

## 宇宙プラズマ波動観測器用小型スイッチトキャパシタフィルタの開発

# 水落 悠太 [1]; 小嶋 浩嗣 [2]; 池田 博一 [3]; 上田 義勝 [4]  
[1] 京大・工; [2] 京大・RISH; [3] JAXA・ISAS; [4] 京大・RISH

### Development of integrated switched capacitor filter for plasma wave receivers onboard satellite

# Yuta Mizuochi[1]; Hirotsugu Kojima[2]; Hirokazu Ikeda[3]; Yoshikatsu Ueda[4]  
[1] Electric engineering, Kyoto Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] RISH, Kyoto Univ

It is important for space development by human to understand physical processes taking place in space plasmas. One can study it by observing plasma waves. Therefore the plasma wave receiver is developed and has been installed in many scientific satellites.

Recently, because of the restrictions of launching costs and weight budgets of satellites in multiple satellite missions and planetary missions, sizes of satellites and onboard instruments should become smaller and smaller.

Plasma wave receivers mainly consist of analogue circuits such as low-noise amplifiers, various filters, A/D converters. Since they need to observe six components of plasma waves (three components of electric field and three components of magnetic field), six channels of wave receivers with the above analogue circuits should be prepared. Therefore, to miniaturize the system of plasma wave receivers, the miniaturization of analogue circuits is essentially needed. Thus, we have been attempting to develop compact analog circuits for plasma wave receivers by using the application specific integrated circuit (ASIC) technologies.

In the present paper, we introduce development of anti-aliasing filters located before A/D converters. The active filter consisted by conductance and capacitance cannot obtain enough extraction rates because of dispersion by manufacturing. Therefore, we have developed them using switched capacitor circuits because they are not affected by dispersion. We designed fifth order Butterworth and Chebyshev filters. We plan to make three channels of Butterworth filters in the one chip to study effect of mutual coupling with each channel.

We can realize several circuits inside the chip of the size with 3mm\*3mm. This fact indicates the possibility that plasma wave receiver will be made much smaller. We also show results of function and performance tests of the developed analog chips.

人類が宇宙開発を進める上で宇宙環境を知ることは重要である。その中で、宇宙の電磁環境を観測するプラズマ波動観測器 (PWI: Plasma Wave Instrument) が重要な役割を果たしている。近年、打ち上げ衛星の小型・軽量化に伴いPWIなどの観測器のサイズ・重量に対する制約が厳しくなっており、PWIを構成するアナログ機器の小型・軽量化が必要となっている。そこで本研究グループでは、特定用途向け集積回路 (ASIC: Application Specific Integrated Circuit) 技術を用いてPWIを構成するアナログ回路部を集積化することに関する研究を行っている。これまで、メインアンプ、メインアンプ前段の帯域制限用 Low-pass filterなどが設計・試作されその動作が確認されてきた。今回は、いまだ設計されていない構成回路のうちPWIを構成するアナログ回路のうちA/Dコンバータ前段でエイリアシング効果を防ぐためのアンチエイリアシングフィルタの設計を行った。

集積回路でコンダクタンス・コンデンサを用いてアクティブフィルタを設計・製造すると素子のばらつきによって十分な歩留まりを得ることができない。そこで、今回フィルタを設計するにあたり、キャパシタンスとスイッチ、オペアンプを組み合わせたスイッチトキャパシタ回路を用いることとした。スイッチトキャパシタ回路においてフィルタの特性はキャパシタンスの比で表わされる。キャパシタンス個々の値は約10%程度のばらつきを持つが、キャパシタンスの比精度は0.5%以下といわれる。よって、スイッチトキャパシタ回路で構成したフィルタの特性はばらつきに強いものとなる。

始めに、スイッチトキャパシタとしての動作を確認するために、構成・設計法がシンプルなバターワース型のフィルタを設計した。1次、2次、4次のバターワースフィルタの設計・レイアウトを行い、TSMC(Taiwan Semiconductor Manufacturing Company)社の0.25  $\mu\text{m}$  プロセスを用いてチップを設計・試作した。いくつかの素子においてその特性を測定したところ、カットオフ周波数に約6%の誤差、また各チップの通過帯域における定常ゲインの平均値に対して約2%程度のばらつきを確認した。多少の誤差、ばらつきを確認したが、所望のフィルタに近い特性を得ることができたと考えられる。以上のことより、スイッチトキャパシタ回路を用いてフィルタを構成可能であることを確認した。

一方、上記の試作ではシステムの出カインピーダンスが高く、それが問題であることが判明しており、そのため、オペアンプの出カインピーダンスを下げることでシステムの出カインピーダンスを下げるようにオペアンプの改善を行い、これにより数十kであった出カインピーダンスを数百にまで減ずることが可能となった。そのオペアンプを用いて、再びフィルタの設計を行った。今回は5次のバターワース特性とチェビシェフ特性、2種類のフィルタを設計した。今後、レイアウトを行った後に前回同様のプロセスによって製造し、その測定を行う予定である。本講演では、今回設計・レイアウトを行ったオペアンプ、フィルタの開発状況、特性等を中心に報告する。