

УДК 621.327.1

Е.В.Дмитриев (5 курс, каф. РФ), А.П.Лавров, д.ф.-м.н., проф.

## ДВУХКАНАЛЬНЫЙ АКУСТООПТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ПУЛЬСАРОВ

ABSTRACT: Pulsar exploring (and particularly radioemission polarization parameters exploring) is important from viewpoint both radioemission characteristics practical application (as a standard of time) and abstract science. Pulsar's polarization parameters measurement is a difficult task because of accepted signal has a low signal-to-noise ratio. To solve this problem in science-educational center now develops special new-type two-channel acoustooptical (AO) processor. To research separate AO processor characteristic influence on measurement results, author developed mathematical model of device at specialized application GLAD. One-channel version of AO processor was successfully used to process data from radio-telescope observations.

Пульсары — быстро вращающиеся нейтронные звезды — являются объектом исследования ученых многих областей знаний: астрофизики, физики твердого тела, метрологии [1]. С позиций радиоастрономии исследованию подлежат характеристики импульсного радиоизлучения этих космических объектов, в частности, поляризация излучения [2]. Поскольку радиоизлучение пульсаров является слабым, а также из-за уширения радиоимпульсов в силу дисперсии в межзвездной среде, являющейся плазмой, отношение сигнал-шум (С/Ш) на входе приемника очень мало. Регистрация сигнала возможна благодаря использованию характерной особенности радиоизлучения пульсаров: оно с высокой точностью периодически на протяжении длительного времени (характерное относительное изменение периода  $10^{-9}$  за год, а значение периода лежат в диапазоне от единиц секунд до единиц миллисекунд). За счет когерентного накопления сигнала на выходе приемника можно увеличить отношение С/Ш. Дополнительный выигрыш реализуется при работе в широкой полосе частот, но для этого в составе приемника должно использоваться устройство, устраняющее влияние дисперсии — компенсатор дисперсии. Из-за дисперсии тонкая временная структура импульсов радиоизлучения размывается. Отметим, что пульсары характеризуются различной дисперсией, изменяющейся в десятки раз. Поэтому реализация компенсатора, работающего в широкой полосе частот (десятки мегагерц), представляет трудную задачу [1].

Одним из эффективных путей построения широкополосных процессоров радиосигналов является применение оптических методов обработки [3]. В СПбГПУ был разработан акустооптический (АО) процессор нового типа - акустооптический компенсатор дисперсии, который был успешно применен в наблюдениях на радиотелескопе РТ-64 в Калязине [4].

Дополнительные перспективы открывает применение в процессоре 2-х канального акустооптического модулятора (АОМ). В этом случае процессор является акустооптическим вариантом интерферометра Юнга [4, 5]. В таком процессоре две ортогональные компоненты принятого антенной радиосигнала поступают на два входа АОМ. Это позволяет модулировать фазу проходящего через АОМ коллимированного излучения лазера. За АОМ стоит линза на расстоянии, совпадающим с ее фокусным расстоянием. Два модулированных световых пучка в выходной фокальной плоскости линзы дают интерференционную картину, параметры которой зависят от фазового сдвига между ортогональными составляющими принятого излучения. Таким образом, регистрируя интерференционную картину в

фокальной плоскости, можно определить параметры поляризации радиоизлучения пульсаров. Регистрация интерференционной картины происходит при помощи ПЗС-фотоприемника.

Задача авторов сводилась к моделированию работы данного устройства с использованием специализированного пакета GLAD (производства компании AOR, США), предназначенного для расчета и анализа оптических схем, начиная от простейших и заканчивая сложными устройствами с несколькими лазерами [6]. Как сообщают разработчики пакета, продукт позволяет при анализе оптических систем учитывать эффекты дифракции и аберрации, работать с активными средами, апертурами, линзами и зеркалами; система координат пакета позволяет описывать сложные системы, в которых компоненты могут быть произвольно расположены и ориентированы; расчет амплитудно-фазовых распределений поля производятся методами физической, а не геометрической, оптики. Таким образом, GLAD является мощным вычислительным средством, предоставляющим большие возможности для анализа оптических схем.

На данный момент авторами в пакете GLAD разработана простейшая математическая модель двухканального акустооптического процессора. На языке команд пакета Matlab написана программа, позволяющая задавать произвольные амплитудно-фазовые распределения в исходных дифрагирующих пучках. Оценена точность вычислений, производимых пакетом GLAD. Произведен анализ нескольких вариантов модуляции фазы оптического когерентного излучения акустической волной (закон изменения фазы — синусоидальный) и подтверждена возможность измерения поляризационных параметров радиоизлучения по интерференционной картине в выходной плоскости АО процессора. При этом исследовался характер изменения картины первого интерференционного максимума и его боковых лепестков при различных сдвигах фазы между двумя модулирующими сигналами.

Следующим шагом является исследование влияния ошибок в расположении каналов АОМ (их сдвига, поворота); расходимости акустических волн в АОМ; введения в сигнал шума с ограниченным спектром, совпадающим со спектром сигнала; моделирование работы ПЗС-фотоприемника в пакете GLAD и определение точности оценки параметров радиосигналов в зависимости от количества используемых элементов в фотоприемнике.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Смит Ф.Г. Пульсары / Перевод с англ. И.Ф. Малова, Ю.П. Шитова. Под ред. А.Д. Кузьмина М.: Мир, 1979. – 267 с.
2. Краус Дж. Радиоастрономия. / Перевод с англ. В.Т. Федорова. Под ред. В.В. Железнякова. – М.: Сов. радио, 1973. – 456 с.
3. Вепринцев В.В. Оптическая обработка радиолокационных сигналов // Итоги науки и техники. Серия “Радиотехника”.– 1972. –Том 3. Радиолокация и навигация. – М.: ВИНТИ – с. 332–395.
4. Есепкина Н.А., Илясов Ю.П., Лавров А.П. и др. Применение акустооптического процессора для наблюдения радиоизлучения пульсаров // Письма в ЖТФ.- 2003.- Т.29, Вып.21.- С.32-39.
5. Бутиков Е. И. Оптика: Учеб. пособ. для вузов / Под ред. Н.И. Калитеевского — М.: Высш. шк., 1986. – 512 с.
6. GLAD Theory Manual. Ver. 4.7. // Applied Optics Research. – www.aor.com.