

## プラズマ波動観測用チョッパー ASIC プリアンプによるフリッカ雑音の低減

# 糺 宏樹 [1]; 尾崎 光紀 [2]; 八木谷 聡 [3]; 小嶋 浩嗣 [4]; 頭師 孝拓 [4]  
[1] 金沢大学・自然科学・電情; [2] 金沢大・理工・電情; [3] 金沢大; [4] 京大・生存圏

### Reduction of flicker noise using a chopper ASIC preamplifier for plasma wave observations

# Hiroki Koji[1]; Mitsunori Ozaki[2]; Satoshi Yagitani[3]; Hirotsugu Kojima[4]; Takahiro Zushi[4]  
[1] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.; [2] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.; [3] Kanazawa Univ.; [4] RISH, Kyoto Univ.

Plasma wave observations by miniaturized satellites in the magnetosphere are important to understand the magnetospheric dynamics. We have been studying the miniaturization of the plasma wave instruments by using an application specific integrated circuit (ASIC) technology. In our previous study, ASIC preamplifiers for magnetic field measurements (1 Hz - 100 kHz) were developed by using 0.25  $\mu\text{m}$  complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) technology.

In this study, in order to reduce flicker noise of the previous ASIC preamplifier, we have developed a chopper stabilized ASIC preamplifier. Chopper stabilization technique is able to considerably improve the flicker noise (less than 1 kHz). The input voltage noise of the chopper stabilized ASIC preamplifier is by 20dB (at 1Hz) lower than that of the previous ASIC preamplifier. Thus, it is expected that magnetic field measurements in low frequency (e.g. ion cyclotron waves) are improved.

The noise sources of an operational amplifier consist of two parts: one is thermal noise dominated in high frequency band (more than 1 kHz), and the other is flicker noise dominated in low frequency band. The noise equivalent magnetic induction (NEMI) of typical magnetic sensors in low frequency is determined by flicker noise. The previous ASIC preamplifier consists of large gate area of transistors to decrease the flicker noise. In the chopper ASIC amplifier, the input signal is upconverted to a higher frequency in the thermal noise region. Then, the signal and the noise of the preamplifier are amplified. The signal is downconverted to the original frequency band. meanwhile the flicker noise is for then upconverted to the high frequency band. The prototype chopper ASIC preamplifier is current detection type. It is possible that the circuit has a differential input without a magnetic feedback. In comparison with the circuit of the previous ASIC preamplifier, the chopper ASIC preamplifier is complicated by including digital components. However it can reduce the chip area of ASIC.

We will present the design principles of our chopper ASIC preamplifier and discuss its electrical performances in detail.

磁気圏のプラズマ波動ダイナミクスを捉えるために超小型衛星の開発が進められており、それに伴い搭載されるプラズマ波動観測器の小型化も重要となっている。我々はアナログ ASIC(特定用途向け集積回路) 技術を用いてプラズマ波動観測器の超小型化の検討を行っている。先行研究では 0.25 $\mu\text{m}$  の CMOS デバイスを用い従来の衛星搭載用観測器と同等のノイズ性能をもつ交流磁界用 ASIC プリアンプ (数 Hz ~100 kHz) を開発した。本研究では、従来の ASIC プリアンプのフリッカ雑音を改善するためにチョッパースタビライゼーションを用いて、チョッパー ASIC プリアンプの開発を行っている。チョッパースタビライゼーションはフリッカ雑音 (1 kHz 以下) を大幅に改善することができる方式であり、入力換算雑音が 1 Hz で約 20 dB の改善を見込んでいる。これによりイオンサイクロトロン波などの低周波領域での磁界観測の改善が期待できる。また ASIC 化によりワンチップに収めることで小型化・低消費電力化 (14 mW) を実現することもできる。

通常のオペアンプは周波数に反比例する特性を持つフリッカ雑音領域とフラットな周波数特性をもつ熱雑音領域の二つの領域があり、低周波ではフリッカ雑音が支配的で観測感度は高周波 (1 kHz 以上) よりも低周波帯域で一般的に悪くなる。従来の交流磁界用 ASIC プリアンプはトランジスタのゲート面積を大きくすることでフリッカ雑音を抑制した。チョッパースタビライゼーションは、入力信号をクロック周波数を用いて変調し、熱雑音領域で増幅することによりフリッカ雑音の影響を大幅に低減できる。プリアンプに含まれるフリッカ雑音は復調する際にクロック周波数で高周波帯域に遷移され、増幅された信号は復調により元の信号の周波数帯域に復元される。今回試作したチョッパー ASIC プリアンプは電流検出方式になっており、磁気フィードバックを必要とせず差動入力で構成できるメリットがある。従来の交流磁界用 ASIC プリアンプと比べて変調機構などのデジタル部を含むことにより回路は複雑化するが、トランジスタのゲート面積を大きくする必要がないために小型化に有利である。

本発表では、我々の開発しているチョッパー ASIC プリアンプについての設計原理と実験結果について詳細に述べる。