

科学衛星搭載用プラズマ波動観測器アナログ回路部の集積化に関する研究

Study on the integration of analog circuits for plasma wave instruments onboard scientific satellites

今久保 洋 [1]; 松本 陽史 [1]; # 齋藤 悠人 [2]; 小嶋 浩嗣 [1]; 上田 義勝 [3]; 山川 宏 [4]

Hiroshi Imakubo[1]; Takashi Matsumoto[1]; # Yuto Saito[2]; Hirotsugu Kojima[1]; Yoshikatsu Ueda[3]; Hiroshi Yamakawa[4]

[1] 京大・RISH; [2] 京大・生存圏; [3] 京大・RISH; [4] 京大・生存圏研

[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] RISH, Kyoto Univ.

近年の宇宙環境計測ミッションにおいて、編隊飛行衛星による多点同時観測の潮流がより色濃くなってきている。さらに外宇宙環境探査の必要性も年を追うごとに高まってきており、無衝突プラズマ中でエネルギー・運動量授受に密接に関連するプラズマ波動を計測するプラズマ波動観測器 (PWI) への要求もより高いものとなっている。特に観測器のサイズと重量に関する制約は厳しいものとなりつつあり、PWIの中で大きな部分を占めるアナログ機器の小型化及び軽量化は急務の課題となっている。そこで当研究グループでは近年 PWI のアナログ機器の集積化について研究を行っている。この PWI の小型化では、ASIC (Application Specific Integrated Circuit: 特定用途向け集積回路) 技術を採用している。

PWIに関連するアナログ回路として、帯域制限ローパスフィルターとして用いる Gm-C フィルター、フォールデッドカスコードオペアンプおよびアンチエイリアシングフィルターのためのスイッチトキャパシタの集積化を行った。これらの回路の設計とレイアウトを行った後、TSMC (Taiwan Semiconductor Company) 社プロセスを利用、そのチップを受け取り後に計測を行い集積回路の特性を評価した。結果として、Gm-C フィルターについては仕様よりも低いカットオフ周波数、ノイズレベルを示した。同相分除去比 (CMRR: Common Mode Rejection Ratio) についても 40dB と低い値を示した。しかしながら、これらの点は素子のばらつきを考慮した設計によって改善が可能である。フォールデッドカスコードオペアンプについてはゲイン特性は所望の特性が得られたものの、ノイズレベルは仕様より高い値を示した。したがって再設計の際には改善が必要であり、特に MOSFET のゲートサイズについて考慮する必要がある。さらにオペアンプをスイッチトキャパシタに用い、スイッチトキャパシタフィルターの設計を行い、過渡解析を行うことで分散信号の入力に対し、その動作を確認した。製造されたチップに関して、サイズと重量について計測した。従来の PWI のアナログ回路部が A4 サイズで重量が約 400g であったのに対し、今回作成したチップは、面積が数 mm²、重量は数 g と大幅に小型軽量化された。

さらにバンドパスフィルターを、シングルエンド方式の Gm-C フィルターによって実現することを試みた。これは、過去の研究において完全差動型バンドパスフィルターが低周波領域において所望の特性を示さなかったことによる。シングルエンド方式においては、異なった型の OTA (Operational Transconductance Amplifier) が必要となることからこの OTA の設計を行っている。本講演では、これらアナログ ASIC の開発状況を中心に、プラズマ波動観測器の小型化に向けた取り組みについて報告する。