

宇宙電磁環境モニターアナログ部チップ化に関する研究

松本 陽史 [1]; 今久保 洋 [2]; 小嶋 浩嗣 [1]; 上田 義勝 [3]
[1] 京大・RISH; [2] 京都大学生存圏研究所; [3] 京大・RISH

Study on design of analog integrated circuits for a space electromagnetic environment monitor

Takashi Matsumoto[1]; Hiroshi Imakubo[2]; Hirotsugu Kojima[1]; Yoshikatsu Ueda[3]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] RISH; [3] RISH, Kyoto Univ

Environments in space are strongly controlled by electromagnetic phenomena. Since space plasmas are collision less, we can recognize a status of electromagnetic environments by monitoring plasma/radio waves. Plasma wave receivers onboard satellites are the very sophisticated radio receivers with extremely high sensitivities. Therefore, they can be used to monitor space electromagnetic environments. For example, they can monitor the interaction between the huge structures such as space power station/satellite and space plasmas that might cause artificial disturbances around them. However, since the weight and size of typical plasma wave receivers are heavy and large, they are not suitable for the electromagnetic environment monitors, which are distributed around space structures in order to monitor in multiple points. Therefore, we need to re-design plasma wave receivers and to realize a very light weight and compact monitor instrument.

To develop the compact monitoring system, we design a part of analog electric circuits for the monitoring system, based on the ASIC (Application Specific Integrated Circuit) technology. Using ASIC technology, we can realize small and light weight analog circuits, and reduce its electricity consumption.

We designed several blocks of the whole circuits of the space electromagnetic monitor instruments last year; those are the differential amplifiers (10dB and 20dB) and low pass filters (gm-C filter). Because of worse accuracies, it is difficult to use resistances and coils inside ASIC chips. We have to replace these with MOSFETs and capacitors. There are some circuits to perform as amplifier or low-pass filter with only MOSFET and capacitor. We developed prototypes of the ASIC chips consisting of several channels of differential amplifiers, filters and A/D converters this year. In the present paper, we introduce the first designs of the ASIC chips and report the results of their function and performance tests.

宇宙における人類の大規模な活動が展開されるようになると、そこに人間活動があるからこそ発生するような宇宙環境の乱れが生じることが予測される。その乱れは電磁場の乱れとして観測される。例えば宇宙ステーションのような宇宙空間に浮かぶ大規模な建造物が周辺のプラズマと相互作用を起こすことが予想される。このため、「人類が宇宙空間で活動を展開することによって発生する電磁環境の乱れを、電波を受信することによって手軽に、定期的にモニターすることのできる装置」の開発が必要となる。電波の受信には従来の科学衛星に搭載されているプラズマ波動受信機が利用できる。しかしながらこのプラズマ波動受信機は「手軽」に扱える代物ではない。すなわちモニター装置に求められるのは、衛星のような複雑なシステムではなく、スイッチを入れさえすれば勝手にモニターを開始でき、機械的に「軽くて丈夫」であり、「扱いが簡単」であるということである。

そこで我々は、このような手軽に扱えて、安価に製造できる小型宇宙電磁環境モニターの開発を行っている。このモニター装置の実現にむけての検討項目は数多くあり、現在そのいくつかの検討項目について当研究グループで検討・開発を行っている。

そのひとつが、ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 技術を用いたアナログ回路の設計である。ASIC 技術を用いることにより、小型・軽量化が実現できる。また、回路の縮小によってこれまでとは異なったシステムの構築が可能となることが予想される。しかしながら、ASIC 化による問題点も看過できない。ASIC 化により、ノイズ、クロストークなど影響の増大が考えられ、回路構成の困難さも考えられる。さらには、IC チップの製造ばらつきの問題などがある。これらの問題のある程度はシミュレーションでも調査できるが、実際に作って測定する必要がある。

こうした背景より、昨年、第一回目の試作を行い、測定環境を整えた。そして、今年には第二回目の試作を行った。第一回目の試作においては不十分だった検証を行い、回路にも大きく改善を施した。回路構成としては、差動アンプ(10dB,20dB)、ローパスフィルタ($f_c=100\text{kHz}$)、A/D コンバータであり、差動アンプのみの回路、フィルタのみの回路、差動アンプとフィルタを組み合わせた回路となっている。差動アンプとフィルタは、回路構成が比較的簡易であることと、モニター装置だけではなく、他の測定器にもよく用いられるため、はじめにこの回路の設計を行った。シミュレーション結果としては、それぞれ所望の周波数特性が得られているものの、ノイズや精度の問題等まだまだ検討すべき点が残る。A/D コンバータについては、設計期間の制約上、flash 型のもを設計した。現在は出来上がったチップの検証を進めている。

本発表では、実際に行った設計・評価の結果、及びそれらを用いたモニター装置のアナログ部の仕様についての考察について発表を行う。