

平成11年度 国立天文台LMSA共同開発研究 研究成果報告書

1. 研究課題名 ミリ波サブミリ波におけるSSB・SISミキサの開発 2. 区分 A・B3. 研究代表者氏名 水野 亮 所属 名古屋大学大学院理学研究科

4. 研究成果の概要（1000字程度で、LMSA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。）

LMSA計画を推進する上で広帯域・低雑音の超伝導ミキサの基礎開発が重要である。近年の傾向としてミリ波・サブミリ波受信器は、調整の簡便なチューナー・レス・ミキサの開発が主流となっている。確かに50 - 75台にもおよぶALMAの実際の受信器調整を考えると、チューニング・エレメントは少ないほど良い。しかしその一方、チューニング・エレメントを付けることにより、超伝導ミキサ単体の能力をどこまで引きだせるかを追究することも、SISミキサの性質をより深く知る上で重要なアプローチである。

名古屋大学ではこれまで後者の立場に立ち、受信器開発を進めてきた。その主な特徴は、

- (1) 2つのバックショートを用いることにより、受信器雑音の低減とシングルサイドバンド化(SSB化)を図ることができる。
- (2) LOの供給方法として、SIS素子のIF出力ストリップ線路(IFチョークフィルタ)側から供給する方法(Built-in LO Path法、BLP法)を開発した。この方法は従来のビーム・スプリッタ法に比べ、1) ミキサ前段での挿入損失を減らすことができる、2) 冷凍機等の機械的振動の影響を受けにくいいため高い位相安定性が期待できる等の利点がある。実際に230GHz帯の試作機で、ビーム・スプリッタ法に比べ、約10Kの雑音温度の低減に成功している(Xiao et al. 2000)。
- (3) ミキサマウントの導波管部の加工に電鋳を用いず、スリッティング・ソウを用いることにより、大学の研究室にあるフライスで容易にかつ短時間で製作することが可能である。

本研究は、上に示したような名古屋大学で開発してきた方法が、230GHzから345GHz帯の受信器を製作する上で、どの程度実用性があり、ミキサの性能をどこまで引きだすことが可能かを見極めることを目的とするものである。

最終目標は345GHz帯受信器の開発であるが、今年度はその基礎的なノウハウを確立することをめざして200GHz帯でのミキサ、通倍器(100GHz×2通倍)の開発・製作・性能評価を行った。当研究費で購入したバラクタ・ダイオード、ミリ波コンポーネント、PC等は上記の通倍器の製作およびミキサ性能評価装置の整備に用いた。測定に用いたGunn発振器のパワー不足のため、210GHzよりも周波数の高いところでは十分な実験はできなかったが、以下のような結果・知見が得られた。

- (1) バックショートによるSSB化は、110GHzの場合と同様サブ・バックショートの調整により10dB以上とれることが確認されたが、バックショートやミキサマウントの摩耗による劣化が110GHzの場合よりも早いという問題が明らかになった。
- (2) BLP法によるLO供給に関しては、195GHzから210GHz帯においても十分なLO powerを供給できることが示された。また、AOSを接続して取得したアラン分散の測定結果においても、ビーム・スプリッタ方式(クライオスタット窓に付く露除去のために風があたっている)に比べて2-3倍程度安定時間が長いことが示された。一方、LOのカップリング効率は、測定周波数範囲内でファクタ5程度の周波数特性を持つことが明らかになり、より広帯域で効率良いLO供給を実現するためには、SIS基板上のチョーク部分の設計の見直しが必要であることが明らかになってきた。
- (3) スリッティング・ソウを用いた加工では、導波管合わせ面で10ミクロン程度の段差が生じる等、微細加工時の応力による変形が100GHz帯ミキサの時よりも目立ってきた。また、マウント材質として、熱伝導性や切削性などの観点から、真鍮マウント以外にアルミマウント、テルル銅マウントなども製作し、素子をマウントした状態で実験を繰り返し現在経年変化を調べている。その結果、テルル銅マウントが切削性と熱伝導性共にすぐれており、アルミマウントは熱伝導性はよいものの、切削性と耐摩耗性で問題があることがわかってきた。また、最近では微細エンド・ミル(100ミクロン)を用いたミキサマウントの試作を行っており、スリッティング・ソウを用いた場合よりも加工時の変形量が小さくできることがわかってきた。エンド・ミルによる加工は、計算機による数値制御が可能という点でもスリッティング・ソウよりも優れている。短時間で高精度のミキサマウントが量産できる可能性を持っていることから、今後実際の試作機で電気的な性能評価を行い、実用化をめざしたい。

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
K.C. Xiao, H. Ogawa, A. Mizuno, and Y. Fukui	A LO Path Built-in SIS Mixer for Further Improvement of Noise Performance
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
Proceedings of SPIE's International Symposium on Astronomical Telescopes and Instrumentation 2000	

著者名	論文標題
K.C. Xiao, H. Ogawa, A. Mizuno, and Y. Fukui	Low Noise SIS Receiver Development at Nagoya University
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
Proceedings of the 2000 China-Japan Joint Meeting on Microwaves (CJMW'2000)	

著者名	論文標題
K.C. Xiao, H. Ogawa, A. Mizuno, and Y. Fukui	A 230 GHz Low Noise Subharmonically Pumped SIS Mixer
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
Proceedings of the 2000 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2000)	

著者名	論文標題
K.C. Xiao, H. Ogawa, A. Mizuno, and Y. Fukui	An Experimental Study of Subharmonic SIS Mixing
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Special Issue at Dec. 2000	

著者名	論文標題
青山紘子, 水野範和, 森平淳志, 肖可成, 森口義明, 浅山信一郎, 飯田早苗, 小出直久, 豊田秋一郎, 山本宏昭, 鈴木和司, 小川英夫, 大西利和, 水野亮, 福井康雄	200GHz 帯超伝導受信器の開発
発行年、雑誌・研究会名、巻・号、ページ	
日本天文学会 2000 年春季年会、地上観測機器、V22a	

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。）