

InP HEMT MMIC 冷却低雑音増幅器の開発

大野剛志⁽¹⁾、中野洋⁽²⁾、平地康剛⁽²⁾、川口則幸⁽³⁾

ohno@nitsuki.com http://www.nitsuki.com

(1) 日本通信機株式会社、(2) 株式会社アムシス、(3) 国立天文台

概要

我々は、電波天文用の低雑音受信機など低雑音・高感度の計測が求められる装置での使用を目的とした、InP HEMT MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) を用いた冷却低雑音増幅器の開発を行っている。InP (インジウム燐) 系のHEMTは従来のGaAs (ガリウム砒素) 系HEMTに比べ電子移動度が高く、高利得、低雑音、高周波性能に優れる特性を持つ。

InP HEMTを用いた冷却低雑音増幅器は既に海外の研究機関では開発され、ALMA、WMAP、QUIET、Planckなど多くの電波天文関連のプロジェクトで用いられている。一方、日本国内でもInP HEMTを製作するプロセスを持つメーカーや研究機関は存在するが、多くは光デバイスや高速通信等が目的とされ、極限の低雑音性能が求められる天文関連分野などへの応用はあまりされてこなかった。

国内のInP HEMTプロセスで低雑音重視の要求に充分対応可能であり、我々は国内プロセスでの供給を目指してInP HEMT MMICの開発を行った。

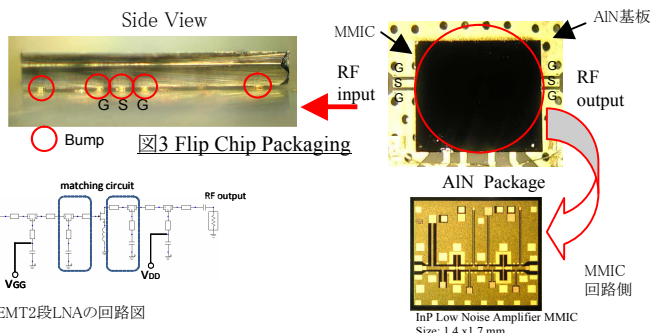
ターゲット

低雑音性能が必要とされる各プロジェクト

- ・国立天文台の各電波望遠鏡
- ・韓国、台湾など各国の電波天文台
- ・ALMA Band-1 etc...

40GHz帯 InP HEMT MMICの試作

ワイヤーボンディングの寄生容量による性能低下を避ける為MMICチップの電極を直接基板に接合するフリップチップ実装を採用した。フリップチップ実装の概要を図3に示す。



<InP HEMT素子の概要>

gate length : 0.1 μm
gate width : 40 μm

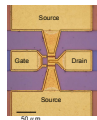


図1 InP HEMTチップ

<設計パラメータの測定>

- 1, InP HEMT素子のパラメータ測定
Sパラメータ、ノイズパラメータ、静特性等
- 2, 回路素子のパラメータ測定
伝送線路、ブリッジ、キャパシタ、抵抗等の特性を行い回路設計を行った。

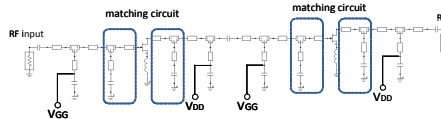


図2 InP HEMT 2段LNAの回路図

InP HEMT MMICの性能測定結果

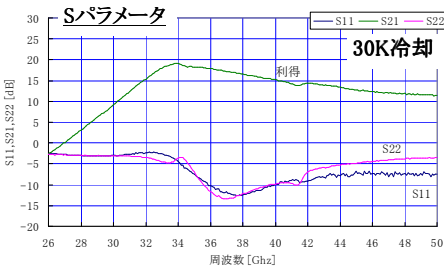


図5 MMICの30K冷却時のSパラメータ測定結果

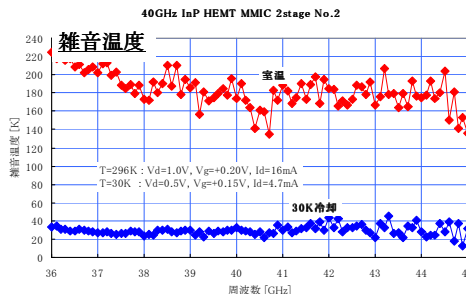


図6 MMICの室温、及び30K冷却時の雑音温度測定結果

試作MMICをフリップチップ実装し、Sパラメータと雑音温度の測定を行った。測定物理温度: 300K (室温) 及び30K冷却で、RFプローブを用いてMMICチップ単体の性能を測定した(図4)。

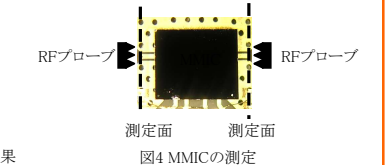


図4 MMICの測定

LNAケースへの実装・測定

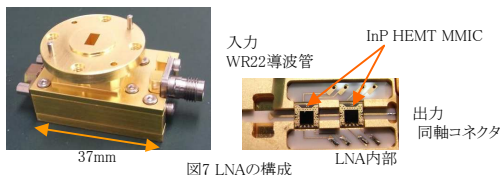


図7 LNAの構成

上記のMMICをLNAケースに実装し、室温・冷却で性能測定を行った。LNAケースはWR22導波管入力で、ケース内部でマイクロストリップラインに変換されMMICに接続される。十分な利得を得る為MMIC 2個を縦続接続し、出力は同軸コネクタの構成となっている。MMICの実装状態の写真を図7に示す。

室温での測定結果を図8、冷却時(22K)の測定結果を図9に示す。冷却時で43GHz利得30dB、雑音温度25Kの結果が得られた。

図10に従来の弊社製 9838QB 43GHz冷却増幅器との雑音温度の比較を示す。今回のInP HEMTを用いた冷却増幅器は従来の9838QBに比べ、雑音温度が大幅に低い良好な結果となった。

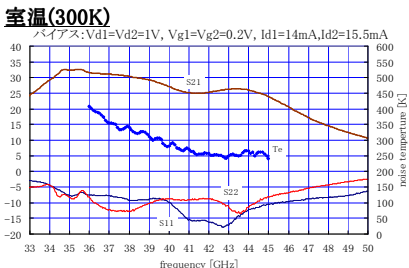


図8 室温時のSパラメータ及び雑音温度測定結果

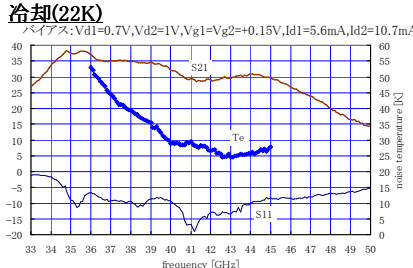


図9 22K冷却時のSパラメータ及び雑音温度測定結果

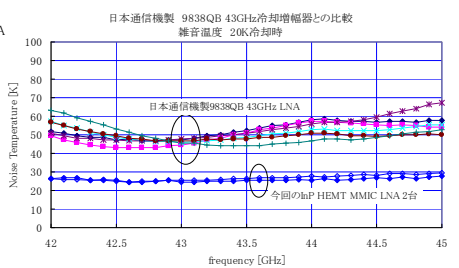


図10 日本通信機製9838QB 43GHz冷却増幅器との比較

まとめ

- ・InP HEMTを用いた40GHz帯 MMIC LNAを試作した。
- ・試作したMMICを室温、及び冷却でSパラメータと雑音温度の測定を行った。22K冷却時にMMIC単体で20~30K程度の雑音温度性能であった。
- ・MMICをLNAケースに実装し冷却測定を行った。43GHzで雑音温度25Kの性能が得られた。従来の43GHz冷却LNA(弊社製9838QB)と比べ良好な性能が得られた。

謝辞

本開発を始めるにあたっては、宇宙航空研究開発機構 坪井昌人教授、同 村田泰宏准教授、法政大学 春日隆教授には多くの有意義な議論を頂きました。謝意を表します。