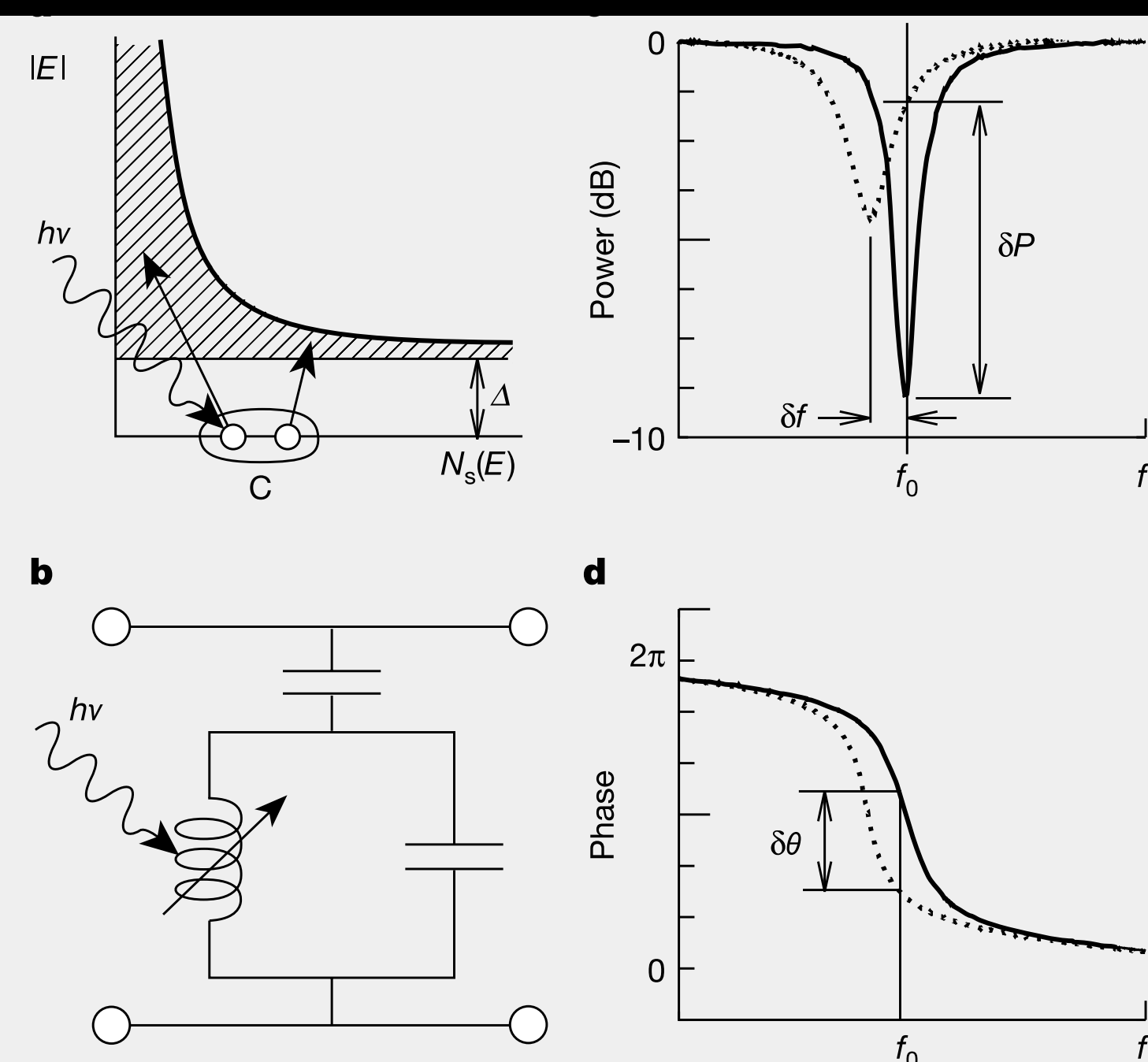
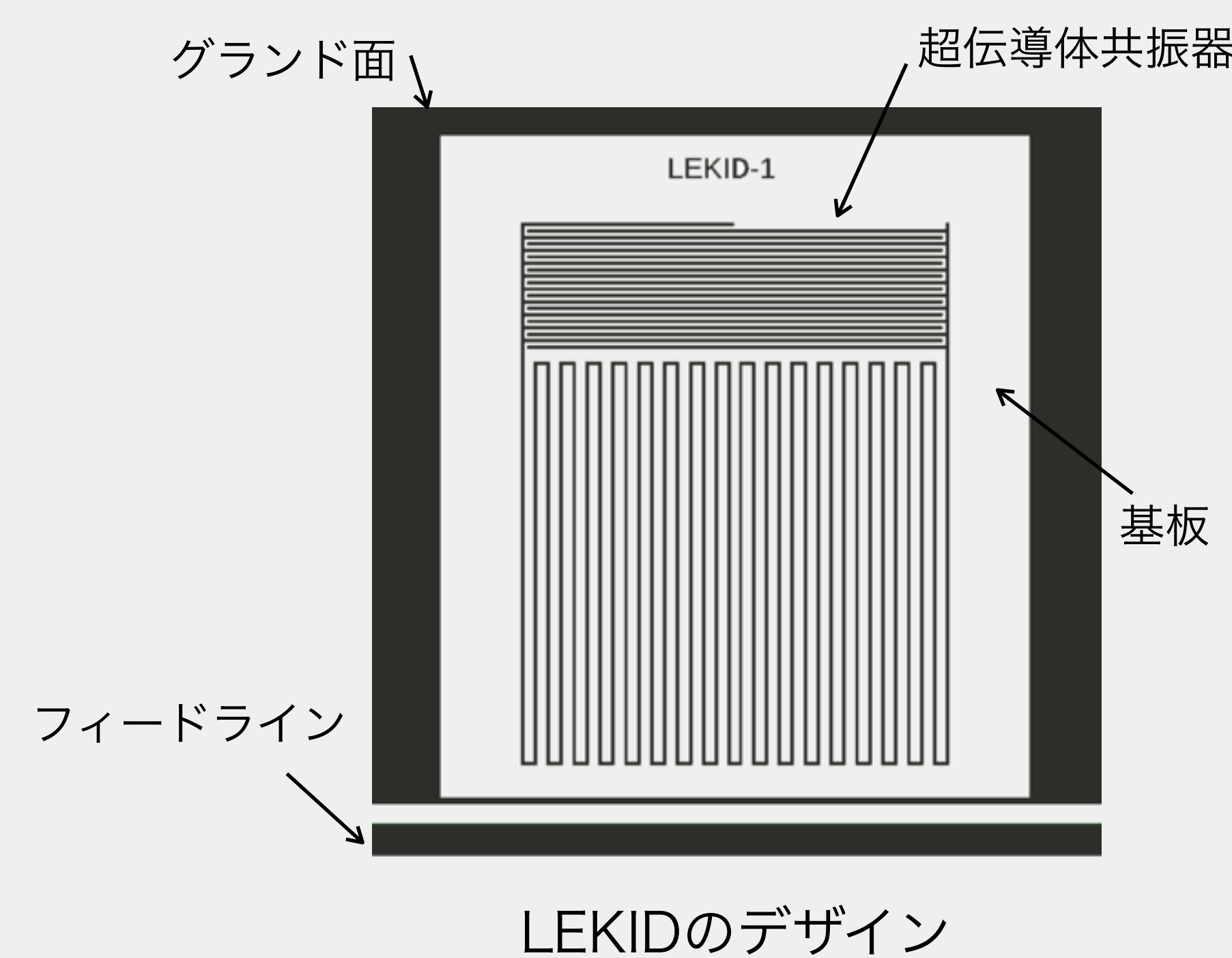


1. 集中定数型力学インダクタンス検出器 LEKID – Lumped element kinetic inductance detector –

- ・超伝導薄膜で構成された共振器
- ・エネルギー検出器として動作
 - 入射エネルギーによるクーパ対破壊
 - 超伝導体の力学インダクタンスが変化
 - 共振周波数変化として読み取る
- ・単層薄膜を用いるため作製が容易
- ・多素子化に向く
- ・従来のKIDに比べ、有感面積が広い^[1]



検出原理 [2]



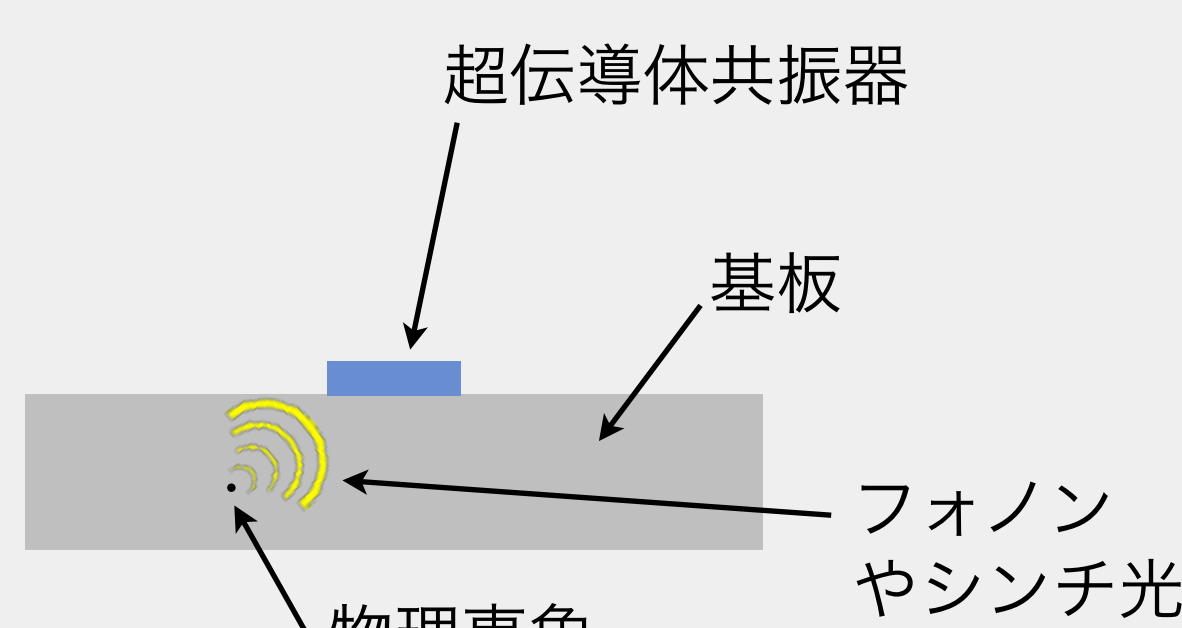
LEKIDのデザイン

2. LEKIDの応用

天文学用に発展してきたKIDは、**宇宙・素粒子への応用**も進められている。

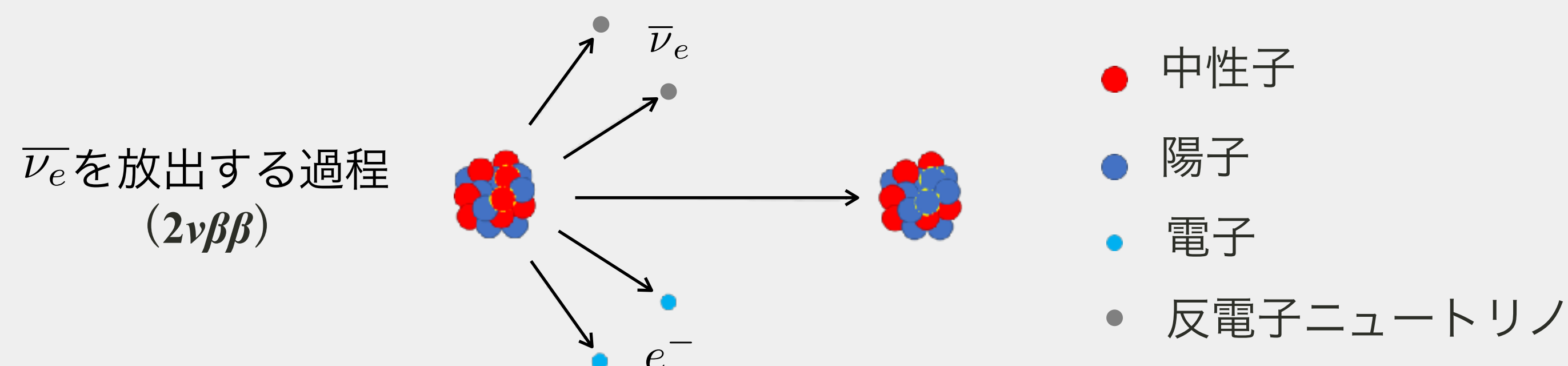
→ フォノン伝播による
基板事象の観測

探索事象に特化した基板が重要
探索事象の一例は**二重ベータ崩壊**



3. 二重ベータ崩壊

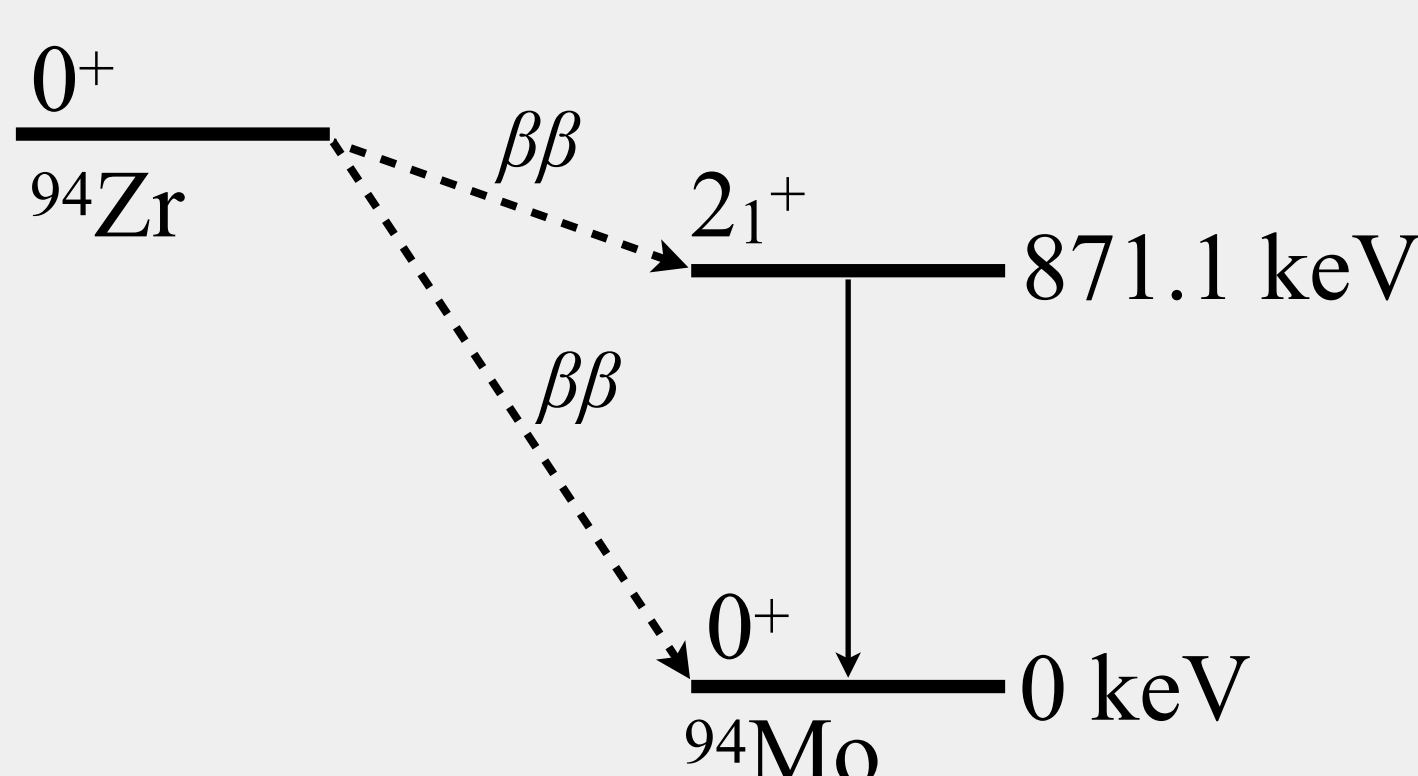
ベータ崩壊の二次の過程でとても稀な現象(半減期 $> \sim 10^{20}$ 年)
40種以上の候補核のうち、11核種しか観測されていない。
 $\nu = \bar{\nu}$ なら、 $\bar{\nu}_e$ を放出しない過程が可能→宇宙誕生の解明の鍵



4. 新しい基板材料の選定

二重ベータ崩壊核として⁹⁴Zrを選定

- ・ $2\nu\beta\beta$ も未発見
- ・Q値 1.1 MeV
- ・⁹⁴Zrの自然同位体比 $\sim 19\%$
- ・現在の半減期上限：
 5.2×10^{19} yr (90% C.L.)^[2]
- ・Zrは安価で汎用な金属



$2\nu\beta\beta$ の崩壊モード	予測半減期 ^[3]
$0^+ \rightarrow 0^+$	9.4×10^{21} 年
$0^+ \rightarrow 2_1^+$	7.2×10^{32} 年

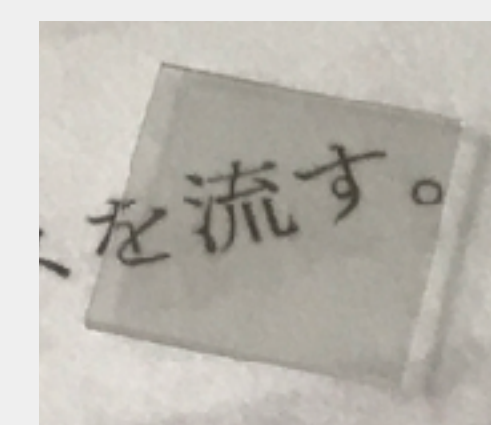
通常の基板材料：シリコンやサファイアといった絶縁体
→ ジルコニウム酸化物(ZrO_2)を選定

使用材料：

イットリア安定化Zr (YSZ, 9.5 mol% Y_2O_3)

10×10×0.5 mm³ 単結晶 (方位(100))

比誘電率 ~ 27 (cf. Si 11.9)、3500円/枚



5. LEKIDの作製、測定手法

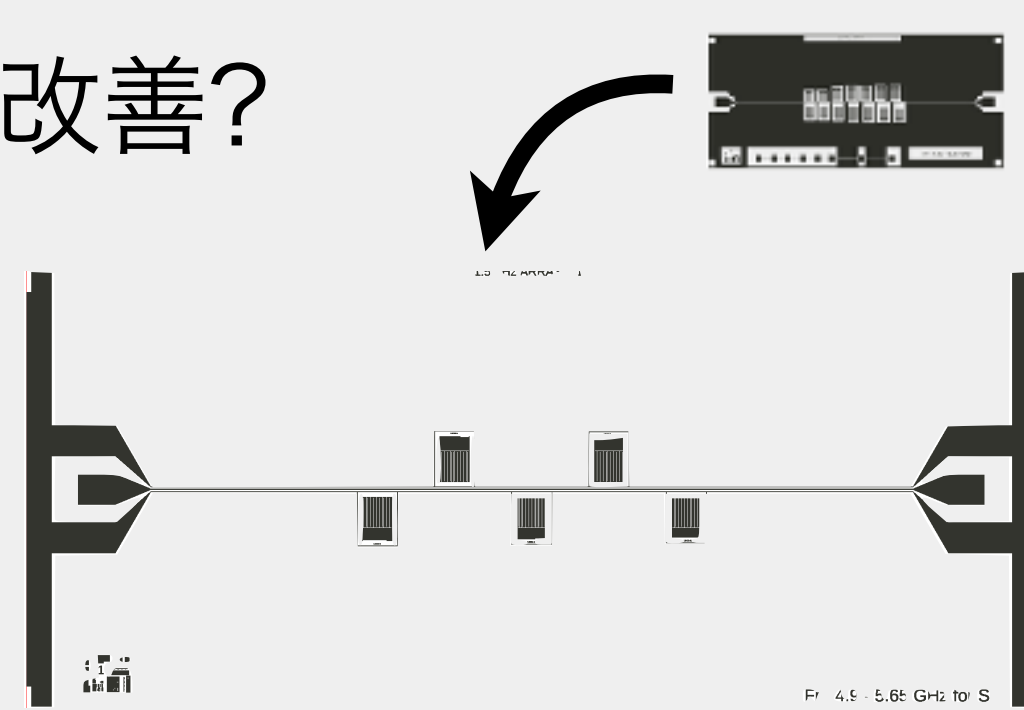
- ・デザインの改良

グランド面の削減→フォノン取得効率改善?

素子数5、共振周波数 f_0 : ~ 3 GHz

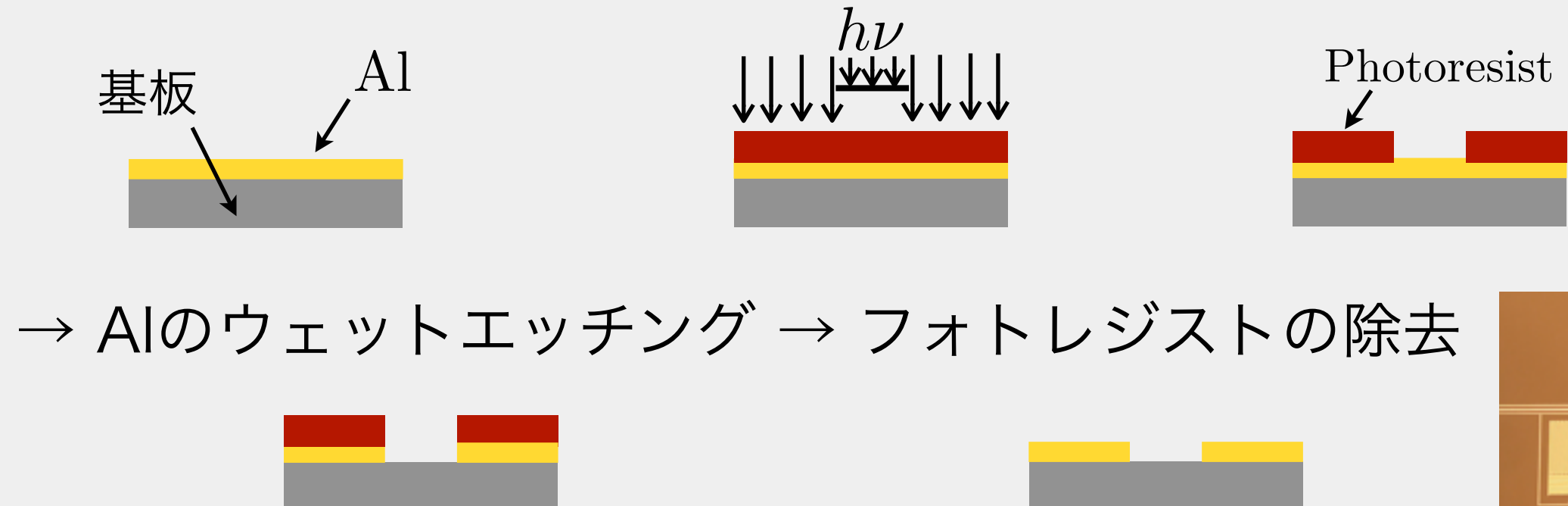
線幅: 4 μm 、有感体積: 1843.8 μm^3

素子とLEKIDの間隔: 50 μm



- ・作製手法

Alの成膜(50 nm) → フォトレジストを用いたパターニング



→ Alのウェットエッチング → フォトレジストの除去

- ・RF測定、放射線照射によるトリガー測定

・³He/⁴He 希釈冷凍凍機

測定温度 ~ 0.16 K

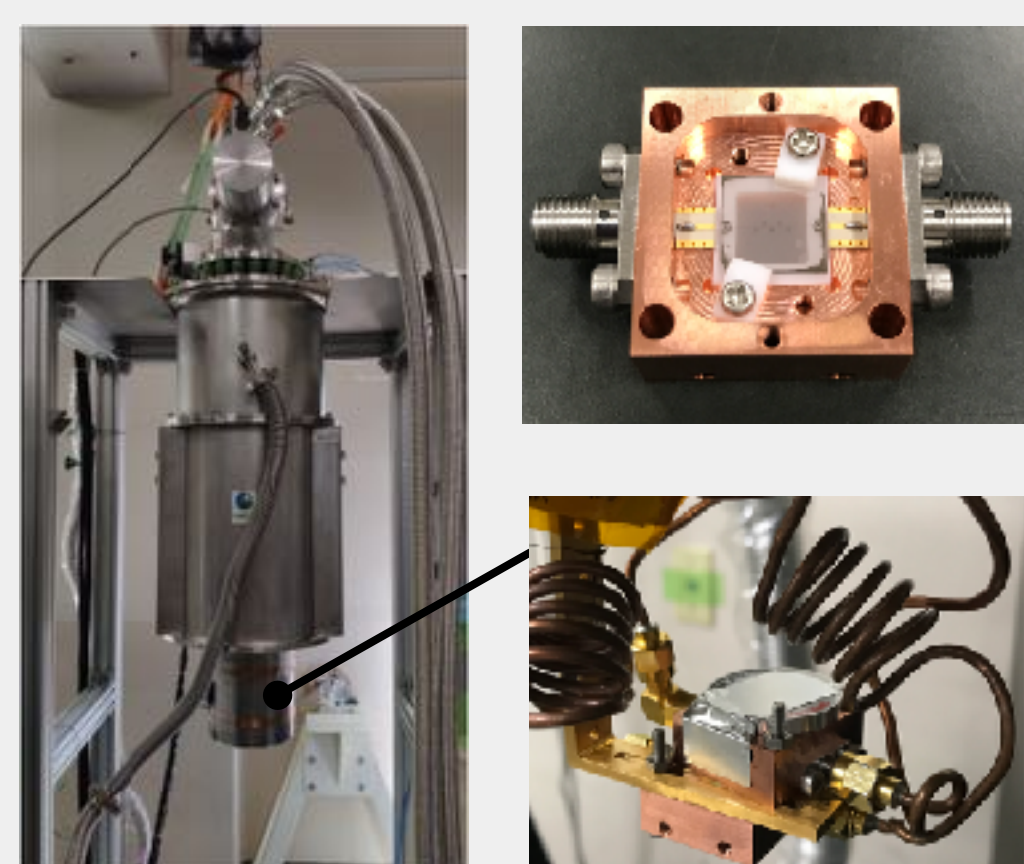
(Alの転移温度: 1.2K)

・Vector Network Analyzer

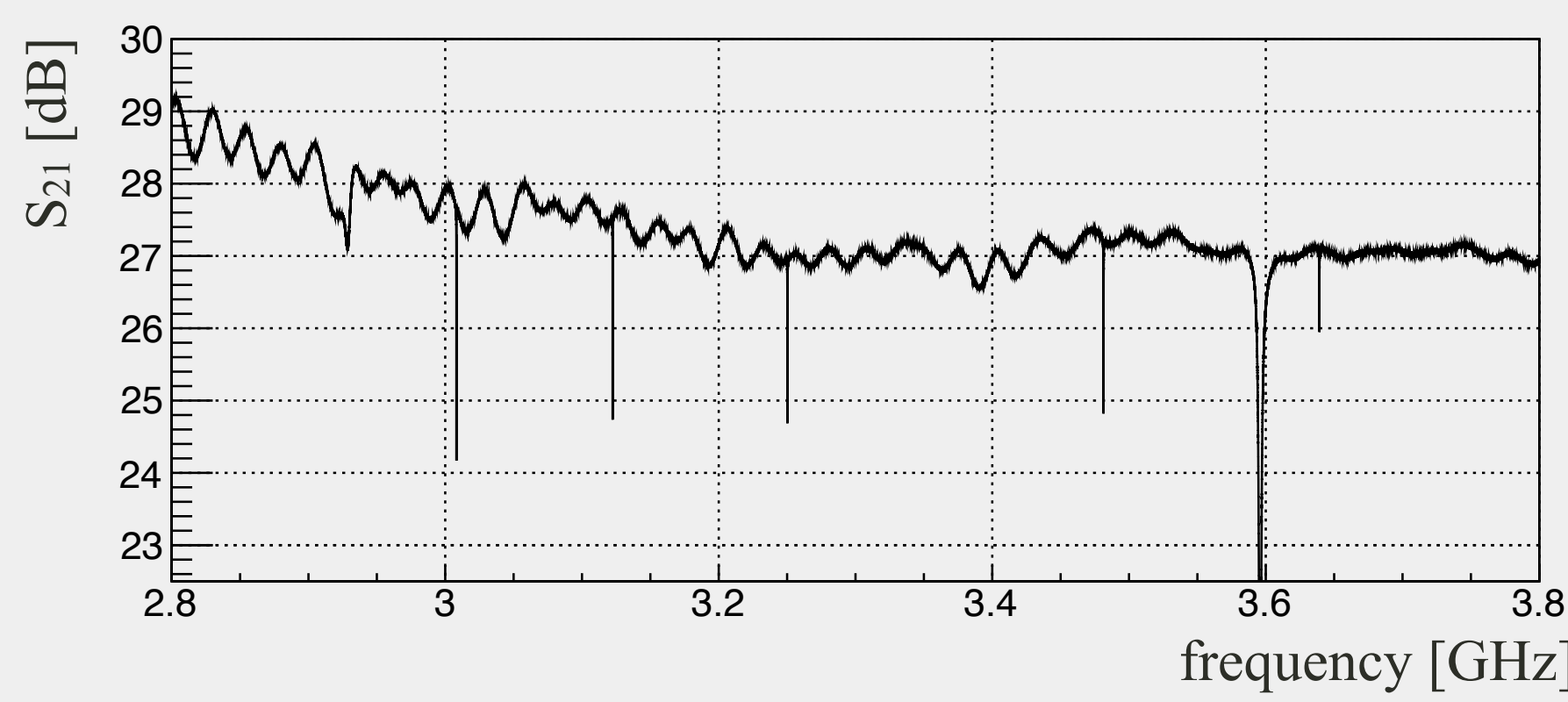
・RHEA^[4]読み出し系, 1MSPS

・ α 線源: ²⁴³Am 5.24 MeV, 150 Bq

基板側から照射



6. 結果と展望

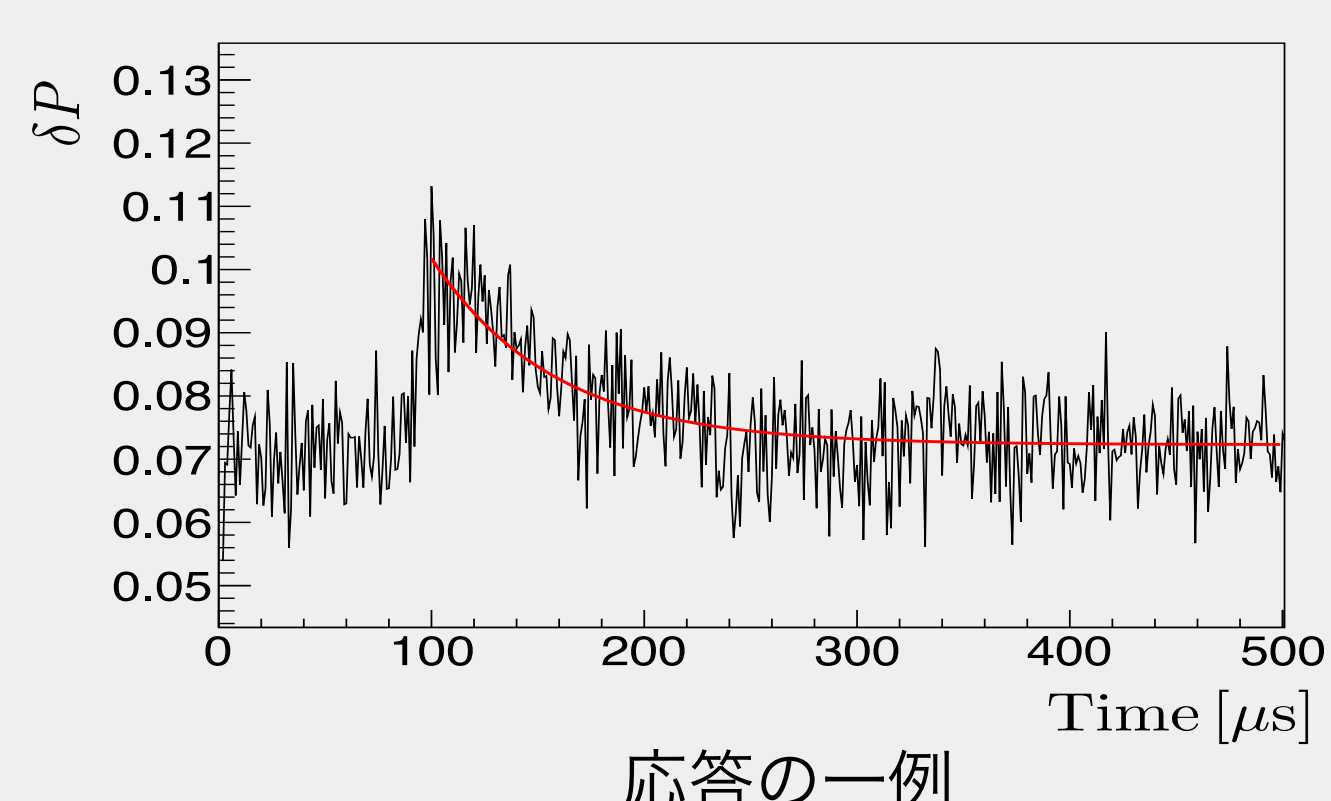


@160 mK

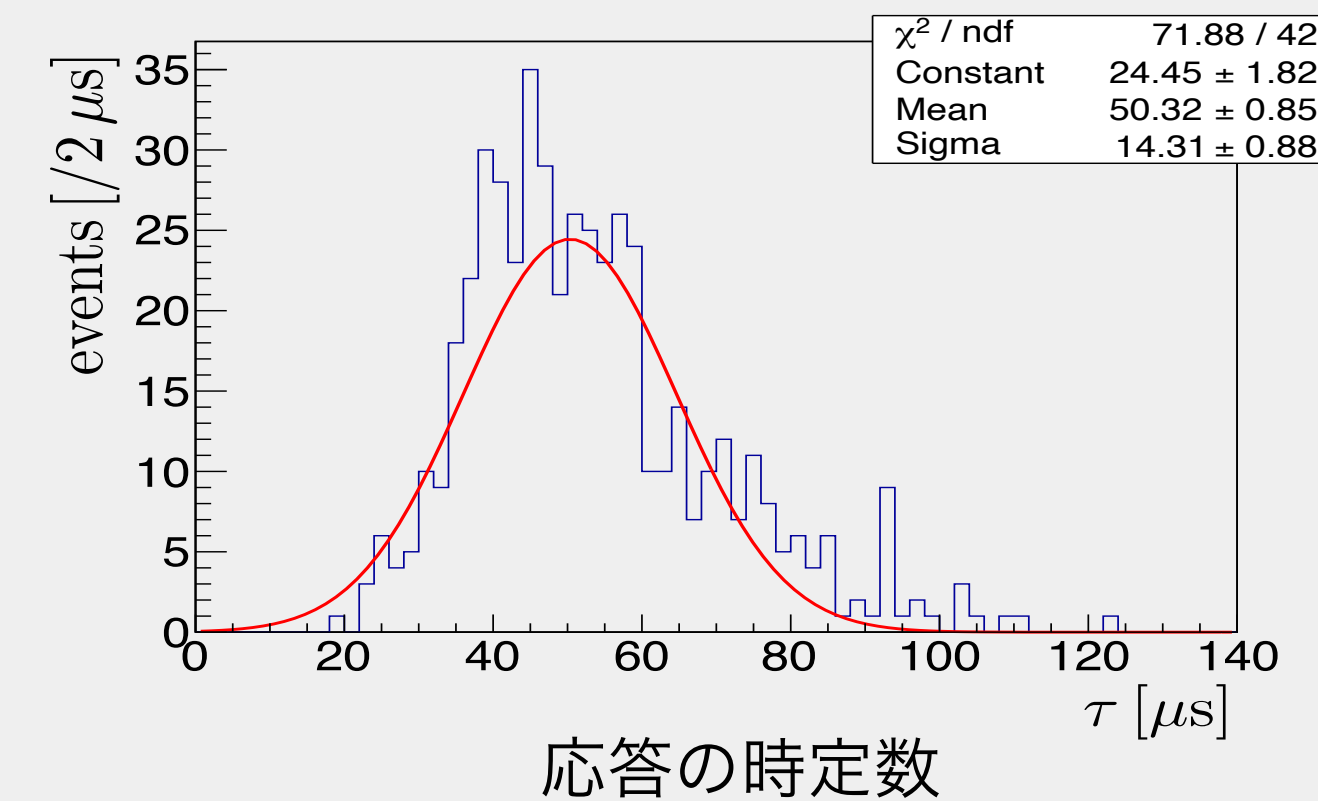
歩留まり 100%

$Q_i \sim (3 - 7) \times 10^4$

$f_0 \sim 3$ GHzの共振について
応答を確認した↓



応答の一例



応答の時定数

トリガーレート: ~ 0.01 Hz ← 想定 ~ 0.1 Hz、一桁少ない...

- ◆ YSZ上でのKID作製を確立。
- ◆ YSZ基板に α 線を照射し、何某かのKID応用を見た。
- ◆ ブランク測定、低いトリガーレートの調査
- ◆ エネルギー測定に向けた色々 (温調測定、calibration、...)

本研究はJSPS科研費 JP23K13138の助成を受けたものです。

[1] S. Doyle *et al.*, J. Low Temp. Phys. 151, 1, 530–536 (2008).

[2] N. Dokania, *et al.*, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 45 (2018) 075104

[3] J. Suhonen, Nucl. Phys. A 864 63-90 (2011)

[4] H. Ishitsuka *et al.*, J. Low Temp. Phys. 184, 424-430 (2016)