

赤外エシエル分光・撮像装置用 InSb アレイセンサ駆動系の開発

野口 恵理子 [1]; 宇野 健 [2]; 坂野井 健 [3]; 市川 隆 [4]
[1] 東北大・理; [2] 東北大・理・地物; [3] 東北大・理; [4] 東北大・理・天文

The development of an InSb array driving electronics for the infrared imager and the echelle spectrometer

Eriko Noguchi[1]; Takeru Uno[2]; Takeshi Sakanoi[3]; Takashi Ichikawa[4]
[1] Geophysics, Tohoku Univ; [2] Tohoku Univ.; [3] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [4] Astronomical Institute, Tohoku Univ.

The Atmospheres, Ionospheres and Magnetospheres of planets change with various time scale. The prominent example is auroral phenomena on the planets including Jupiter. Because Jupiter has strong magnetic moment corresponding to twenty thousand times of the Earth's one, and rapidly rotate every ten hours, it has the biggest magnetosphere in the solar system that is driven by Jovian rotation itself. Basically, the structures of this big magnetosphere and aurora have been considered almost stable, because it is insusceptible to solar wind. In recent years, however, a series of observation by Hubble Space Telescope (HST) determined the temporal variability of the different components of Jupiter's auroras corresponding to different component of magnetosphere (e.g. Nichols et al., 2009). It is the best way to probe the time variation of planetary aurora with the range from days to months that the remote sensing technique using ground-based telescope and space telescope. Especially, infrared H₃⁺ emissions are suitable for long-term observation because only the IR emissions are observable at the ground through the optical-window at the 2μm or 4μm. The time limitation of space telescopes such as HST and the largest ground-based telescopes such as SUBARU make it difficult to observe long-term variation of the planetary phenomena. So, it is the only solution to probe the temporal variation of planetary aurora that uses the small-to mid-size own telescope for longer machine-time combined with own IR instrument. Our group has been developing the infrared imager which widely available to planetary observation (Takahashi, 2005) and the infrared echelon spectrometer (Uno, 2009), as primary goal to conduct monitoring of Jupiter's magnetosphere from observations of aurora of Jupiter and volcanic Io activity. These devices are both using an InSb array sensor of 256 × 256 pixel, with high sensitivity in the 1-5μm. The infrared imager is a refractive optical system using achromatic lens. Infrared narrow band filter, of which center wavelength is 3.414μm and half-width is about 10nm, is installed on to the filter turret for the observations of infrared H₃⁺ aurora. On the infrared echelle spectrometer, it adopts the reflective optics with parabolic mirrors, and its wavelength resolution is about 20,000. These will be install on the our Tohoku University 60cm telescope at the summit of Mt. Haleakala in Hawaii (operations will be started in 2013) and the 1.8m PLANETS telescope (operation will be started in 2014). We will make continuous observations of Jupiter and other planets. This study is focusing on the development of InSb sensor driving electronics for these instruments.

In the past development we found the problem in the electronics that the output count did not change with the exposure time. The development of a new sensor driving electronics was started by Kobuna (2008), using a single board computer with a FPGA. Kitami (2011) took over this work, and finally confirmed the following properties: -All of the output clock signals are correct as designed. In this study, we carried out the total function test of our camera mounting the InSb sensor on the vacuum cryostat. We made the fine-tuning of the bias voltages according to the characteristics of the detector, i.e., the appropriate band gap, under cooling conditions to maximize the sensitivity. In this presentation, we report the resulting behavior of the sensor driving electronics obtained in the total function test, where the sensor is cooled down to 35 [K], also report the results of the sensitivity calibration. In addition, we are now developing an additional InSb driving electronics for the infrared echelle spectrometer. A circuit configuration is the same as that of the infrared imager. However we renew the fan-out-board and the preamplifier electronics with a high-precision instrumentation amplifier to reduce noise. In this presentation, we report the current status of the development, and future schedule.

惑星の大気圏電磁圏は、多様な時間スケールで変動している。その顕著な例は木星をはじめとする惑星のオーロラ現象である。木星はそれ自身が持つ地球の2万倍の磁気モーメントと、10時間という高速な自転によって、自転駆動型の巨大な磁気圏を形成している。従って基本的には、太陽風の影響を受けにくく、磁気圏と、それに対応するオーロラの構造は安定していると考えられてきた。しかし近年の Hubble Space Telescope (HST) の観測によって、対応する磁気圏の場所ごとに、様々なタイムスケールでオーロラが変動していることが明らかになってきた。(e.g. Nichols et al., 2009)。数日から数ヶ月単位での変動を示す惑星オーロラの変動を観測する最も有効な手段は、地上望遠鏡や宇宙望遠鏡を用いたリモートセンシングである。特に、赤外の H₃⁺、H₂ オーロラの発光は、地球大気透過率の高い 2μm や 4μm といった窓領域の波長帯を通して唯一地上観測が可能であり、長期的な観測に適している。HST 等の宇宙望遠鏡や SUBARU 望遠鏡等の大型公開望遠鏡では、観測に使えるマシンタイムが短いことから、長期の連続観測は難しい。このことから、惑星オーロラ発光の長期観測を行うためには、マシンタイムを確保できる中小型の望遠鏡と、独自の赤外観測装置を用いることが唯一の解である。

そこで、本研究グループは、主として木星赤外オーロラやイオ火山の観測から木星磁気圏のモニタリングを行うこと

を目標として、惑星観測に幅広く利用可能な赤外撮像装置(高橋,2005; 小鮎,2008; 北見,2011)および、赤外エシエル分光装置(宇野,2009)の開発を進めている。これらの装置はいずれも検出器に 256×256 pixel の InSb アレイセンサを用いており、1-5 μ m に感度を持つ。赤外撮像装置は赤外アクロマートレンズを用いた屈折光学系で、赤外 H3+オーロラ観測用に中心波長 3.414 μ m、反値幅 10nm の狭帯域フィルターがフィルターターレットに搭載されている。赤外エシエル分光装置は、放物面鏡を用いた反射光学系で、波長分解能は約 20,000 である。これらはいずれも、ハワイ・ハレアカラ山頂(標高 3000m)の 60cm 反射望遠鏡(2013 年稼働予定)、および「惑星・系外惑星専用 1.8m(PLANETS)望遠鏡」(2014 年稼働予定)に搭載し、木星、および他惑星の連続観測を行う予定である。我々は、これらの装置の InSb センサ駆動回路系の開発を中心に行っている。

これまでの開発で、高橋(2005)では、InSb センサ駆動系に不具合があったため、露光時間を変化させても出力画像のカウント値が変化しない問題が発生していた。小鮎(2008)では、センサ駆動系の抜本的な新規開発が開始された。小鮎(2008)は、FPGA を搭載したワンボードコンピュータを用いた、デジタル回路系の開発及び総合動作試験を行った。しかし、読み出すピクセルの行を選択するクロック信号の電圧レベルが設定通りに出力されない、検出器の状態をリセットするクロック信号が出力されない、という 2 つの問題が残った。北見(2011)およびこれまでの研究においてこの問題を解決し、1.InSb センサ入力部にて、全てのクロック信号が設定通りに出力すること。2.InSb センサ入力部にて、バイアス電圧の出力範囲に設計値が収まること。3.A/D 変換の出力信号とカウント値の線形応答性および、4 チャンネルの A/D コンバータの特性を確認し、赤外撮像装置用の InSb センサ駆動系を完成することができた。本研究では、更に、InSb センサを高橋(2005)で作製した赤外撮像装置デューワーに取り付け、常温状態および真空冷却状態で試験を行った。冷却状態での検出器の特性にあわせバイアス電圧を微調整することで、適正なバンドギャップを構成し、感度を最大にすることができる。本発表では、赤外撮像装置の InSb センサを 35K まで冷却した状態でのセンサ駆動系の動作試験および、感度キャリブレーションの結果を報告する。これに加えて、赤外エシエル分光装置用に、赤外撮像装置と同様の InSb センサ駆動系を製作中である。回路構成は赤外撮像装置と同じであるが、fan-out-board については同等品の作製を新たに進めている。また、プリアンプ部分は軽装アンプを用いた、ノイズに強く高精度のものに改良予定である。本発表では、この赤外エシエル分光装置用センサ駆動系の開発・試験状況、および今後のスケジュールについても発表する。