

УДК 520.353

ПРОБНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КАЛИБРОВКА СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРА 4000-8000 МГц

Д.А. Жданов, В.Г. Занданов

TEST OBSERVATION AND CALIBRATION OF THE 4000-8000 MHz SPECTROPOLARIMETER

D.A. Zhdanov, V.G. Zandanov

Динамические спектры, получаемые в микроволновом диапазоне длин волн, необходимы для адекватной интерпретации совокупности рентгеновских, ультрафиолетовых вспышек и наблюдений быстрых микроволновых всплесков ССРТ.

В отделе ведется отладка спектрополяриметра. Планируется завершить настройку летом этого года. Предполагается проведение регулярных наблюдений в тестовом режиме. В данном сообщении приводятся характеристики инструмента. Обсуждаются первичные наблюдения.

Абсолютная калибровка инструмента будет проводиться по радиоизлучению Луны. Поскольку поток излучения Луны в микроволновом диапазоне составляет не более 0.01 от потока Солнца, необходимо во время абсолютных калибровок вести наблюдения с большим временем усреднения для повышения флуктуационной чувствительности приемника, и при этом необходимо подправлять координаты антенны. По известному потоку Луны должны найти коэффициенты для вычисления яркостных температур Солнца, по которым определяется поток радиоизлучения Солнца.

Эталонный генератор шума играет роль пилот сигнала в инструменте. Необходимость пилот-сигнала возникает для относительной калибровки во время наблюдений-т. к. абсолютная калибровка будет проводиться не чаще одного раза в месяц.

Для калибровки инструмента по поляризационным каналам необходимо использовать полностью поляризованный по кругу шумовой источник. Переключением знака круговой поляризации определяется так называемая паразитная поляризация спектрополяриметра, которую необходимо учитывать при дальнейшей обработке.

Dynamic microwave spectra are required for adequate interpretation of X-ray and UV flares and fast solar radio-burst observations obtained by SSRT.

The spectropolarimeter is being adjusted at the Radio astrophysics department. We plan to finish the adjustment this summer and carry out observations in test mode. In this contribution, we present characteristics of the instrument and discuss first results.

The absolute calibration of the instrument will be made using the microwave emission of the Moon. The accumulation time of emission measurements should be very long, because the flux of Moon's emission constitutes less than 1 per cent of solar emission in microwaves. Very long accumulation time is necessary to enhance fluctuation sensitivity of the instrument. Moreover, the adjustment of the antenna pointing during the calibration is needed. The solar radio emission flux is estimated using brightness temperature. We must calculate factor of the Sun's brightness temperature using the known flux of the Moon's radio emission.

The noise calibration oscillator plays a role of pilot signal in the instrument. The pilot signal is required for the ratio calibration during an observation because the absolute calibration will be made not more frequently than once a month.

Full circular polarization of the noise source is used to calibrate polarization channels of the instrument. For future observations, account must be taken of the parasitic polarization of the spectropolarimeter. It will be detected by switching between the left and right circular polarizations of the noise source.

Пробные наблюдения солнечного спектрополяриметра 4–8 ГГц

Спектрополяриметр радиоастрофизической обсерватории Бадары Института солнечно-земной физики СО РАН создается для спектральных наблюдений солнечного излучения, как в широкополосном диапазоне 4–8 ГГц, с грубым спектральным разрешением до 150 МГц, так и в полосе 500 МГц, с высоким спектральным разрешением 0.5 МГц. Чувствительность спектрополяриметра при изучении микроволновых миллисекундных спайков (ММС) необходима не хуже 10 sfu при постоянной времени (нескольких миллисекунд) и полосе приема [1].

Поток от спокойного Солнца, составляющий 70 sfu на частоте 4 ГГц, попадает на зеркало антенны. Параболическая антенна диаметром 1.8 м и с фокусным расстоянием 75 см смонтирована на экваториальном опорно-поворотном устройстве. В первичном фокусе зеркала антенны установлен облучатель. Он представляет собой открытый конец волновода квадратного сечения с диэлектрическими прокладками в стенках. Диэлектрические прокладки увеличивают диапазон частот волновода до октавы. На выходе облучателя установлены разделители левой и правой круговых поляризаций волн.

Модуль малошумящего усилителя фирмы

МИКРАН представляет собой полностью функционально завершённый двухходовый широкополосный усилитель (полоса более 4000 МГц) с нормированным коэффициентом шума и стабильным 35 дБ коэффициентом усиления во всей полосе пропускания.

Передача сигнала с антенны в здание осуществляется по двум СВЧ-кабелям. Сигнал поступает на вход СВЧ-тракта, состоящего из двух соединённых последовательно гребенок фильтров и нагрузки 50 Ом. Модулированный входной сигнал создает в гребенках на коаксиальном проводнике поперечную ТЕМ волновую моду. В это поле попадают четвертьволновые резонаторы фильтров, выполненные в виде металлических цилиндров. Резонансные максимумы фильтров распределены равномерно, в среднем через 120 МГц, с полосой пропускания 20–50 МГц. Первый резонансный максимум приходится на 3.8 ГГц.

В каждом фильтре установлен детектор. Он состоит из СВЧ-диода, индуктивности и антенны. Дiode, обладающий квадратичной характеристикой, преобразует мощность, наведенную на антенну. Каждый детектор подключен к своему усилительному каскаду (УНЧ). Он представляет собой усилитель напряжения, собранный на микросхеме MAX412 и цифровом аудиопроцессоре TDA7313D с коэффициентом усиления 90000.

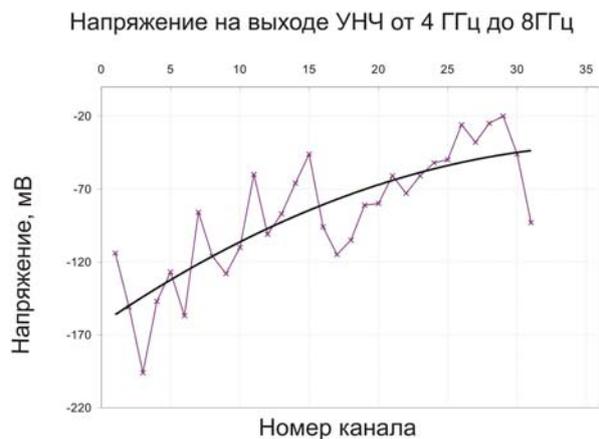


Рис. 1. Измерения напряжения на выходах усилителей каналов.

В настоящее время идет разработка современной электронной базы инструмента. Особую роль в ней играют микроконтроллеры фирмы Atmel. Выбор этих микроконтроллеров обусловлен большим объемом памяти, высокой производительностью, до 20 МРІ [2], простотой программирования, их широким распространением, доступностью.

С помощью микроконтроллеров осуществляется синхронизация, управление аттенуаторами, связь с компьютером.

За синхронизацию инструмента отвечает микроконтроллер Atmel Attiny2313-10AI. Для работы радиополяриметра необходимо наличие трех тактовых частот: тактовая частота запуска работы аналого-цифрового преобразователя (0.18 мс), частота модуляции поляризации (11.6 мс), частота модуляции эталонного генератора шума (0.29 мс).

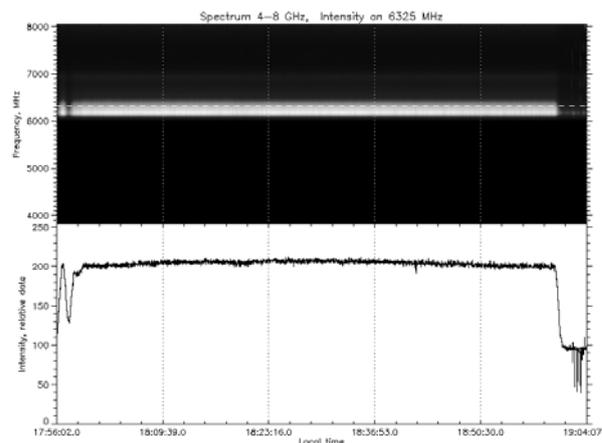


Рис. 2. Запись солнечного радиосигнала. Верхнее окно – динамический спектр (частота–время). Нижнее окно – скан интенсивности на заданной частоте.

В ходе настройки инструмента были проведены первичные измерения уровня сигнала каждого канала. На графике (рис. 1) представлена зависимость уровня сигнала от частоты. Наблюдается характерное затухание сигнала с ростом частоты.

Для оцифровки данных нами используется АЦП L-713 фирмы Л-Кард. Програмное обеспечение написано на языке Visual C++.

Для обработки полученных данных используется среда IDL.

На рис. 2 представлены пробные наблюдения. Запись наблюдений велась в течение часа.

Первые наблюдения показали, что минимально обнаруживаемая температура составляет 150–400 К. Одной из причин колебания чувствительности являются электрические помехи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешалкина Н.Н. Источники тонкой временной структуры микроволнового излучения вспышек / Дисс. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук. Иркутск. ИСЗФ СО РАН, 2005. 157 с.
2. <http://www.atmel.com>

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск