

# 基板吸収型テラヘルツ波検出器の イメージングに関する研究

埼玉大学大学院理工学研究科

数理電子情報部門 田井野徹

---

## 【共同研究者】

埼玉大学教員：明連広昭、高田進

埼玉大学学生：石井宏和、青木一隆、渡邊穰、山下直人、卒業生

理化学研究所：大谷知行、有吉誠一郎、佐藤広海

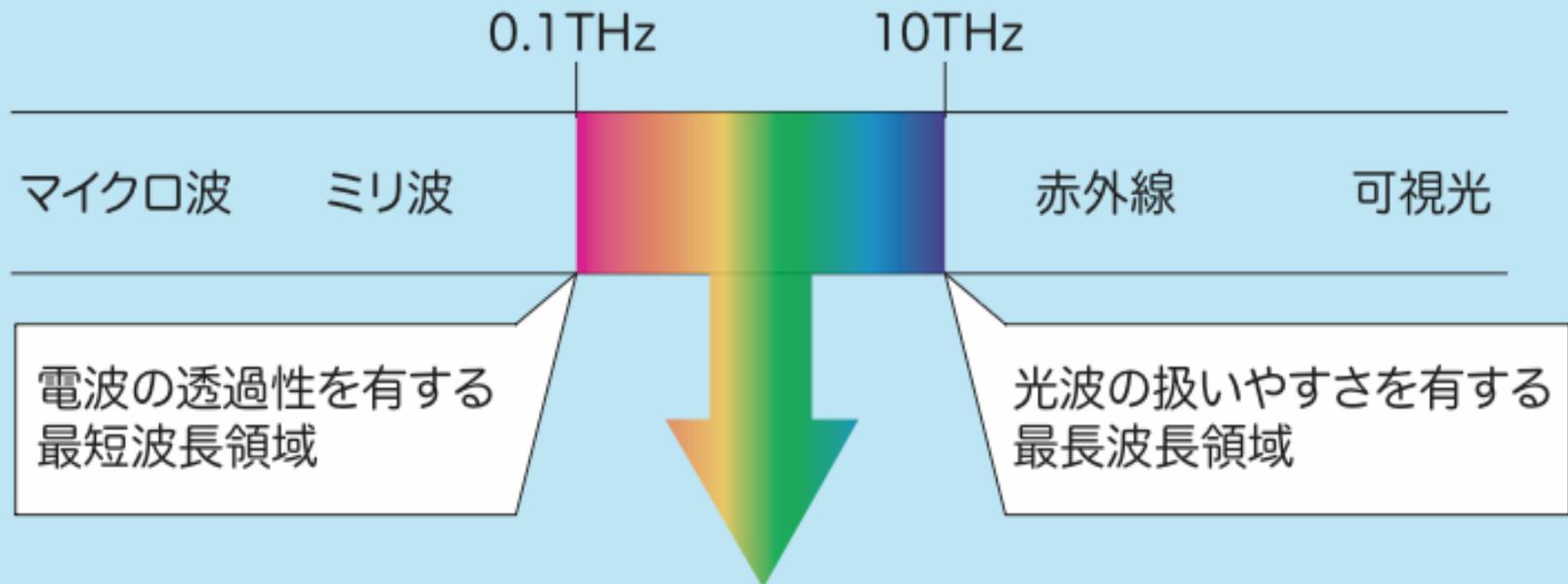
## 【謝辞】

本テーマは科研費、埼玉大学先端プロジェクトの援助を受けております。

# 講演内容

- 1 テラヘルツ波とは
- 2 超伝導トンネル接合について
- 3 超伝導トンネル接合を用いた  
テラヘルツ波検出について
- 4 これまでの研究成果について
- 5 まとめと今後の展望

# テラヘルツ波とは



## テラヘルツ波

- ・半導体、プラスチック、紙、ゴム、乾燥食品、骨などを透過  
→ X線と同じ特徴ではあるが被曝の心配がない!
- ・多くの試薬などにテラヘルツ帯指紋スペクトルが存在

# 講演内容

- 1 テラヘルツ波とは
- 2 超伝導トンネル接合について**
- 3 超伝導トンネル接合を用いた  
テラヘルツ波検出について
- 4 これまでの研究成果について
- 5 まとめと今後の展望

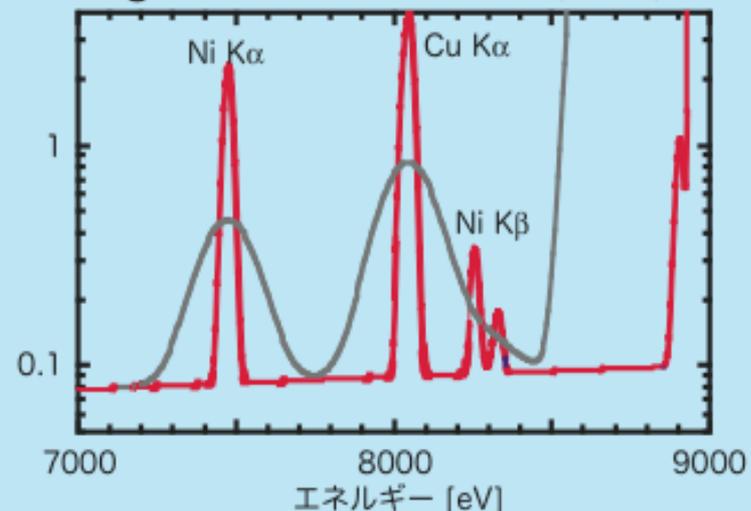
# 超伝導トンネル接合フォトン検出器

- ・ 検出器 = 目
    - 目がよいと視界が広がる
    - = 検出器の性能が良い
  - ・ 検出器の性能
    - エネルギー分解能
    - エネルギー帯域
    - 速度が速い、etc...
  - ・ 現状の検出器
    - 半導体検出器  
(Solid State Detector : SSD)
    - シンチレーション検出器
    - ガス検出器
- いずれも速度、分解能の面で一長一短

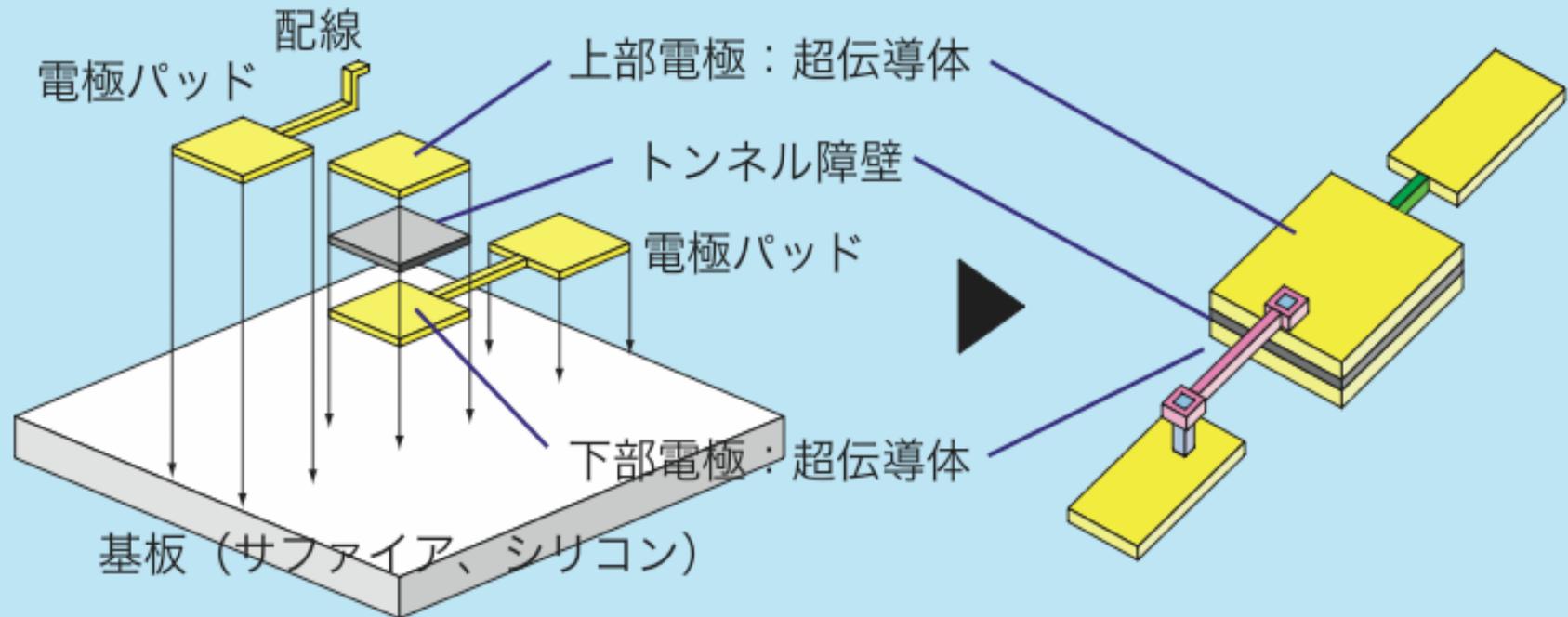
超伝導トンネル接合素子 : Superconducting Tunnel Junction (STJ)

次世代のフォトン検出器

- ・ エネルギー分解能
  - 4eV (理論)
- ・ エネルギー帯域
  - 可視光から極端紫外線
- ・ カウントレート
  - 数10000CPS



# 超伝導トンネル接合の構造

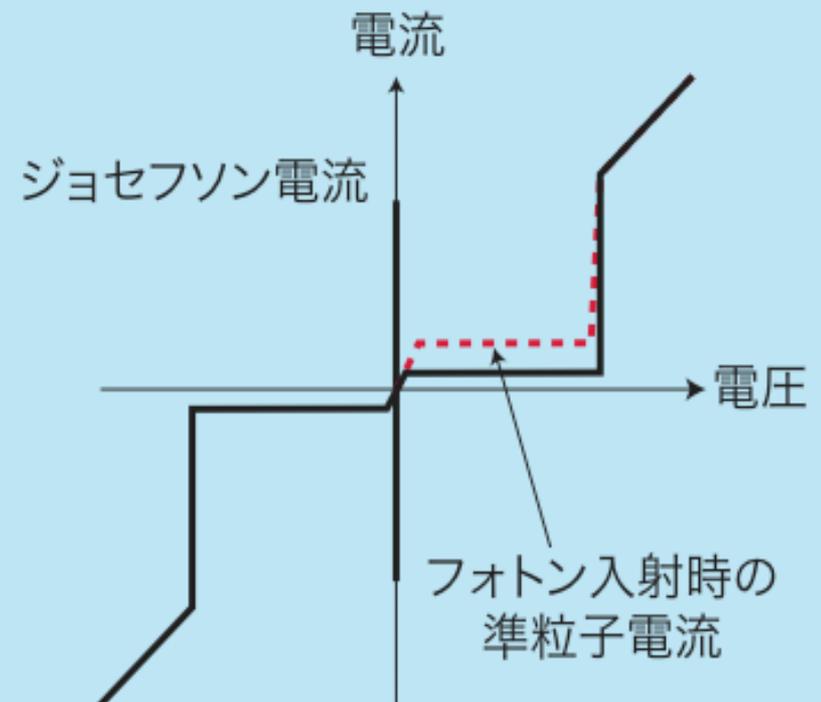
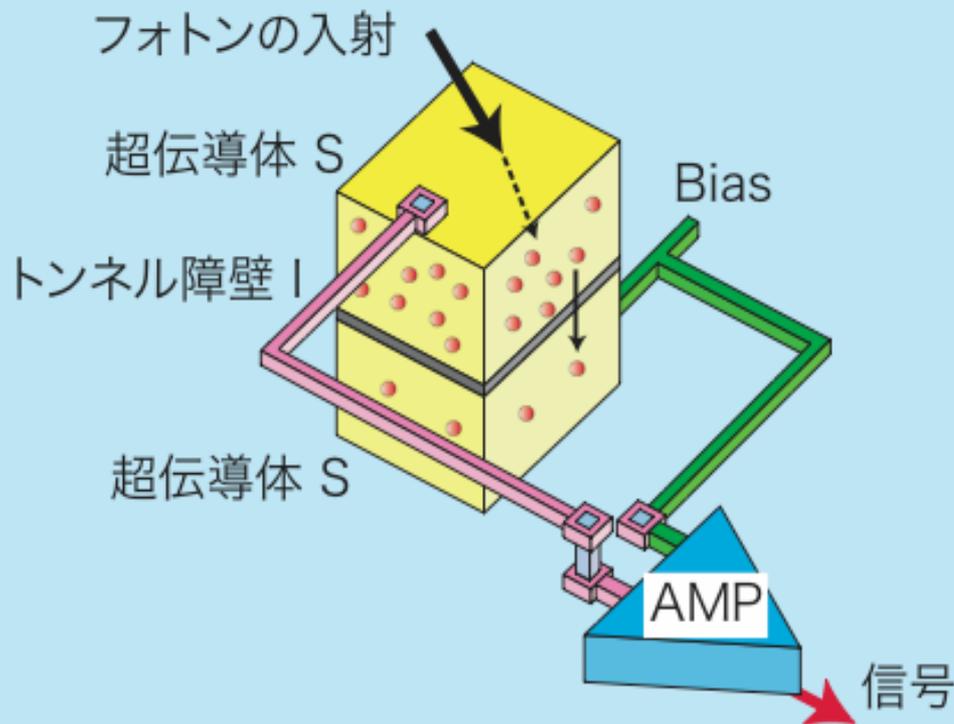


STJ 検出器作製に必要な装置

- ・スパッタ装置
- ・エッチング装置
- ・露光装置



# 超伝導トンネル接合のフォトン検出



# 講演内容

- 1 テラヘルツ波とは
- 2 超伝導トンネル接合について
- 3 超伝導トンネル接合を用いた  
テラヘルツ波検出について**
- 4 これまでの研究成果について
- 5 まとめと今後の展望

# STJを用いた THz 波検出器

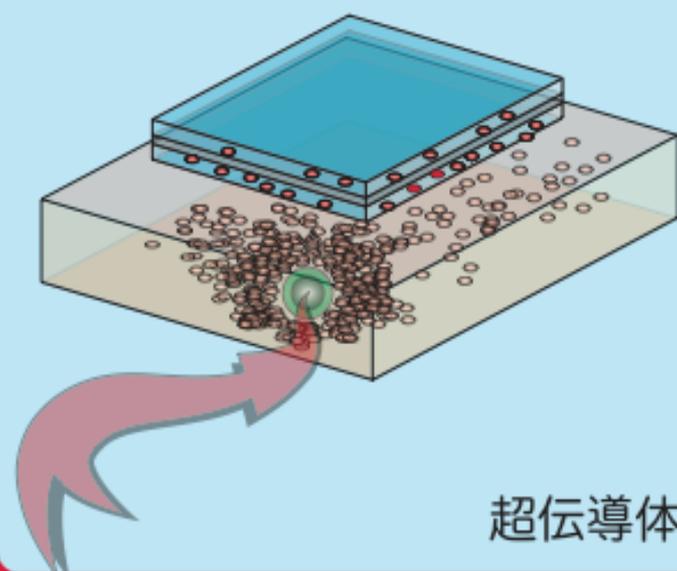
## STJ検出器の特徴

- 高感度  
NEP:  $\sim 10^{-17} \sim 10^{-18}$  W/ $\sqrt{\text{Hz}}$  ※理論値
- 高速応答  
応答時間: 1 $\sim$ 10  $\mu\text{sec}$
- アレイ化素子の作製が容易  
半導体プロセス技術を使うことができる

## テラヘルツ波検出器

- ・熱型検出器  
→ 広い波長領域  
→ 応答速度が遅い
- ・量子型検出器  
→ 応答速度が速い  
→ 限られた波長領域

## 基板吸収型STJ-THz波検出器



THz波が基板に照射



基板内にフォノン発生



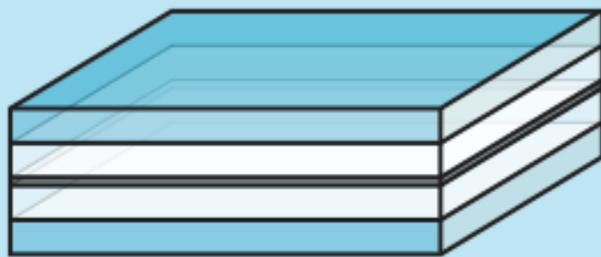
フォノンが基板を伝搬



超伝導体内のクーパ対を解離

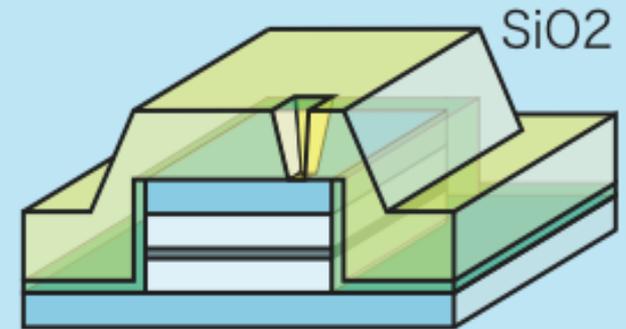
# STJ-THz 波検出器の作製

- ・マルチレイヤー積層

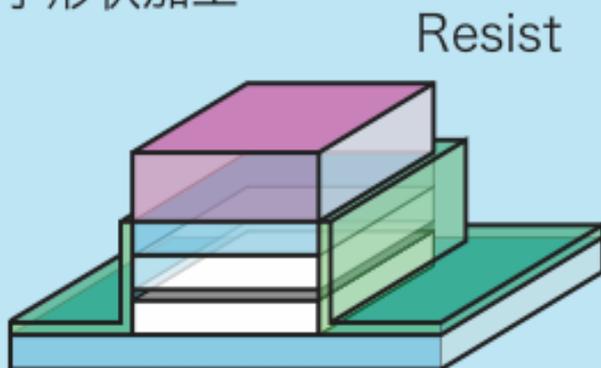


Nb  
Al  
AlOx  
Al  
Nb

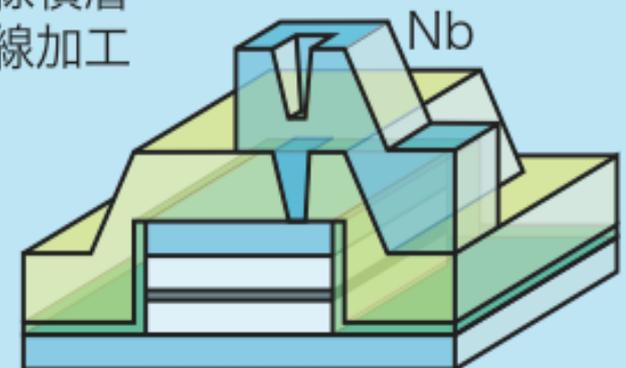
- ・層間絶縁膜積層
- ・コンタクトホール加工



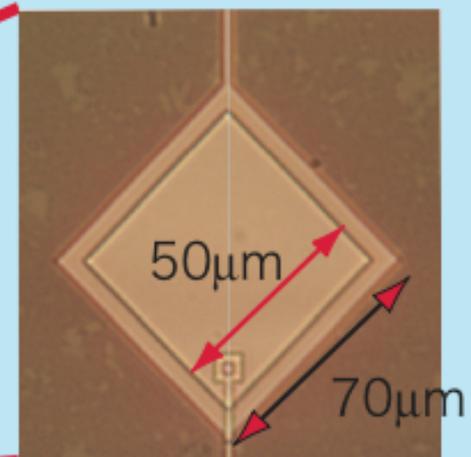
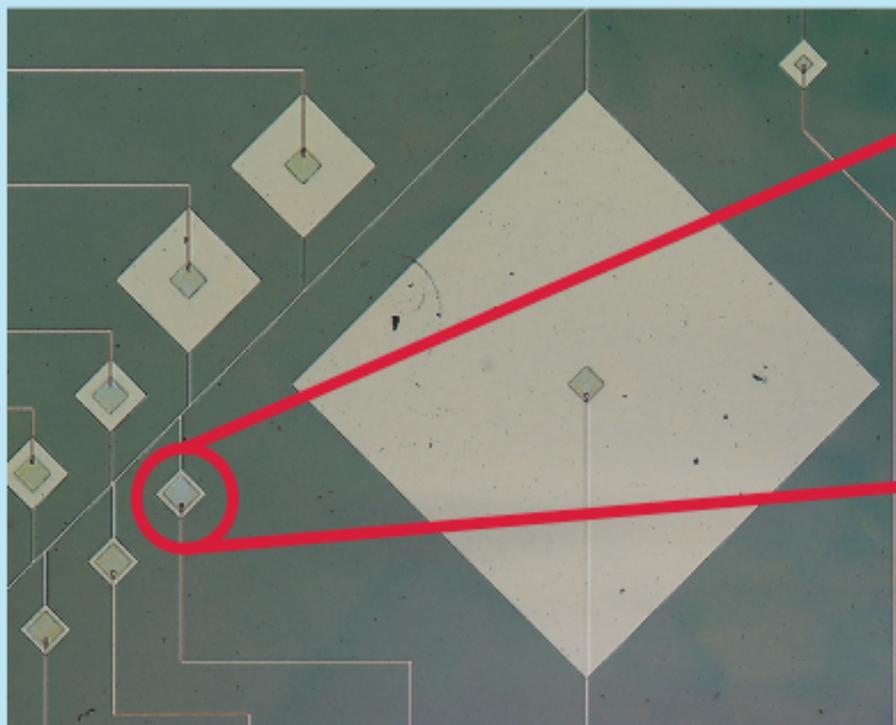
- ・素子形状加工



- ・配線積層
- ・配線加工

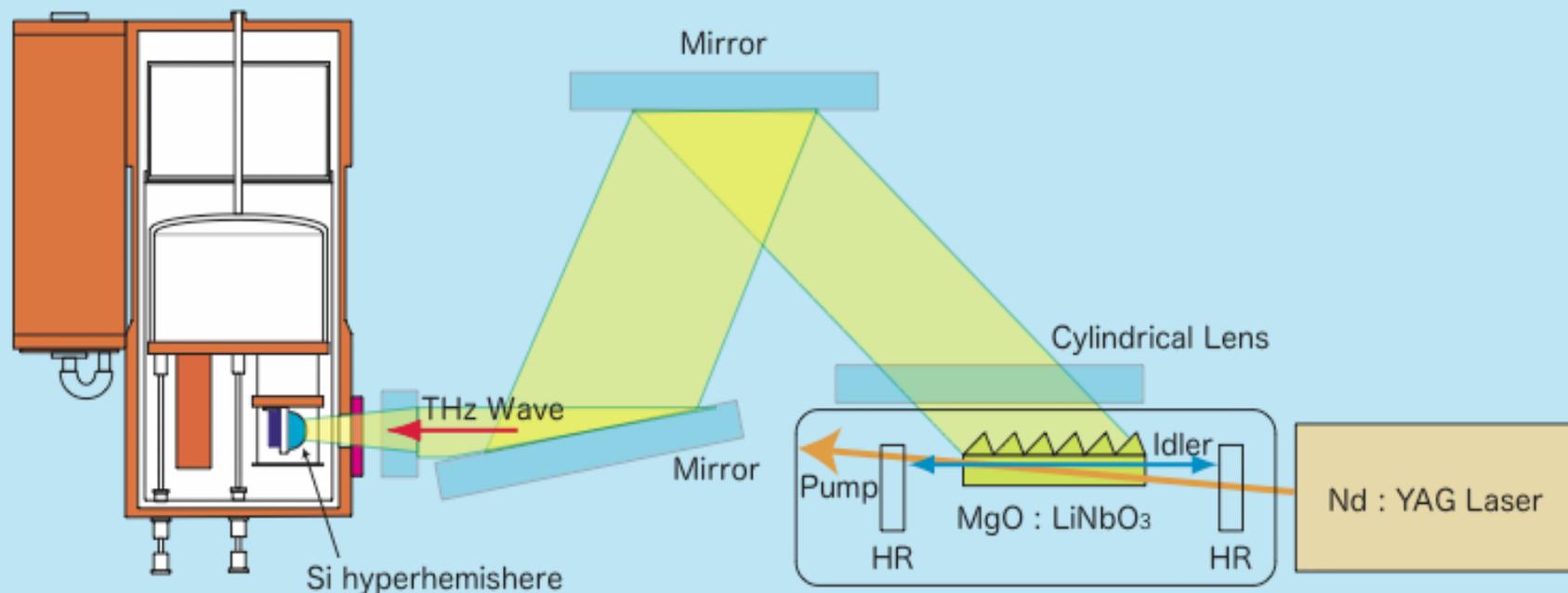


# 作製した STJ-THz 波検出器



- ・構造: Nb/Al/AlO<sub>x</sub>/Al/Nb
- ・ $J_c = 150 \text{ A/cm}^2$
- ・接合面積:  $50\mu\text{m}^2$
- ・受光面積:  $70\mu\text{m}^2$

# 実験セットアップと光源

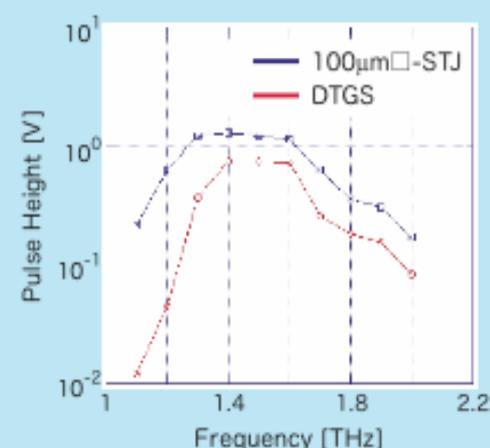
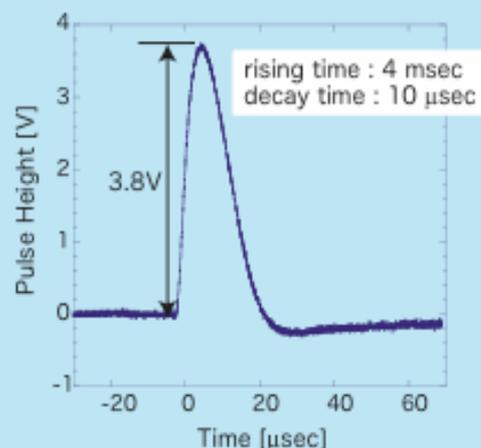
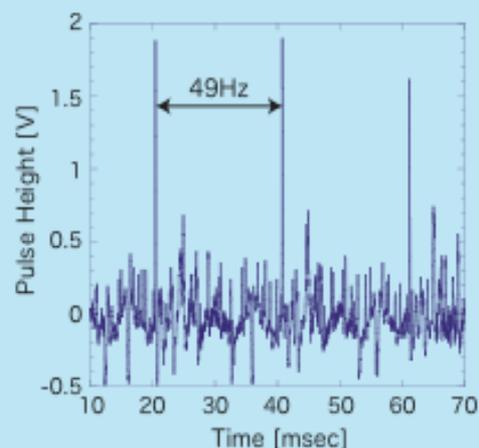


可変長THz波光源:TPO  
(Terahertz Parametric Oscillator)

Frequency : 1.5 THz  
Repetition : 49 Hz



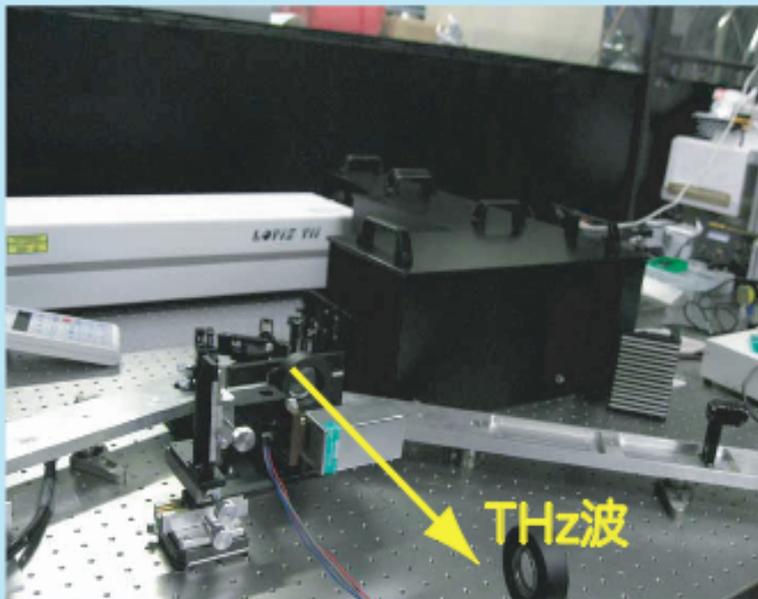
# THz 波検出実験結果



基板吸収型STJ素子を用いて、  
世界で初めてTHz波の検出に成功

従来の検出器と同様の傾向で  
かつ大きな出力

# 埼玉大学における実験設備



これまでは、THz波検出実験を  
理化学研究所で行っていた



THz波光源を購入



- ・いつでも実験可能
- ・光源の安定化に成功
- ・大学においてTHz照射実験成功

# 講演内容

- 1 テラヘルツ波とは
- 2 超伝導トンネル接合について
- 3 超伝導トンネル接合を用いた  
テラヘルツ波検出について
- 4 **これまでの研究成果について**
- 5 まとめと今後の展望