

新型ワンチップ・プラズマ波動スペクトラム観測装置の設計開発

頭師 孝拓 [1]; 小嶋 浩嗣 [1]; 山川 宏 [1]
[1] 京大・生存圏

The development of the new type of the spectrum plasma wave receiver

Takahiro Zushi[1]; Hirotsugu Kojima[1]; Hiroshi Yamakawa[1]
[1] RISH, Kyoto Univ.

We have been attempting the miniaturization of plasma wave receiver by using the analog ASIC (Application Specific Integrated Circuit). Plasma wave receiver is categorized into the waveform type receiver and the spectrum type, and they are complementary to each other. We already succeeded in realizing 6 channels of the waveform receiver on the 5 mm x 5 mm chip. The waveform receiver has the advantage in observing nonlinear phenomena because it has the capability of detecting phase information of waves. However, it has several disadvantages. They are: large size of its output data due to the direct sample of waves, and the poor S/N originated from the frequency wideness of the observation band. To compensate these disadvantages, we propose the new spectrum receiver.

The new spectrum receiver is composed of analog circuits that is realized by ASIC and CPU or FPGA. Plasma waves picked up by sensors are limited in the specific frequency bands and amplified. Then, the band-limited signal is A/D-converted and applied to the FFT by CPU or FPGA. The band limit frequency, gain of the receiver amplifiers and sampling frequencies change synchronously step by step. By repeating this process, the receiver can obtain whole spectrum. In current design, the 1st band is between 1 Hz and 1 kHz, the 2nd is between 1 kHz and 10 kHz, and the 3rd is between 10 kHz and 100 kHz. In this presentation, we introduce the design of the new spectrum receiver in detail. We also introduce the measurement result of the analog component for the receiver.

宇宙空間におけるプラズマ波動現象の測定のために様々な理学ミッションにおいて、プラズマ波動受信器を利用した測定が行われてきた。プラズマ波動受信器は高性能なアナログ回路が必要であり、それらをディスクリート部品から構成しているために、大型となってしまうことが問題となっていた。我々は、プラズマ波動受信器について、特定用途向け集積回路(ASIC)を利用した小型化を行ってきており、現在までに6ch分の波形捕捉型受信器を5mm x 5mmのワンチップに収めることに成功している。しかし、波形捕捉型受信器においては、「波形をそのままサンプリングするためにデータ量が多く連続観測が難しい」、「広帯域のまま増幅を行うために高いS/Nが実現できない」、などの欠点がある。このような欠点を補うためには、スペクトル型のプラズマ波動受信器を別途用意するのが従来からのやり方であったが、スペクトル型プラズマ波動受信器は、更に、電子回路規模が大きくなるため、波形捕捉型受信器で得られた波形を、衛星機上でFFT計算することによってスペクトルを得て地上に伝送する、という手法がとられるようになっている。しかし、波形捕捉型受信器の観測波形から数値計算して得られるスペクトルを観測する以上、波形捕捉型がもつ上述の欠点をそのまま引き継いでいることになる。そこで、我々はASICによる波形捕捉型受信器のアナログ回路を利用した上で、上述の欠点を克服した新型のスペクトル受信器を提案する。

この新型スペクトル型プラズマ波動受信器はASICによるアナログ回路とCPUやFPGAによるデジタル信号処理を組み合わせた方式である。アナログ回路部は、ASICにより超小型化された状態で実現される。それは、主に帯域制限用バンドパスフィルタ、メインアンプ、アンチエイリアシングフィルタ及び、制御回路から構成される。各フィルタ及びアンプはそのカットオフ周波数やゲインを制御回路からの信号により可変となる構造をしている。バンドパスフィルタのカットオフ周波数を変化させることで測定対象である1 Hz ~ 100 kHzをある帯域を、いくつかの狭い帯域(バンド)に分けることができるようになる。そしてバンドの切替に同期して異なるゲインで増幅を行い、異なる周波数でサンプリングを行う仕組みを実現させる。サンプリングした信号はCPU、FPGAによりFFTをかけることでスペクトルを得る。このような処理を各バンドで行うことで対象とする周波数帯全体のスペクトルを測定する。現在の設計においては1 Hz ~ 100 kHzを1 Hz ~ 1 kHz、1 kHz ~ 10 kHz、10 kHz ~ 100 kHzの3つのバンドで測定することを想定しており、このようにバンド数が少数であるため、従来の細かく掃引するスペクトル型受信器に比べ、高い時間分解能を実現できる。

本発表では、この新型スペクトル型受信器について、アナログ回路部の設計及びこれまでに試作された各コンポーネントの測定結果について述べる。