

耐放射線特性に優れたプラズマ波動観測用 ASIC プリアンプ

糀 宏樹 [1]; 尾崎 光紀 [2]; 八木谷 聡 [3]; 頭師 孝拓 [4]; 小嶋 浩嗣 [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

Radiation hardened ASIC preamplifiers for plasma wave observations

Hiroki Koji[1]; Mitsunori Ozaki[2]; Satoshi Yagitani[3]; Takahiro Zushi[4]; Hirotsugu Kojima[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 and multiple satellites in the magnetosphere are important to understand the magnetospheric dynamics. Further reductions in the mass, volume, and power of analog circuits are continually being made in scientific instruments designed for plasma wave observations. We have been studying the miniaturization of the plasma wave instruments without degrading the electrical performances 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 um complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) technology.

In this study, in order to considerably reduce circuit resources (mass, volume, and power) for analog component of plasma wave instruments, we have developed a new ASIC preamplifier for electric field measurements and a triangular wave oscillator for a calibration system. A voltage gain of 10dB, a bandwidth of several MHz, and low impedance (50 ohm) drive are necessary for an ASIC preamplifier for electric field measurements. In comparison with the ASIC preamplifier for magnetic field measurements, the ASIC preamplifier for electric field measurements is designed for wideband operation with an improved output buffer driving a low impedance load.

In addition, a calibration system is built with a triangular wave oscillator. A wide frequency response can be evaluated by a number of harmonics of the triangular wave. We can embed preamplifiers and an oscillator together within a one chip. This could contribute to further miniaturization of plasma wave receivers.

Finally, total ionizing dose (TID) effects cannot be ignored for observations in a space environment. We could mitigate the TID effects by using CMOS devices having a gate oxide film which is much thinner than used in the conventional product. We experimentally confirmed that our ASIC preamplifiers exposed to a TID level 100 krad did not increase in noise property. We could develop a radiation hardened ASIC preamplifiers.

We will present the design principles of our ASIC preamplifier for plasma wave observations and discuss its electrical performances in detail.

磁気圏でのプラズマ波動観測は小型衛星や複数衛星での多点観測が主流となりつつあり、電磁波観測器の小型化、軽量化、低消費電力化が求められている。そこで、我々はアナログ ASIC(特定用途向け回路) 技術を用いて電気特性を劣化させることなくプラズマ波動観測器の超小型化の検討を行っている。先行研究では昨年度までに 0.25um 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、電磁波観測器のアナログコンポーネントに対して更なる小型化を狙い、交流電界用 ASIC プリアンプの開発と校正に用いる三角波発振器の開発をそれぞれ CMOS デバイスを用いて行った。電界観測用 ASIC プリアンプは電圧増幅率が最大で 10dB 程度、周波数帯域は数 MHz、低負荷 (50 オーム) の駆動を可能にする必要がある。そのため磁界観測用プリアンブと比べて、周波数帯域の広帯域化と最終段の負荷に流れる電流を増加させるように設計した。

また新たに校正システムとして三角波発振器の搭載を検討している。基本周波数を数百 Hz とする三角波を印加することにより、三角波が持つ高調波成分から広帯域の周波数特性が容易に得られるという特長を有する。三角波発振器を CMOS デバイスで実現することにより、1 チップ内にプリアンブと校正用発振器を同梱させることが可能になり、更なるシステムの小型化に寄与できる。

最後に、宇宙環境での自然波動観測において放射線の影響は無視できない。我々は民生品のものより十分にゲート酸化膜の薄い CMOS デバイスを用いて、ゲート酸化膜中の結晶欠陥に捕獲される正孔を低減させ、放射線の影響の改善を図った。開発した ASIC プリアンプと従来の衛星搭載用プリアンブに 100 krad のガンマ線を照射しそれぞれの電圧雑音の比較を行った。ASIC プリアンプはフリッカ雑音に対して影響が全くない結果が得られ、放射線に対して極めて強い耐性を実現した。

本発表では、我々の開発している交流電磁界用 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。