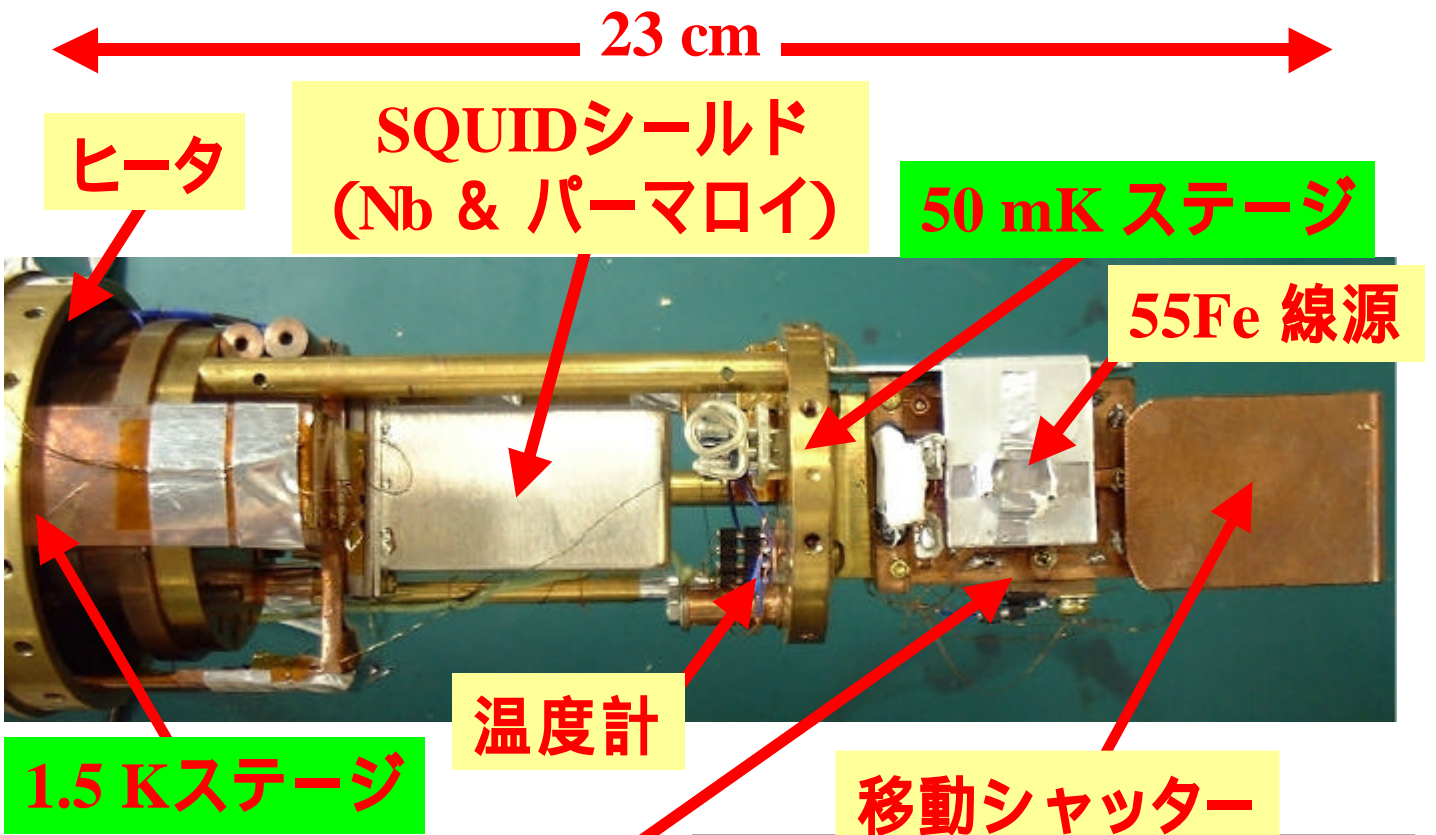
スズ箔 (厚さ: 15 μm)



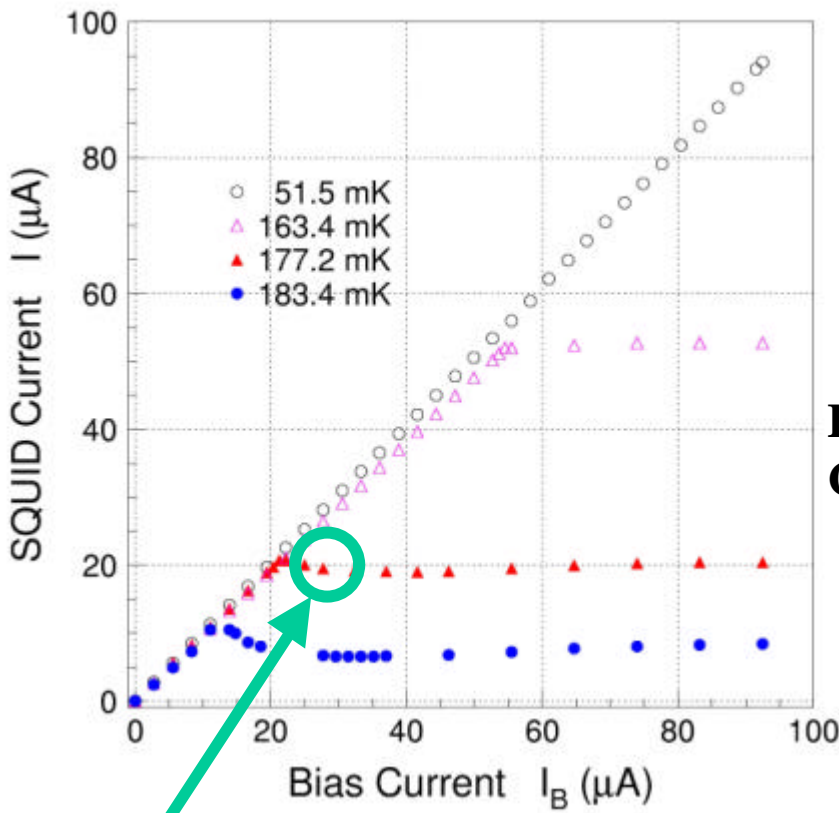
新しいカロリメータのR - T特性



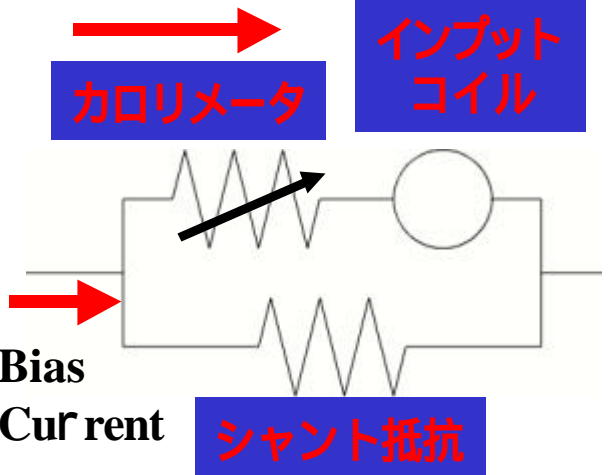
TESとSQUIDの組み込み



X線検出 1



SQUID Current



TESに流す電流を増加

超伝導状態が壊れる

動作温度

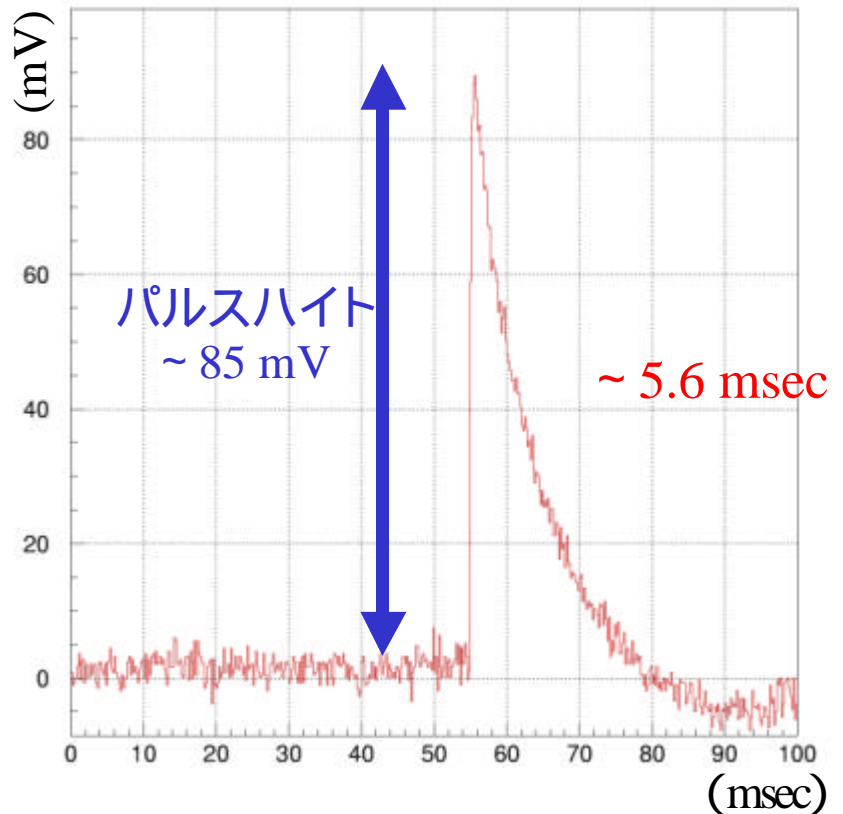
177 mK

バイアス電流

$I_B = 28 \mu A$

^{55}Fe 線源からのX線
(Mn K : 5.9 keV)
を照射

**X線信号の
検出に成功 !**



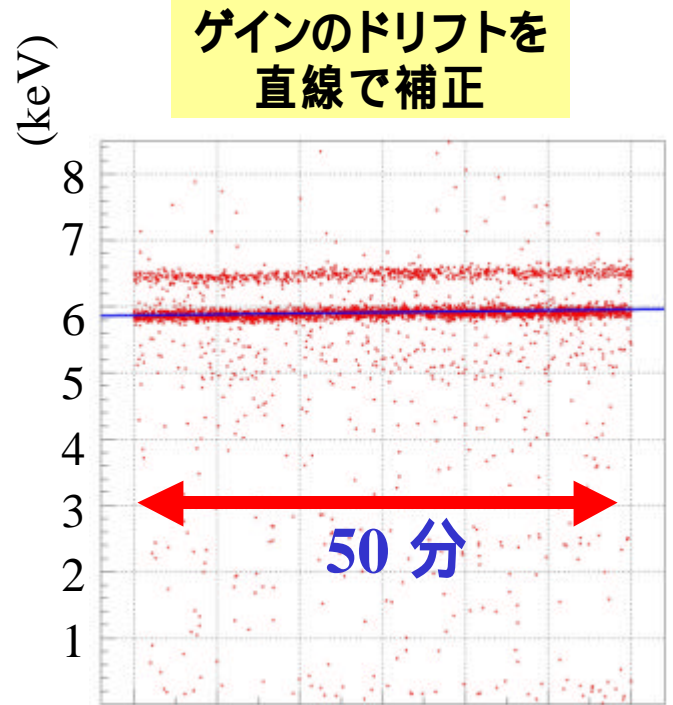
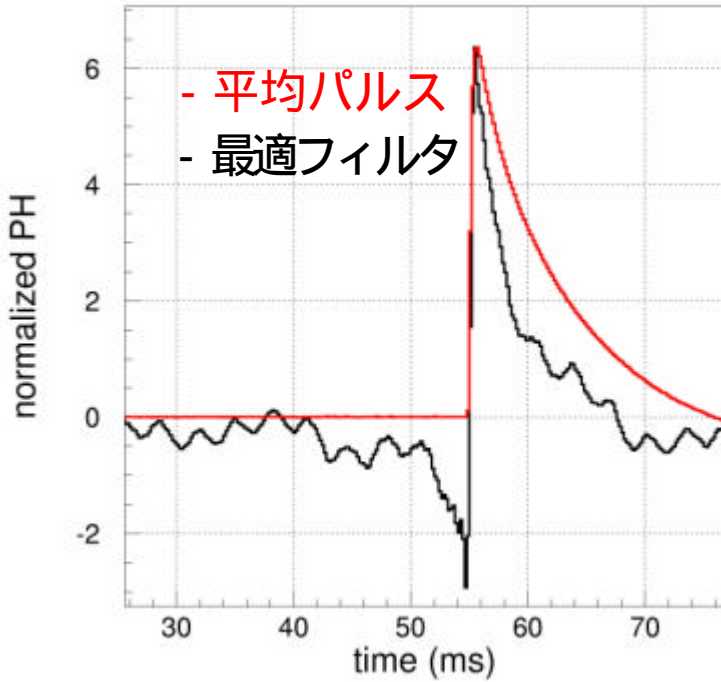
100 msec
サンプル数 : 500

X線検出 2

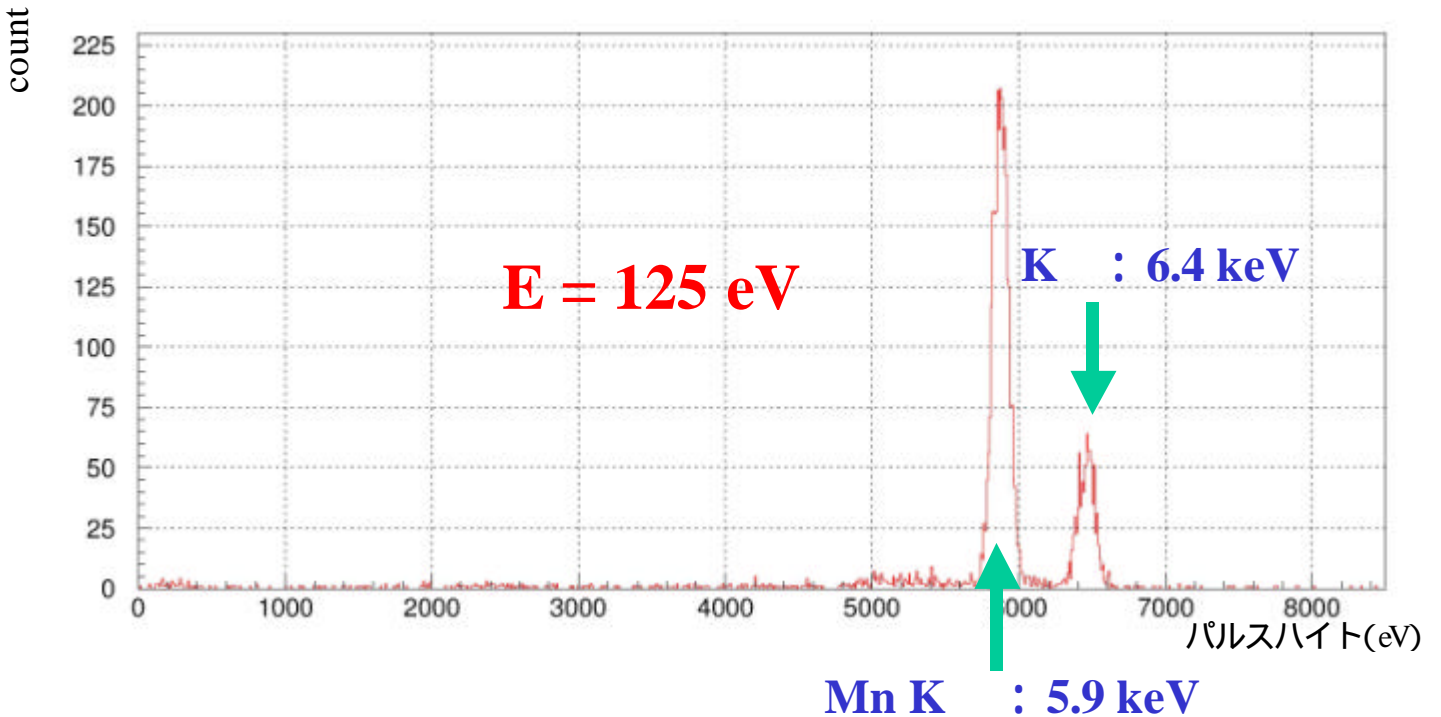
エネルギースペクトルの作成

デジタルフィルタ処理

ノイズスペクトルと平均パルスから、**最適フィルタ**を算出



エネルギースペクトル



エネルギー分解 測定系の寄

$E_{FWHM} \sim 125 \text{ eV}$ の要因は？

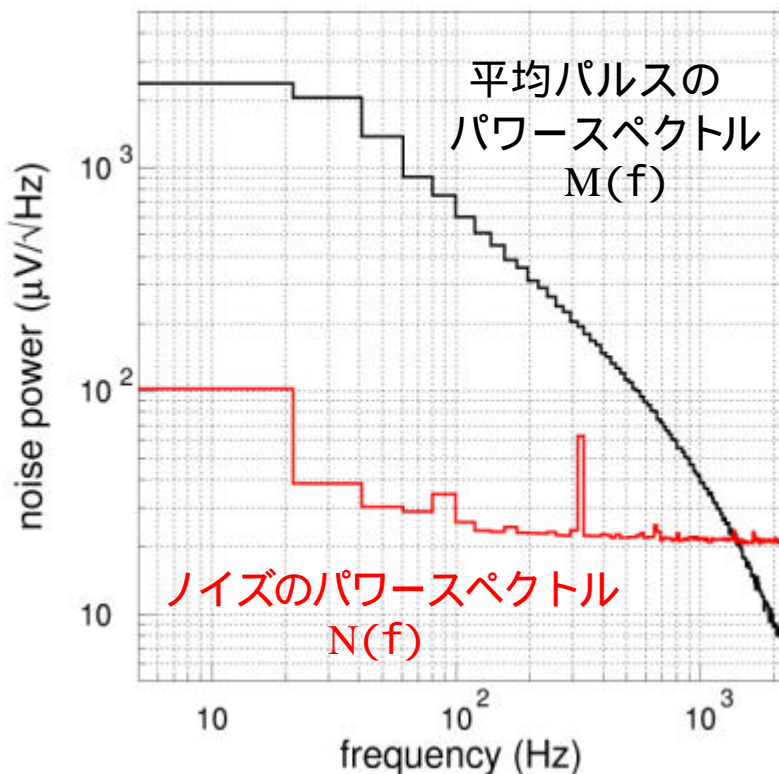
現在のパラメータでの理想的なエネルギー分解

$$\Delta E_{SQUID} \sim 34 \text{ eV} \left(\frac{V_b}{1.9 \text{ iV}} \right) \left(\frac{i_n}{11 \text{ pA} / \sqrt{\text{Hz}}} \right) \left(\frac{eff}{5.6 \text{ msec}} \right)^{1/2}$$

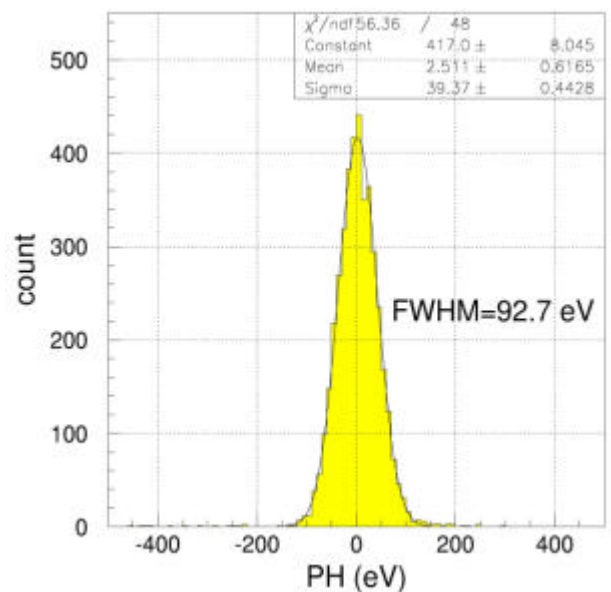
$$\Delta E_{cal} \sim 6.0 \text{ eV} \times \left(\frac{T}{0.2 \text{ K}} \right)^{1.5} \left(\frac{a}{40} \right)^{-1/2} \left(\frac{C}{1 \times 10^{-12} [\text{J} / \text{K}]} \right)^{1/2}$$

$$\Delta E_{\text{測定系}} = (\Delta E_{cal}^2 + \Delta E_{SQUID}^2)^{1/2} \sim 35 \text{ eV}$$

実際の測定からは・・・



ベースラインのゆらぎ



$$\Delta E_{\text{測定系}} = 2.35 \times 5.9 \text{ keV} \times \left(\sum_f \frac{|M(f)|^2}{|N(f)|^2} \right)^{-1/2}$$

計算すると・・・ $E_{\text{測定系}} \sim 97$

$E_{FWHM} \sim 125 \text{ eV}$ には、まだ足りな 残り $E? \sim 80$

残りの $E \sim 80 \text{ eV}$ は何からの寄与か？

考えられる要因

1. 吸収体 TESでばらつき？
吸収体が(1mm × 1mm)と大きい
2. TES 外にエネルギーが逃げている？
TESの形状が細長い

今後

すぐに行えること

- ・ コリメータを用いる
- ・ ノイズの高周波成分まで取り込む
サンプル数を増加

さらなるエネルギー分解能を追求するために

- ・ 新たなTESの作成
現在、正方形のTESを作成中
- ・ SQUID Ampに移行
 $i_n : 3 \text{ pA} / \text{Hz}$
電流 / 電圧換算係数 : $1.6 \times 10^6 \text{ V/A}$
カットオフ周波数 : 120 kHz