

SS-520-3号機北欧ロケット実験に向けた波形捕捉受信機 (WFC) の開発

徳永 祐也 [1]; 頭師 孝拓 [2]; 尾崎 光紀 [3]; 八木谷 聡 [1]; 小嶋 浩嗣 [2]; 山田 航平 [1]
[1] 金沢大; [2] 京大・生存圏; [3] 金沢大・理工・電情

Development of the Wave Form Capture (WFC) receiver for the SS-520-3 rocket experiment

Yuya Tokunaga[1]; Takahiro Zushi[2]; Mitsunori Ozaki[3]; Satoshi Yagitani[1]; Hirotsugu Kojima[2]; Kohei Yamada[1]
[1] Kanazawa Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.

The SS-520-3 rocket experiment has proceeded to understand the ion outflow near the polar cusp. This experiment is an important mission to detect in-situ wave-particle interaction causing the ion outflow phenomena. We have been developing Wave Form Capture (WFC) for the SS-520-3 rocket experiment. The WFC consists of four-stage circuit blocks. First stage is a differential input LPF to remove common mode noise. Second stage has main amplifiers to adjust the gain. Third stage is a Switched Capacitor (SC) filter to prevent aliasing. The cut off frequency of the SC filter can be changed with the clock pulse frequency. Final stage is an LPF to remove ringing noise from the clock for the SC filter. Our WFC has been developed by using Application Specific Integrated Circuit (ASIC) technology to reduce resources (size, mass and power) for the rocket experiment. The size of our WFC chip (1 ch) is 2.8 mm^2 , and the power is 26 mW. The equivalent input noises (100 Hz) are $7.4 \text{ uV/Hz}^{1/2}$ (main amplifier gain: 0 dB) and $0.93 \text{ uV/Hz}^{1/2}$ (20 dB gain). The WFC receiver onboard the ERG satellite is assembled with discrete devices. The size of WFC (1 ch) onboard ERG is 9350 mm^2 , the mass is 0.13 kg, and the power is 500 mW. Comparing these WFCs, we can achieve a sufficient reduction in the resources by using the ASIC technology. On the other hand, the WFC requires a high tolerance against the radiation environment for space experiments. We did a radiation test for the WFC chip. Alpha ray of 220 MeV was irradiated onto the WFC chip until the dose rate reached 400 krad. No impulse signals such as Single Event Effects (SEE) were observed during the radiation test. The output noise (100 Hz) of the WFC chip was increased by up to 6 dB in comparison with that before the radiation. This would be caused by degradation of electric performance by the radiation exposure. However, the WFC chip was not broken by the incident alpha ray up to 400 krad. Generally the radiation tolerance required for space experiments is up to 100 krad. Thus the WFC chip is expected to have a high robustness in space radiation environments.

We will present our WFC receiver for the SS-520-3 rocket experiment in detail.

電離大気流出現象を捉えるため、SS-520-3号機による北欧ロケット実験の計画が進められている。この実験は、電離大気流出の原因とされている波動-粒子相互作用をその場で検出し解明するミッションである。我々は、SS-520-3号機に向けて波形捕捉受信機 (WFC) を開発中である。WFCは、四段の回路ブロックで構成されている。初段は、コモンモードノイズを除去するため差動入力 LPF となっている。二段目は、ゲイン調整のためのメインアンプであり、三段目はアンチエイリアシングを防ぐため、任意のクロックを与えることでカットオフ周波数を変化させることのできる SC (Switched Capacitor) フィルタである。最終段の四段目は、SC フィルタにクロックを使用することで発生するリングングノイズを除去するための LPF である。我々が開発した WFC チップは、科学搭載機器のリソース (サイズ、質量、電力等) 削減のためにアナログ ASIC (特定用途向け集積回路) 技術を用いて開発している。そのため、1ch 分のサイズは 2.8 mm^2 で、消費電力は 26 mW となっており、入力換算雑音 (100 Hz) はメインアンプが 0 dB の時は $7.4 \mu \text{ V/Hz}^{1/2}$ で、20 dB の時は $0.93 \mu \text{ V/Hz}^{1/2}$ である。ディスクリート部品で構成される ERG 衛星に搭載されている 1ch 分の WFC はサイズが約 9350 mm^2 、重量が 0.13 kg、消費電力は約 500 mW である。両者の比較から、ASIC 技術により大幅なリソースの削減が実現できていることがわかる。また、WFC は放射線が飛び交う宇宙空間に暴露されるため、放射線に対しての耐性が必要である。そこで、我々は将来の科学衛星への搭載を見込み WFC チップに対して放射線試験を行った。試験内容は、220 MeV のアルファ線を WFC チップにトータルドーズ量として 400 krad まで照射するというものである。試験を行った結果、WFC チップの出力電圧波形からは、放射線によるシングルイベント効果のような瞬時的な影響は見られなかった。しかし、出力雑音 (100 Hz) は放射線暴露前と比較して最大 6 dB 増大することがあった。これは放射線暴露による電氣的諸特性の劣化と考えられる。しかしながら WFC の吸収線量が 400 krad になっても故障に至ることはなかった。一般的に、静止衛星軌道で 10 年分の吸収線量は 100 krad といわれていることから WFC チップは放射線に対して十分な耐性があるといえる。

本発表では、SS-520-3号機に搭載予定である WFC チップについて詳細に説明する。