

暗黒物質探索のためのCaF₂蛍光熱量計の開発

堤智、松本朋也、西川隆博、野田健太、梅原さおりA、吉田斉

阪大理、阪大RCNPA

1. 研究背景

暗黒物質候補WIMPsの探索

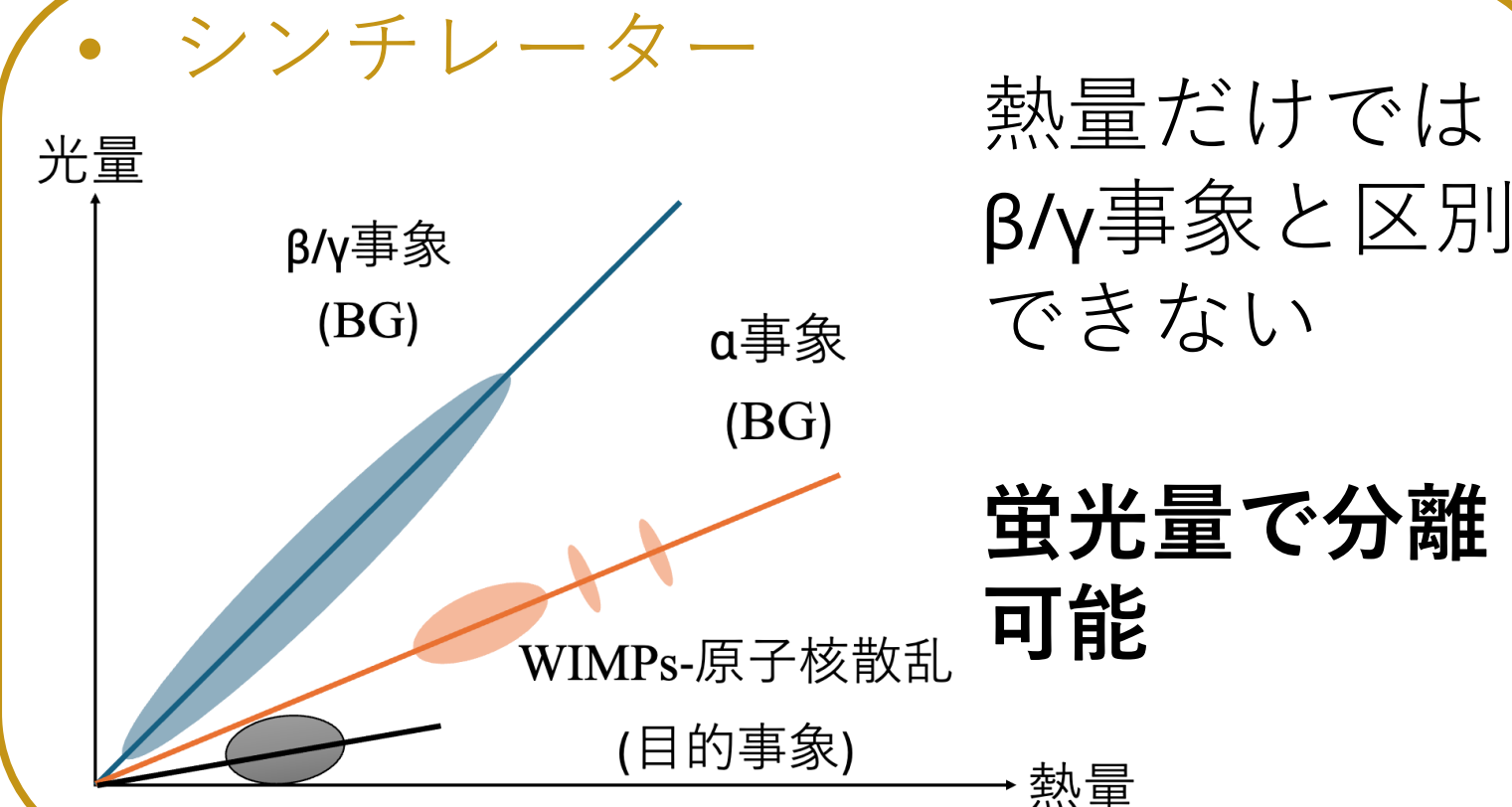
反跳エネルギーは数keVととても小さい

低エネルギーに感度のある検出器が必要

蛍光熱量計

- ボロメーター
極低温では $C \sim T^3$
比熱が急激に小さくなる

微小エネルギーを大きな温度上昇として得られる



蛍光熱量計の開発

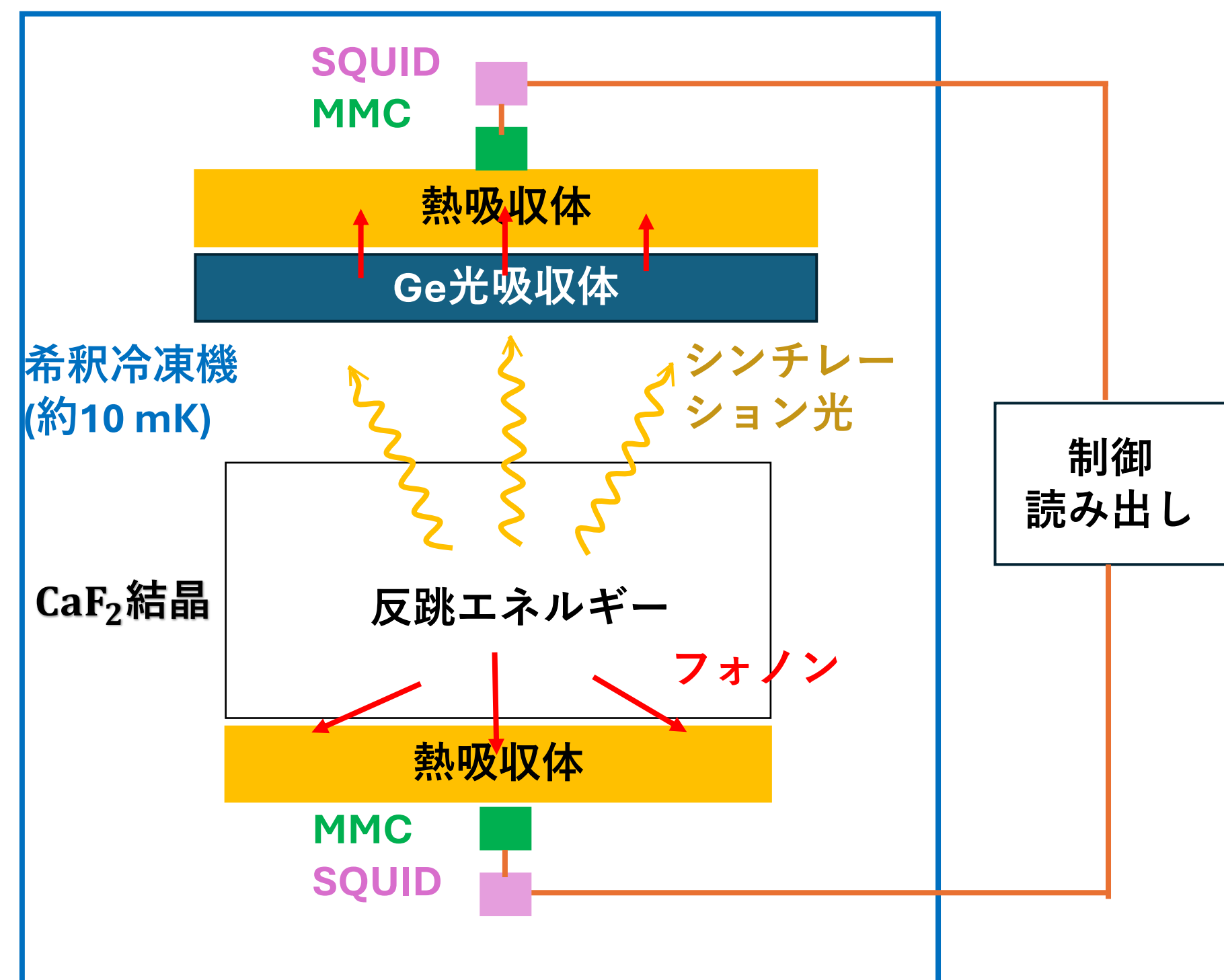
熱量、蛍光量の読み出し

フォノン、シンチレーション光を吸収体の温度上昇 ΔT にする

MMCで $\Delta T \rightarrow$ 磁束変化 $\Delta\Phi$

SQUIDで $\Delta\Phi \rightarrow$ 電圧変化 ΔV

電圧信号



SQUID(Super QUantum Interference Device)

- 微小な $\Delta\Phi \rightarrow$ 測定可能な電圧変化 にできる磁気センサー
- 超伝導状態で動作
- 蛍光熱量計において、MMC-SQUID間はコイル同士、非接触で信号を渡せるので熱ノイズの抑制が可能

2. 研究目標

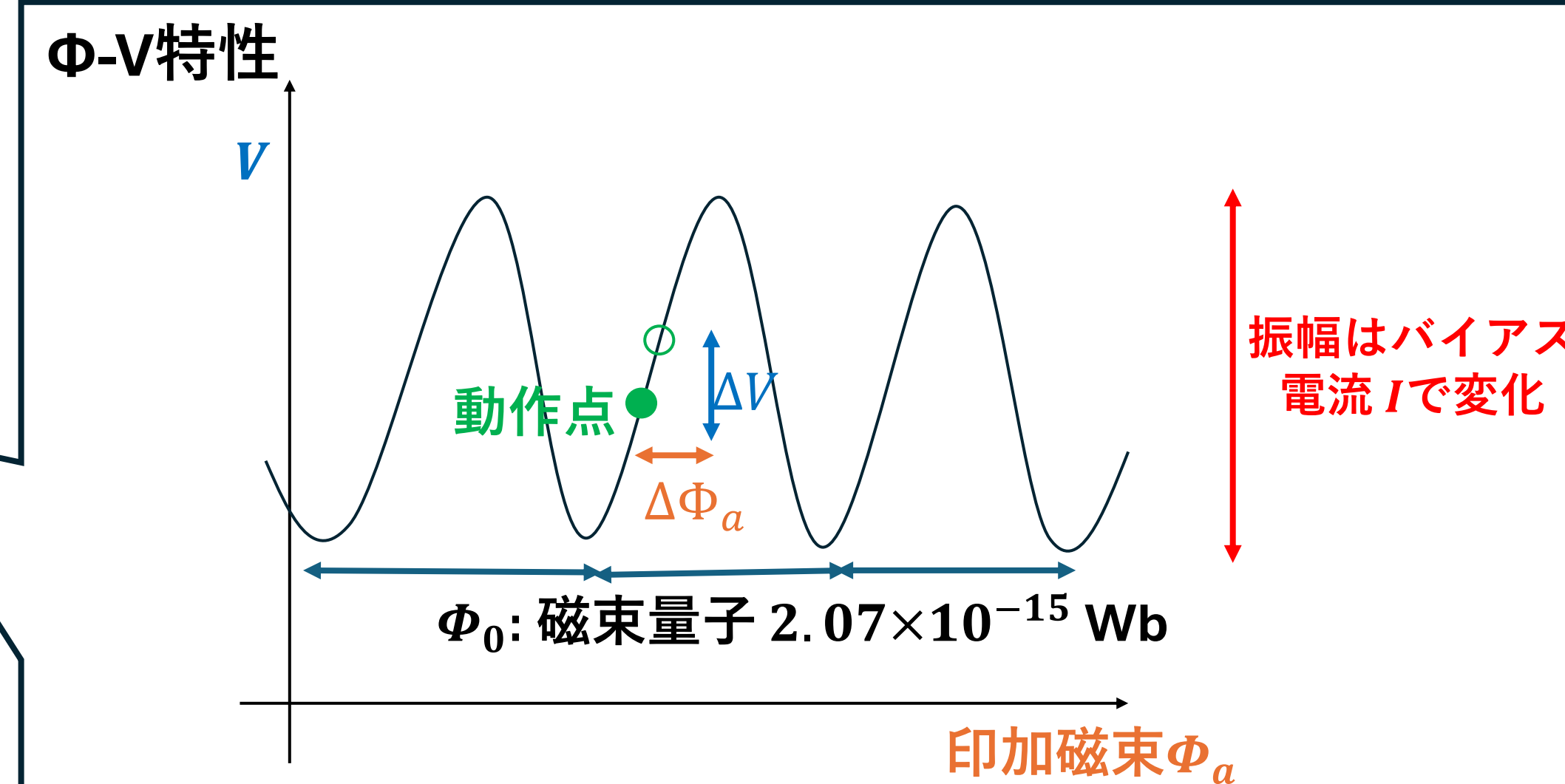
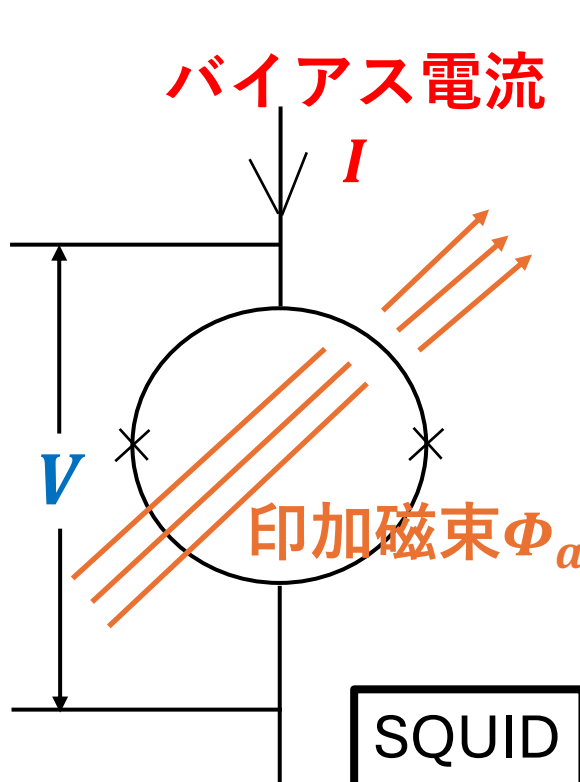
SQUIDデバイスの性能評価

SQUIDの出力性能試験を実施し、すでに蛍光熱量計にマウントしているIBSでの先行研究と比較し、**検出器に用いるのに十分大きな出力が確認する**

液体ヘリウムデューワーで行う性能試験セットアップの作成
デューワーでSQUIDを動作温度まで冷却することで、現在の冷却手段である希釈冷凍機に比べて**格段に短時間で性能試験が可能になる**

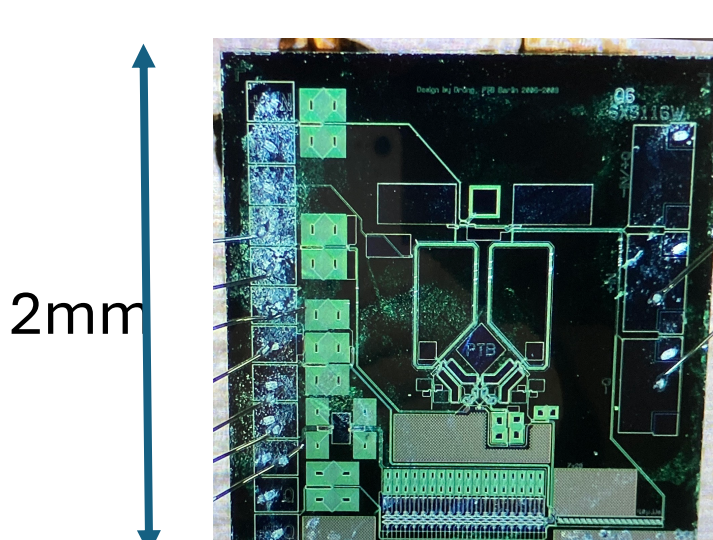
3. SQUIDデバイスの動作

SQUIDの動作



Φ-V特性の動作点からの磁束変化 $\Delta\Phi_a$ が出力電圧 ΔV となる

SQUIDデバイス



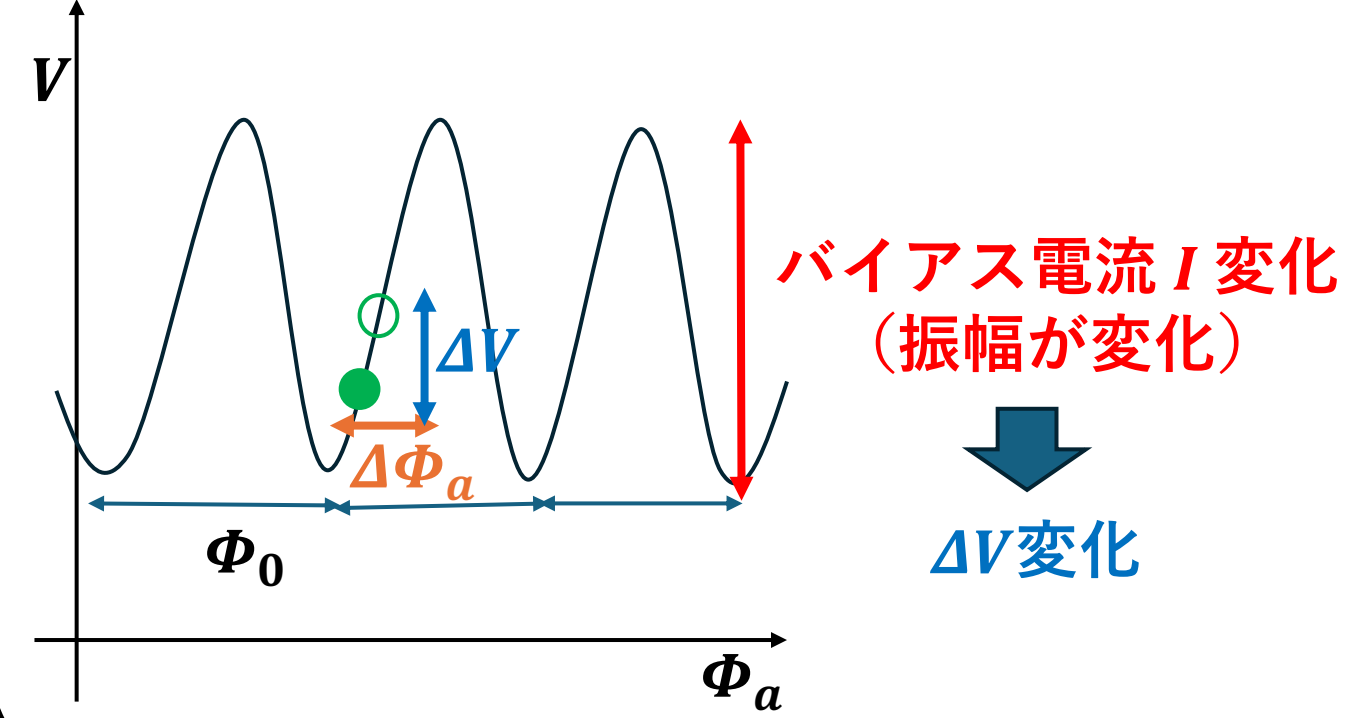
蛍光熱量計ではtwo stage SQUIDというタイプのSQUIDデバイスを使用する。

磁束変化 $\Delta\Phi_a$ → センサーSQUID → アンプSQUID → 出力
検知 増幅

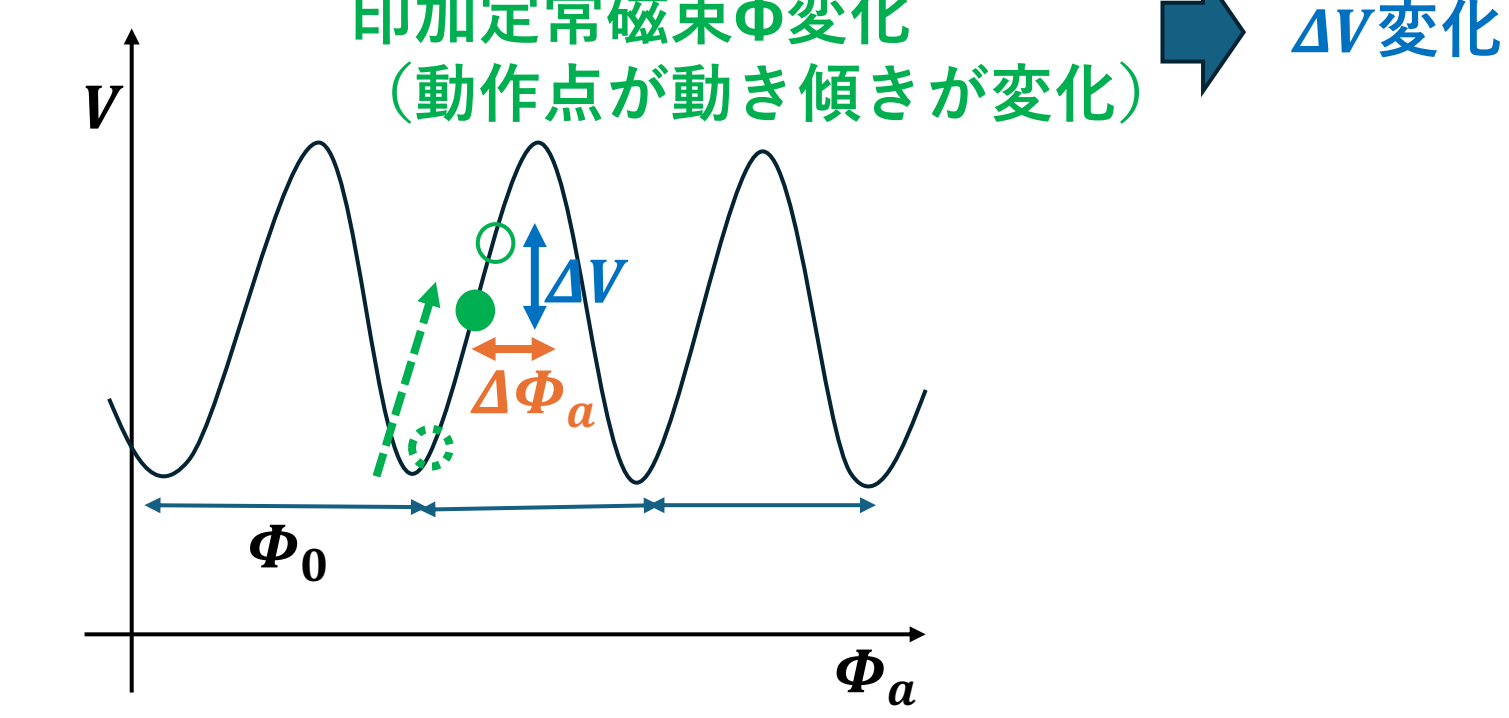
4. 性能試験内容

two stage SQUID出力の最大化

• バイアス電流



• 動作点

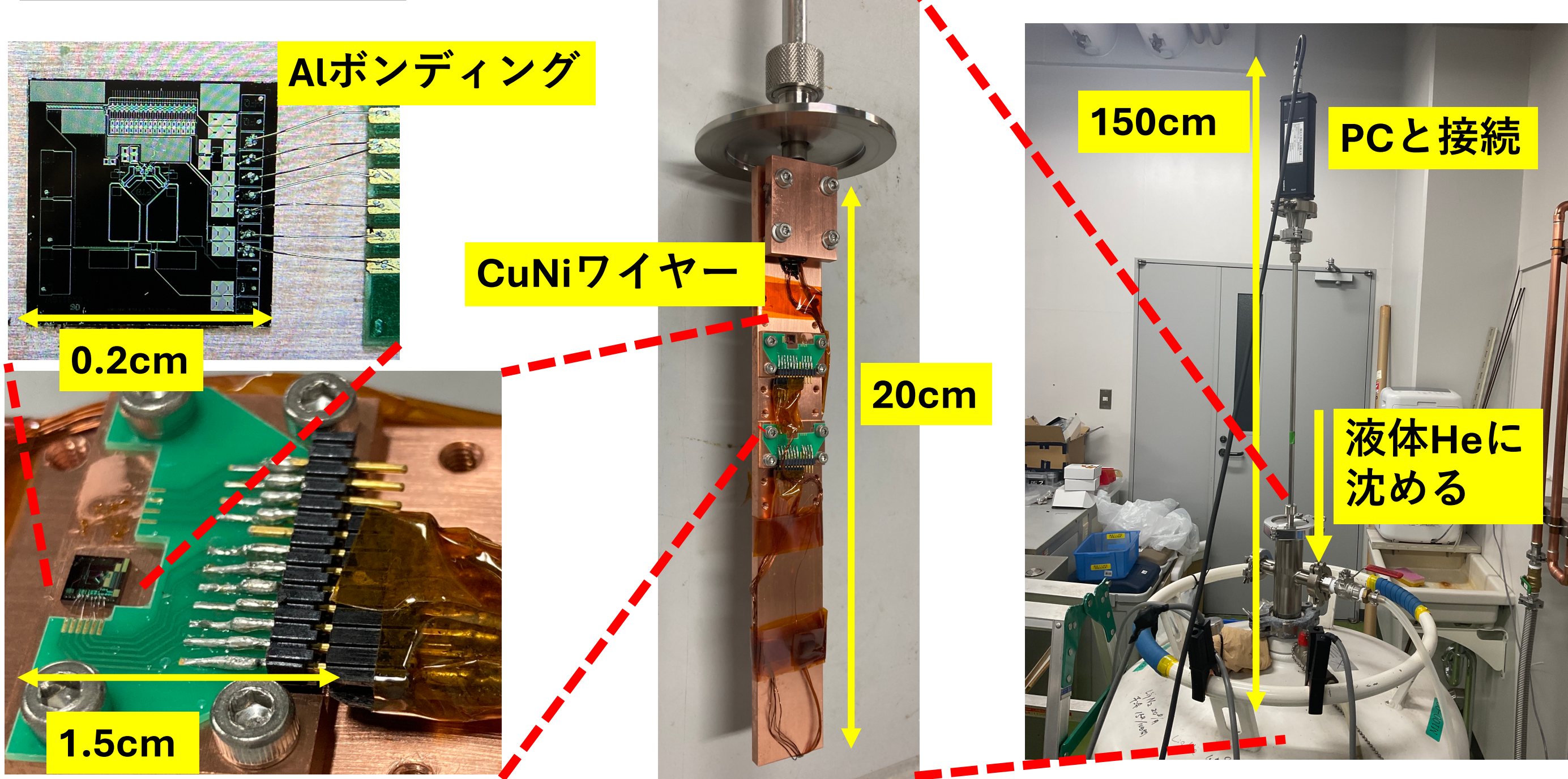


- ① アンプSQUIDのバイアス電流
- ② アンプSQUIDの動作点
- ③ センサーSQUIDのバイアス電流
- ④ センサーSQUIDの動作点

の順に調整

最大化後、Φ-V特性の振幅が大きいデバイスほど出力電圧が大きいデバイスとなる

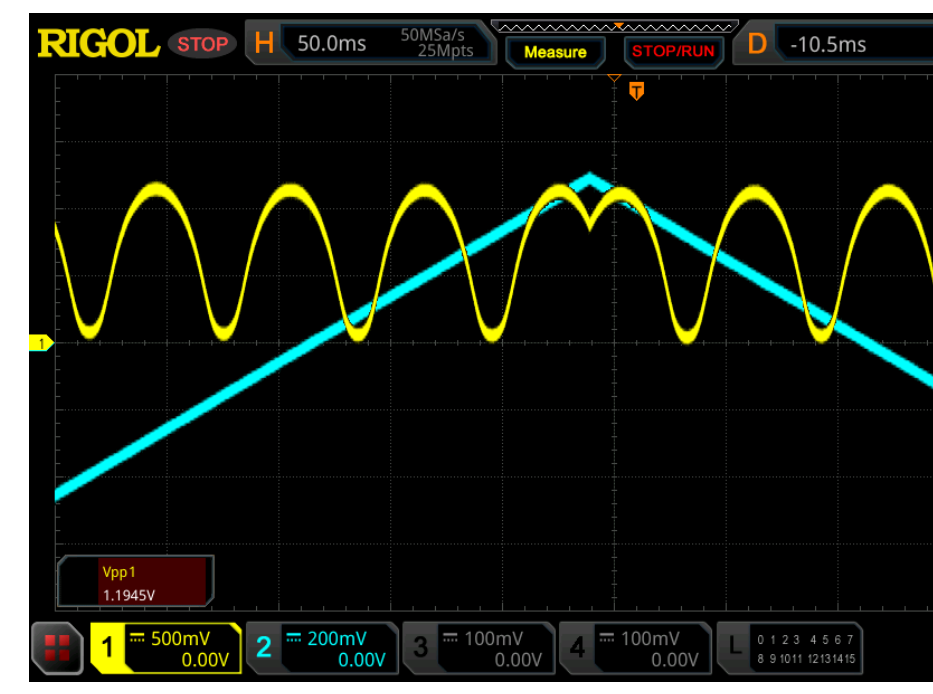
セットアップ作成



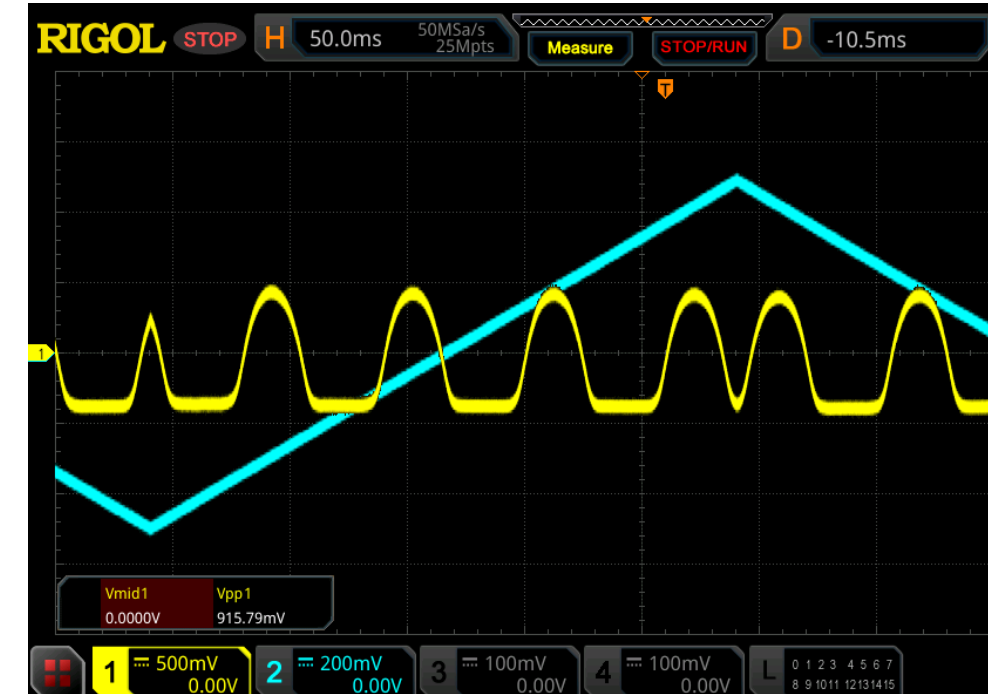
5. 性能試験結果

黄:Φ-V特性 青:オシロスコープで特性を確認するための信号

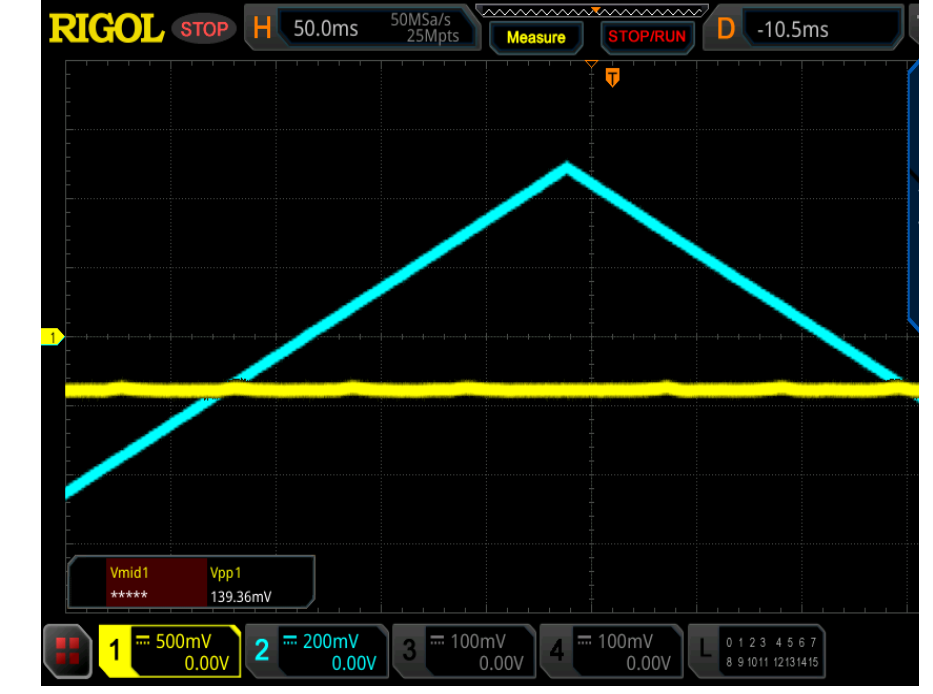
① アンプSQUIDのバイアス電流



② アンプSQUIDの動作点



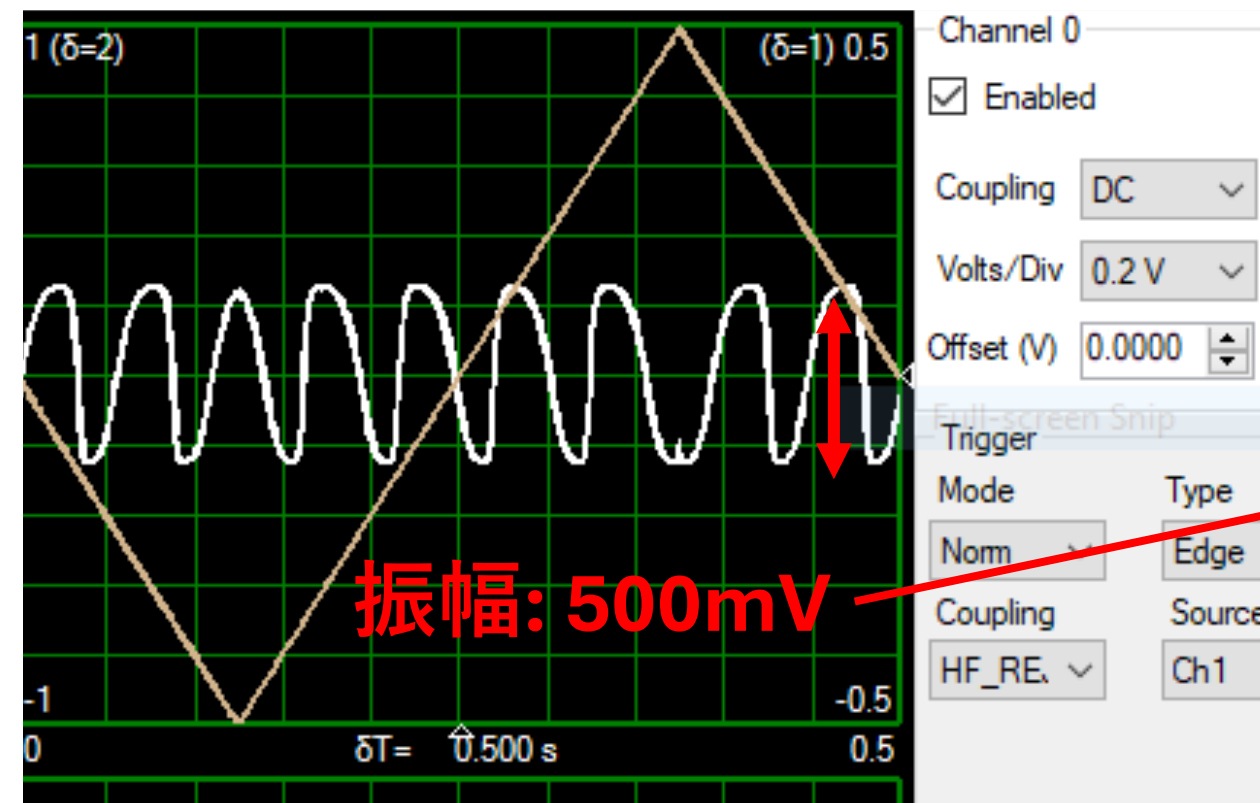
③ センサーSQUIDのバイアス電流



④ センサーSQUIDの動作点



IBSの先行研究



先行研究ですでに検出器に用いられているSQUIDと比べて、十分な出力性能であることを確認できた

6. まとめと展望

まとめ

- 作成したセットアップによって、短時間でSQUIDの性能試験を行えるようになった。
- SQUIDデバイスの性能試験を行い先行研究と比較し、検出器に用いるのに出力性能が十分であることを確認した。

展望

- 現在所有している残り5つのデバイスについても性能評価を行う。