

アナログ・デジタル混載 ASIC によるワンチップ新型プラズマ波動スペクトル受信器の開発

頭師 孝拓 [1]; 小嶋 浩嗣 [1]; 笠原 禎也 [2]; 濱野 拓也 [3]; 高橋 翼 [2]; 尾崎 光紀 [4]; 八木谷 聡 [2]; 徳永 祐也 [2]; 鎌田 俊介 [5]; 山川 宏 [1]

[1] 京大・生存圏; [2] 金沢大; [3] 金沢大学; [4] 金沢大・理工・電情; [5] 京大・生存圏

New type of spectrum plasma wave receiver using one-chip analog-digital mixed ASIC

Takahiro Zushi[1]; Hirotsugu Kojima[1]; Yoshiya Kasahara[2]; Takuya Hamano[3]; Tsubasa Takahashi[2]; Mitsunori Ozaki[4]; Satoshi Yagitani[2]; Yuya Tokunaga[2]; Shunsuke Kamata[5]; Hiroshi Yamakawa[1]

[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] Kanazawa Univ.; [3] Kanazawa Univ.; [4] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.; [5] RISH, Kyoto Univ

Plasma waves are important observational targets for scientific missions investigating space plasma phenomena. In recent missions, fast Fourier transform (FFT) -based receiver is commonly used as a spectrum receiver of the plasma wave instrument. The FFT-based spectrum receiver has advantages in its high time and frequency resolution. In addition, it can share the circuit with a waveform receiver. However, it has a disadvantage in the difficulty of adjusting its receiver dynamic range to the dynamic range of target signals in a wide frequency range, because the expected signal intensities of natural plasma waves strongly depend on their frequency ranges. This disadvantage is also seen in waveform receivers.

In order to overcome this disadvantage of an FFT-based spectrum receiver, we propose a new type of FFT-based spectrum plasma wave receiver that realizes the adjustable wide dynamic range to the expected signal intensities with keeping high time and frequency resolutions. The new receiver measures and calculates the whole spectrum by dividing the observation frequency range into three bands: bands 1, 2, and 3, which span 1 Hz - 1 kHz, 1 kHz - 10 kHz, and 10 kHz - 100 kHz, respectively. The receiver is composed of analog components, analog to digital converters (ADC), FFT module, and controller. Since it requires many analog and digital components, its size becomes large. To reduce the size of the receiver, we develop all analog and digital components as a mixed-signal Application-Specific Integrated Circuits (ASIC) chip.

We have successfully designed all components of the receiver, and we have verified analog components and ADC which developed as an ASIC chip. The dimension of the analog circuit that contains various filters and amplifiers is 4.21 mm x 1.16 mm, and the power consumption is 36 mW. The ADC has a 14-bit resolution and 33 MHz max sampling rate, and its size and power consumption at max sampling rate are 3.2 mm x 0.8 mm and 700 mW, respectively.

In the presentation, we will introduce detailed design and specification of the new spectrum receiver and each component.

プラズマ波動は宇宙電磁環境を解明するために重要な観測対象であり、プラズマ波動受信器は様々な理学衛星に搭載されてきた。プラズマ波動受信器には波形捕捉型・スペクトル型の2種類があるが、スペクトル型受信器としては高速フーリエ変換(FFT)ベースの受信器が近年主に使用されている。FFTベースのスペクトル型受信器は高い周波数・時間分解能を得られ、波形捕捉型受信器とアナログ回路を共有することができるという利点がある。しかしながら、受信器のダイナミックレンジを観測対象のダイナミックレンジに合わせるのが難しいという波形捕捉型受信器と同様の欠点を抱えている。

我々は、これらの欠点を克服した新型スペクトル受信器を提案している。新型スペクトル受信器は観測帯域を3つの周波数帯に分割し、それぞれ別のゲインを設定しダイナミックレンジを調整できるようにすることで上記の問題を解決することができる。現在の設計においては、Band1: 1 Hz - 1 kHz, Band2: 1 kHz - 10 kHz, Band3: 10 kHz - 100 kHzの3つのバンドに分割するようになっている。それぞれの周波数帯で波形を順番に測定し、FFTを実行することにより全体のスペクトルを得ることができる。この新型受信器はアナログ回路、A/D変換器、FFTモジュール及びこれらを制御するコントローラから構成されるが、必要となる回路が多いためそのサイズが問題となってしまう。そこで我々は、これらのコンポーネントを全てアナログ・デジタル混載ASICとして実装することにより小型かつ高性能な受信器を実現する。

これまでに、必要となる全てのコンポーネントの設計を完了しており、アナログ回路及びA/D変換器についてはASICとして回路を作成し、その検証も完了している。アナログ回路の面積は4.21 mm x 1.16 mmであり、消費電力は36 mWであった。ADCは分解能が14bit、最大サンプリング速度は33 MHzであり、面積は3.2 mm x 0.8 mm、最大サンプリング速度での消費電力は700 mWであった。

発表においては新型スペクトル受信器と個々のコンポーネントについて、詳細な設計及び、特性について紹介する。