X線観測用誘電体マイクロカロリメータに向けた極低温動作下における広帯域高利得な低雑音増幅器の研究

野地拓匡[1)], 福田豪[2)], 吉田賢史[3)], 小林雄太[3)], 菊池貴大[4)], 関谷典夫[4)], 山崎典子[3)], 大橋隆哉[1)], 川崎繁男[3)]

1)首都大学東京, 2東京理科大学, 3) JAXA, 4)東京大学

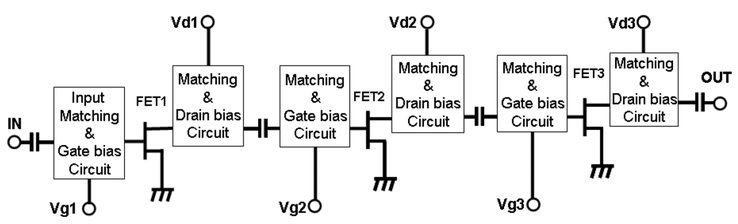
1. 研究背景

X線は宇宙における高温、高エネルギー現象をとらえるのに最も適した電磁波である. 例えば、銀河団からの高温ガスはX線ではっきりと観測される. 宇宙X線の観測は、宇宙の化学・力学的進化を知るための重要な手段の一つである. 図1に2015年打ち上げ予定のX線天文衛星ASTRO-Hを示す.
X線光子1個のエネルギーを熱に変換し、微小な温度上昇として測定するマイクロカロリメータが提案されている. 極低温で好感度の温度計を用いることにより高いエネルギーが達成される. 誘電体マイクロカロリメータは高周波回路技術を利用し、誘電体の誘電率の温度依存性を用いるものである. この方法は、高いエネルギー分解能と多素子アレイの形成による大きな検出器面積が期待される.
誘電体マイクロカロリメータで検出する信号は小さく、また、多素子アレイ化による共振周波数の多重化のため、極低温で動作する低広帯域高利得な雑音増幅器が不可欠である. 本稿では、誘電体マイクロカロリメータに向けた低雑音増幅器の極低温での測定結果と放射線試験の結果を報告する.

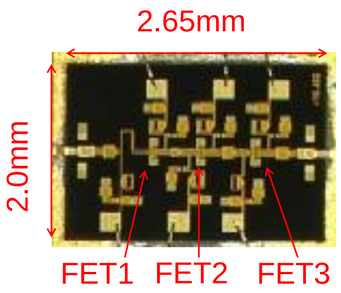
図1 2015年打ち上げ予定X線天文衛星ASTRO-H

2. 低雑音増幅器

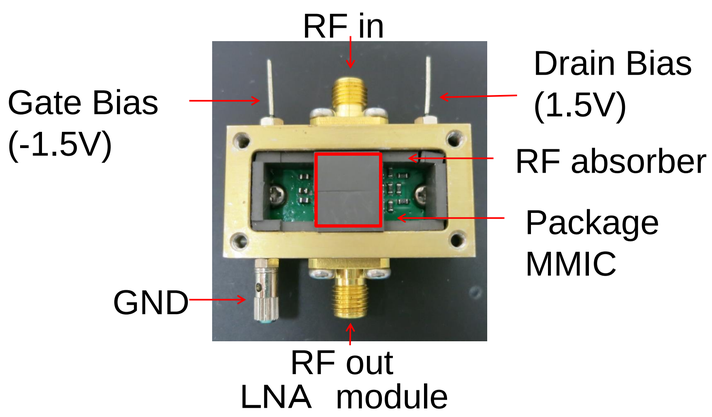
低雑音増幅器
・3 stage GaAs pHEMT low noise amplifier (LNA) MMIC
・chip size：2.65 mm×2.0 mm
・module size: 38 mm×22 mm
.
・Gain@10GHz: 32.7dB
・NF@10GHz: 2.1dB



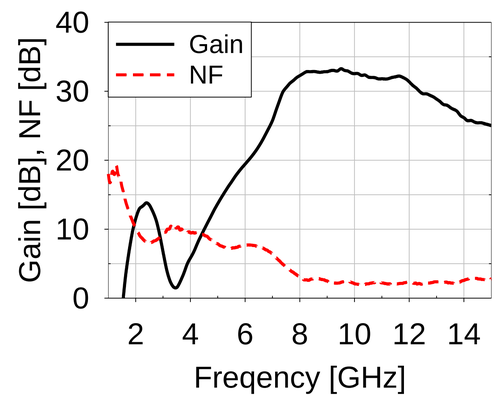
MMIC LNA circuit structure block diagram



MMIC LNA Chip



LNA module



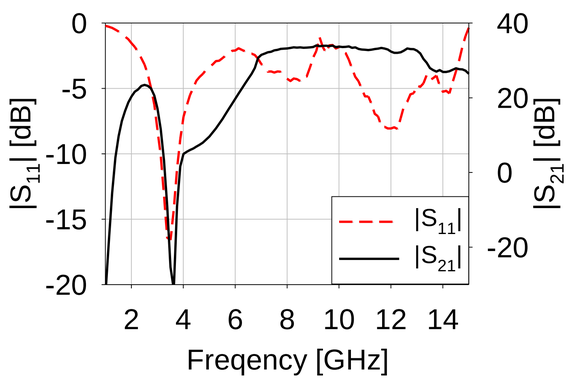
@10 GHz	300 K
Gain [dB]	32.7
Noise Temp. [K]	180
NF [dB]	2.1

常温でのGainとNFの周波数特性

3. 極低温での測定

77Kにおいて7-13GHzで30dB以上のGain

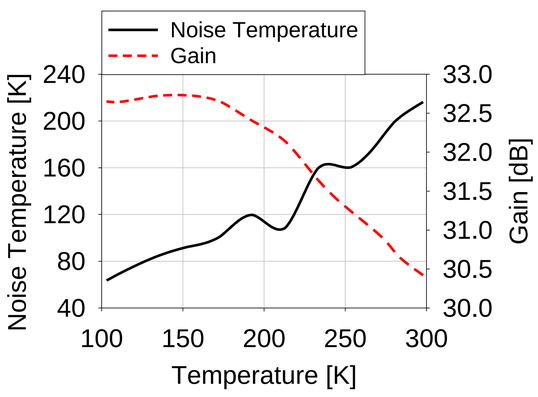
検出器の共振周波数間隔を1MHzとすると、6000素子のアレイ化に対応



@10 GHz	77 K
Gain	33.8 dB

77Kでの周波数特性

300-103KにおいてGainとNFの向上を確認した.

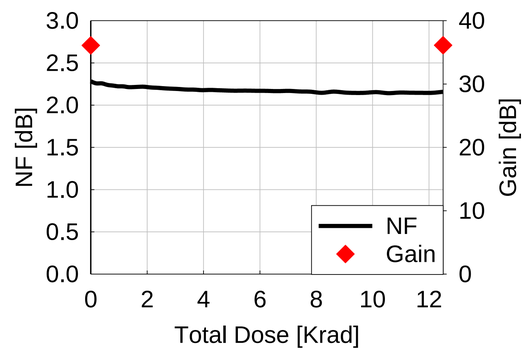


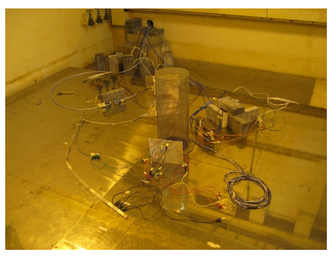
@10 GHz	300 K	103 K
Gain [dB]	30.5	32.6
Noise Temp. [K]	222	63
NF [dB]	2.4	0.86

103K-300KでのGainとNFの温度特性

4. 環境試験

10GHzにおいてGaAs LNAの耐放射線性を評価する^{60}Coを用いたTIDテストを行い、NFとGainを測定した.





放射線試験設備
（日本原子力研究開発機構 ）
（高崎量子応用研究所）

5. まとめと今後の課題

本稿では誘電体マイクロカロリメータに向けた低雑音増幅器の検討をし、77KまでのGainとNFの測定値を得た. また、放射線試験では^{60}Coを用いたTIDテストを行い、GainとNFの安定した動作を確認した. 今後は、液体ヘリウムを用いて4Kでの測定を行う予定である.

This document is provided by JAXA.