

平成13年度 国立天文台ALMA共同開発研究 研究成果報告書

1. 研究課題名 超伝導トンネル接合素子を用いたサブミリ波帯検出器の開発 2. 区分 A・(B)
理化学研究所 情報基盤研究部

3. 研究代表者 氏名 佐藤 広海 所属 イメージ情報技術開発室

4. 研究成果の概要 (1000字程度で、ALMA計画に関連して重要であると思われる成果を重点的に記入してください。
必要に応じて図表等は別紙として添付してください。また、主要な購入物品との関係についても記載してください。)

平成13年4月より、当部局が理研に所有する超伝導薄膜作製専用プロセスラインを利用して、ニオブ系超伝導トンネル接合素子(STJ)を用いたサブミリ波帯フォトン検出器の開発研究を進めてきた。当年目標は、直接検出器感度の中心周波数～650 GHz、比帶域幅～10%を目指した基盤技術開発として、STJ接合面積が数 μm^2 と微小で、絶縁層の薄さの指標である臨界電流密度が1 kA/cm²と大きく、温度0.3Kでの漏れ電流が10 pA程度と小さい高品質な単一STJ作製技術の確立にあった。これは、本研究開始以前の理研STJ作製スペックに比較して、接合面積が約100分の1小さく、電流密度が約10倍という薄い絶縁層をもつ作製条件である。

具体的な開発過程としては、素子作製 → 電流電圧特性の評価 → 作製プロセスの改良 → 素子作製 → ……を繰り返し行い、クリーンルーム内での作製技術の検討を重ねた。STJ側面部の電気的絶縁手法（陽極酸化プロセス）の新規導入、ニオブ膜内に発生する応力の最適化、透過型電子顕微鏡(TEM)観察によるSTJ断層写真の考察等により、接合面積=4 $\mu\phi$ 、電流密度～1 kA/cm²の単一STJを高い歩留まり(90%以上)で作製することに成功した。更に、STJを複数個並列配置した分散型接合を平面アンテナと準光学的に結合させたフォトン検出器としてのデバイス作製(別紙1)を行い、サブミリ波フォトンの初直接検出を実証した。

以上に述べた微小STJ作製技術の確立は、ALMA計画におけるヘテロダイイン受信機用のデバイス開発にも充分応用可能なレベルに達しつつあることを示すものである。

又、研究開発経費(30万円)の用途としては、STJ断面のTEM観察・分析費用に充当させて頂いた。4月～約半年間はSTJの電気的特性、作製歩留まりの劣化を招いていた要因を同定できなかった。しかし、STJ多層膜構造(Nb/Al/AlOx/Al/Nb=2000/100/15/100/2000Å)の絶縁バリア界面付近の様子(別紙2)を視覚的に診断することによって、特性劣化の要因がSTJ多層膜面の膜質自体ではなく側面部の電気絶縁の不完全性にある、という原因究明に大いに有効であった。

次年度は、より微小面積(2.2 $\mu\phi$)のSTJ作製技術の検討と共に、ASTE望遠鏡搭載用のサブミリ波フォトン検出器の実現に重点を絞り、周波数感度特性、検出効率等の最適化を行う予定である。

5. 成果発表（学会発表、研究会集録などを含みます。印刷中、投稿中なども可。）

著者名	論文標題
有吉 誠一郎	ASTE 搭載サブミリ波カメラの開発 III
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
2001.10.4, 「日本天文学会 2001 年 秋季年会」	

著者名	論文標題
有吉 誠一郎	ASTE 搭載サブミリ波カメラの開発
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
2002.1.17, 「NRO workshop (受信機関連技術に関するワークショップ)」	

著者名	論文標題
有吉 誠一郎	サブミリ波観測用 STJ の開発
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
2002.1.18, 「第 3 回 STJ workshop (超伝導体検出器の開発と応用)」	

著者名	論文標題
有吉 誠一郎	ASTE 搭載サブミリ波カメラの開発
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
2002.2.18, 「第 3 回 開発実験センター・ユーザーズミーティング」	

著者名	論文標題
有吉 誠一郎	Fabrication of superconducting direct detectors in submillimeter-wave bands
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
2002.6.30, RIKEN Review, No.47, (in press)	

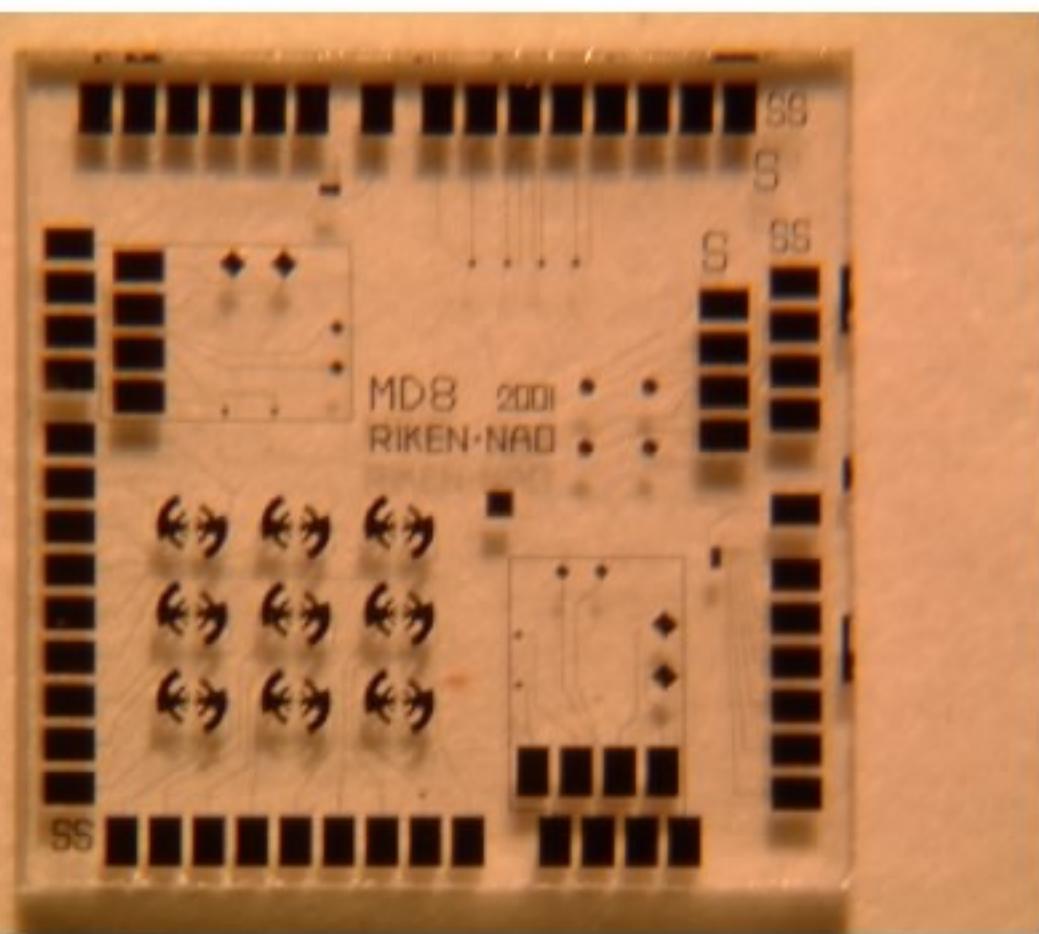
著者名	論文標題
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	

著者名	論文標題
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	

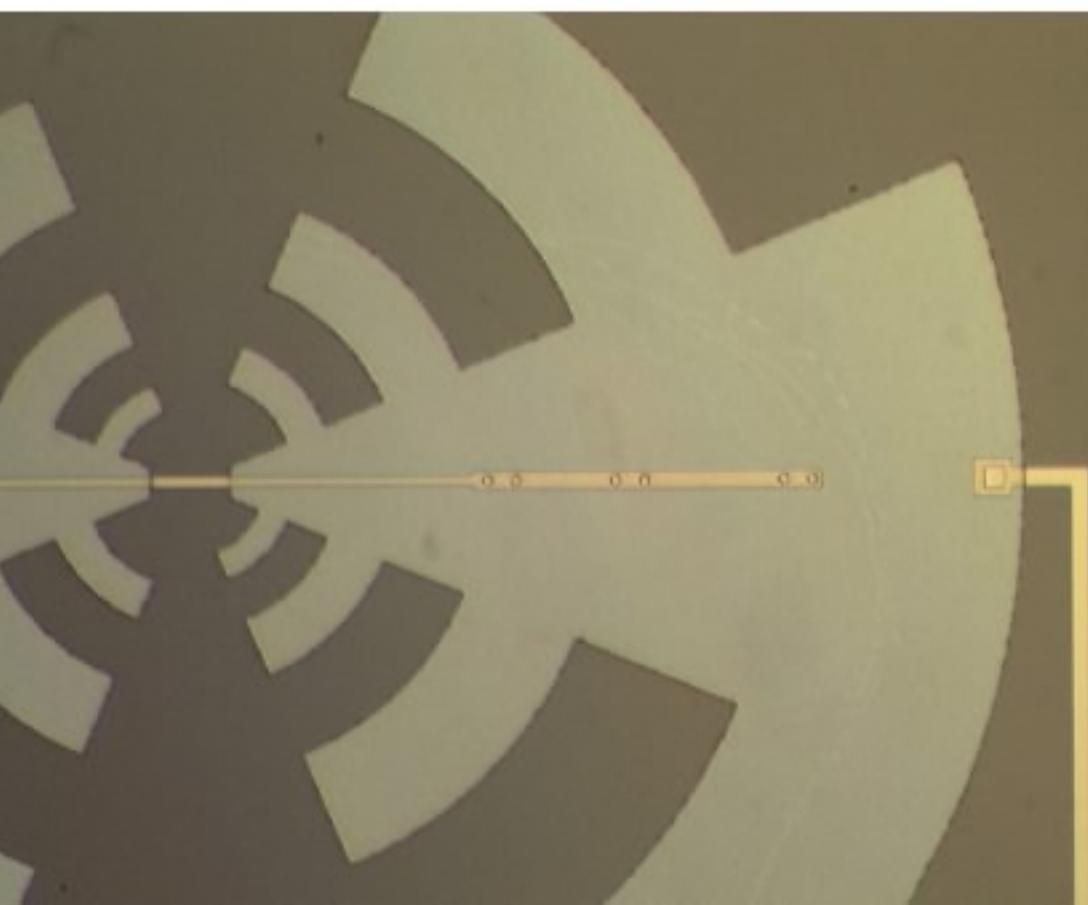
6. 別刷り（各1部を添付してください。コピーも可。）

<サブミリ波フォトン検出器の写真>

[別紙1]



理研で作製したチップ
(一辺5mm)

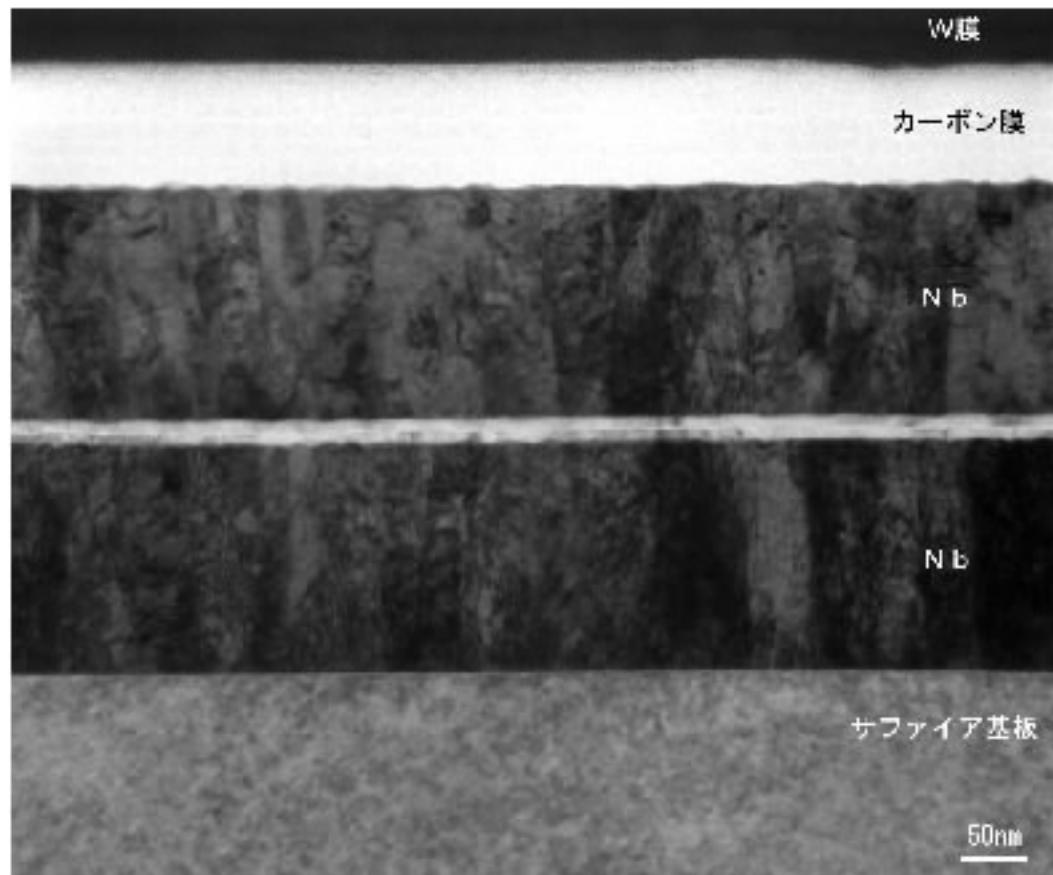


フォトン検出器(1画素)
の拡大写真
(半径~200 μm)

<TEM観察(FIB加工)>

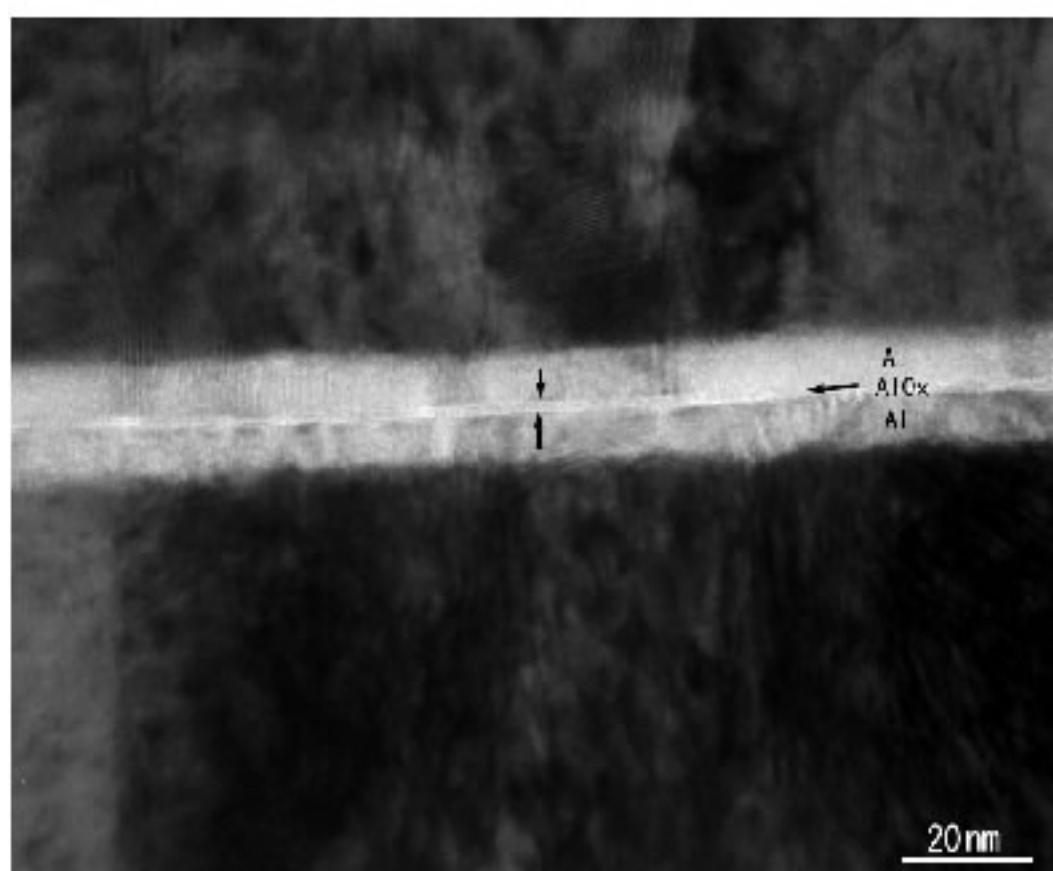
—コベルコ科研(株)へ分析依頼

[別紙2]



多層膜全体写真

注:上層のカーボン膜、
W(タンゲステン)膜は、
FIB加工時の保護膜。



絶縁バリア付近の
拡大写真

★ 絶縁層(AlOx)の膜厚
~ 1.5 [nm]

AlOx絶縁バリアの界面は平坦性が高く、膜質は良い。