

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

П Р Е П Р И Н Т 214

И. Д. Найденов

СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКА
ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Нижний Архыз
2007

Свойства излучения источника во вращающемся магнитном поле

И. Д. Найденов

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, п.Нижний Архыз, 369167, Россия

Аннотация.

В работе представлены результаты исследований свойств излучения во вращающемся магнитном поле. Были изучены статистические свойства излучения натриевой лампы и промежуточных поляров RXJ 0558.0+5353 (V405 Aur), RXJ0757.0+6306, GK Per. Показано, что статистические свойства излучения натриевой лампы зависят от ориентации магнита к источнику света. В промежуточных полярах периоды изменения флуктуаций интенсивностей в узких полосах, не превышающих 1.2 \AA , близки к известным периодам вращения магнитного компонента.

1. Введение

В рамках современных представлений следует указать три главные пары состояний светового поля (Шляйх, 2005):

1. Группировка – антигруппировка.
2. Надпуассоновская – подпуассоновская статистика.
3. Несжатые – сжатые состояния.

Путем определения статистических свойств излучения можно получить информацию, которую невозможно получить классическими методами, например обнаружение скрытой поляризации (Карасев, Масалов, 1993; Ефремов, Найденов, 1994). В работе Ефремова, Найденова (1994) показано, что такими методами можно измерять температуру независимо от поглощающей среды, через которую проходит излучение. Предложенные способы основаны на том, что статистические свойства света зависят от физических условий, в которых происходит излучение.

Нами была поставлена задача: определить, какими статистическими свойствами обладает излучение источника света во вращающемся магнитном поле и рассмотреть степень применимости этих свойств к решению астрофизических задач.

2. Аппаратура для лабораторных исследований статистических свойств излучения

Эксперимент проводился с использованием “Учебно-научного комплекса для проведения оптических измерений”. Комплекс разработан и внедрен в CAO РАН. При решении поставленной задачи комплекс использовался в режиме исследования флуктуаций интенсивностей. Блок-схема, по которой проводились измерения, показана на Рис. 1.

В качестве вращающегося магнита использовался постоянный магнит с полем, равным примерно 100 Гс. Источником света служила натриевая лампа, питающаяся от стабилизированного напряжения 220 вольт. Спектрографом выделялась спектральная линия Na с длиной волны 5896 \AA . Статистические характеристики определялись путем вычисления нормированного второго момента по формуле

$$M = \frac{\sigma^2}{I},$$

σ — дисперсия регистрируемого сигнала,
 I — средняя величина сигнала за 60 секунд.

Нормированный второй момент вычислялся при двух положениях магнита: первое положение — северный полюс повернут к источнику, второе положение — южный полюс повернут к источнику.

3. Методика измерений и обработки астрофизических данных

Материал для исследований астрофизических объектов был получен при выполнении программы “Исследование монохроматических осцилляций в промежуточных полярах” Сомовым Н. Н., Сомовой Т. А. и Найденовым И. Д. Программа была предложена Сомовым Н. Н.

Наблюдения проводились в фокусе Несмит–I шестиметрового телескопа БТА 16 и 17 сентября 1999 года. В качестве приемника служил многоэлементный приемник ПЗС. На спектрографе СП–124 использовалась дифракционная решетка с 1200 штр/мм, что обеспечивало дисперсию 50 Å/мм. Регистрировался спектральный диапазон в интервале 3900–5100 Å. Спектральное разрешение было равно 1.2 Å на пиксел ПЗС. Спектры всех объектов снимались с временным разрешением, которое составляет пятую часть известных периодов магнитных компонентов трех промежуточных поляров. Время считывания с матрицы 10 секунд.

Нами было получено:

- 125 спектров (время одной экспозиции 56.4 секунды) для объекта RXJ0558.0+5353;
- для RXJ0757.0+6306 — 25 спектров (время одной экспозиции 86 секунд);
- для GK Per — 57 спектров (время одной экспозиции 55 секунд).

Каждый ПЗС–кадр обрабатывался при помощи стандартных процедур в среде MIDAS. Для включения широкополосных изменений все спектры нормировались на непрерывный спектр, который был построен при помощи полинома пятой степени. По полученным массивам спектров вычислялись временные автокорреляционные функции интенсивности. Использовались классические методы вычислений (Дженкинс, Ваттс, 1971).

4. Результаты обработки

На рис.2 представлен график изменения интенсивности свечения лабораторной лампы за 60 секунд при двух ориентациях магнита (экспозиция начиналась сразу после поворота магнита). Верхний рисунок — положение, когда магнит повернут полюсом N, нижний рисунок — магнит повернут полюсом S. Вычисленные нормированные вторые моменты для двух положений соответственно равны: $M_1=3.226$; $M_2=0.751$. Первая цифра указывает, что излучение обладает надпуассоновской статистикой. Вторая цифра соответствует подпуассоновской статистике. Приведенные значения имеют значительные различия (примерно в 5 раз).

На рис.3 показаны интегральный спектр и автокорреляционная функция, полученная от промежуточного поляра RXJ0558.0+5353 (V405 Aur). Автокорреляционная функция в нуле больше 1, что соответствует надпуассоновской статистике. На этом объекте обнаруживается изменение статистических характеристик излучения с периодом вращения магнитного белого карлика, равным примерно 273 секунды.

Аналогичные результаты получены еще для двух промежуточных поляров с другими периодами (см. рис.4, рис.5.). Особо отметим, что во всех трех случаях периодическое изменение статистических свойств излучения происходит в узкой полосе, не превышающей аппаратной функции прибора. Такие изменения не обнаруживаются в полосах, находящихся рядом. Указанное свойство требует отдельного исследования, которое выходит за рамки поставленной нами задачи. Проанализируем степень достоверности полученных сигналов. При использовании метода автокорреляционных функций надежность обнаружения искомого сигнала должна соответствовать главному критерию — спектры сигнала и шума должны существенно различаться (Ахманов и др., 1981). Это условие выполняется потому, что электронные шумы ПЗС имеют другой спектр, чем сигнал. В этом случае отношение сигнал/шум регистрируемого гармонического сигнала зависит только от времени задержки. В нашем случае минимальное время задержки для трех объектов составляет 56.4, 86, 55 секунд. Сравнение рисунков 3, 4, 5 показывает, что суперпозиция сигнала и шума, т. е. значение автокорреляционной функции в нуле, не превышает 1.065, значение сигнала равно 1.02. Таким образом, отношение сигнала к шуму на входе примерно равно 0.96. При минимальной задержке, например, 56.4 секунды, согласно известной формуле,

на выходе сигнал/шум будет равен примерно 53. Максимальное время задержки, на котором обнаруживается корреляция флуктуаций интенсивностей для RXJ0558.0+5353 (V405 Aur), RXJ0757.0+6306, GK Per соответственно равно 2256, 4300 и 1760 секунд, это значит, при таких задержках появляется возможность обнаружения слабых сигналов, изменяющихся по синусоидальному закону.

5. Выводы

В рамках поставленной задачи показано, что статистические характеристики лабораторного источника света зависят от ориентации магнитного поля. Такой же эффект регистрируется в промежуточных полях, где ориентация магнитного поля меняется вследствие вращения белого карлика. Таким образом, по изменению статистических свойств излучения можно определять период магнитного компонента. Отметим, что эффект регистрируется при относительно малых магнитных полях, порядка 100 Гс. Следует особо отметить, что известные периоды магнитных компонентов промежуточных полей были зарегистрированы в узкой полосе, не превышающей аппаратной функции прибора.

Работа выполнена при частичной поддержке из средств госконтракта 02.438.11.7001 от 19 августа.

Список литературы

- Ахманов С. А., Дьяков Ю. Е., Чиркин А. С., 1981, Введение в статистическую радиофизику и оптику, Наука, 253
- Дженкинс Дж., Ваттс В., 1971, Спектральный анализ и его приложения
- Ефремов В.Г., Найденов И.Д., Способ измерения температуры: Авторск. свид.№ 1818546 Россия, МКИ 6 G 01 J 3/453//Спец.Астрофиз.Обсерв.№.4941852/25; Заяв.11.09.92;Опубл.20.03.94 Бюл. №.6;Приор.Приор.(RU)
- Ефремов В.Г., Найденов И.Д., Способ измерения поляризации: Пат.2031376 Россия, МКИ 6 G 01 J 4/04//Спец.Астрофиз.Обсерв.№.4800169/25; Заяв.07.03.90;Опубл.20.03.95 Бюл. №.8;Приор.Приор.(RU)
- Карасев В. П. Масалов А. В., 1993, Опт. и спектр., 74, 928
- Шляйх В. П., 2005, Квантовая оптика в фазовом пространстве, Москва, ФИЗМАТЛИ, с. 350

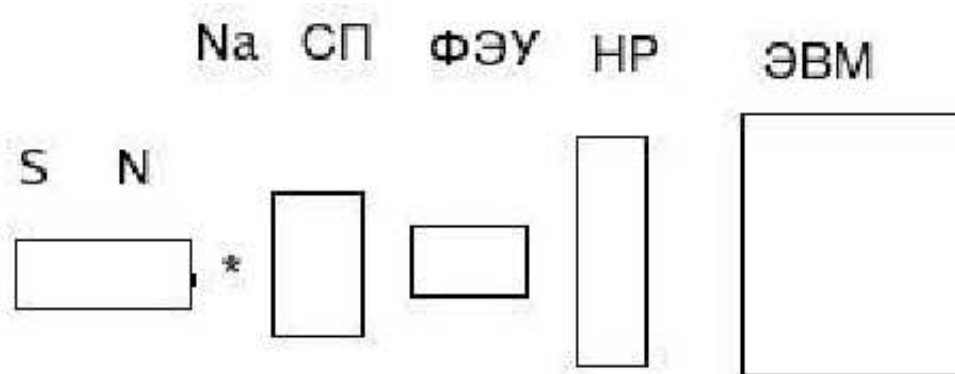


Рис.1. Вращающийся магнит (S N), источник света (Na), спекрограф (СП), ФЭУ, счетчик фотоимпульсов (НР), ЭВМ.

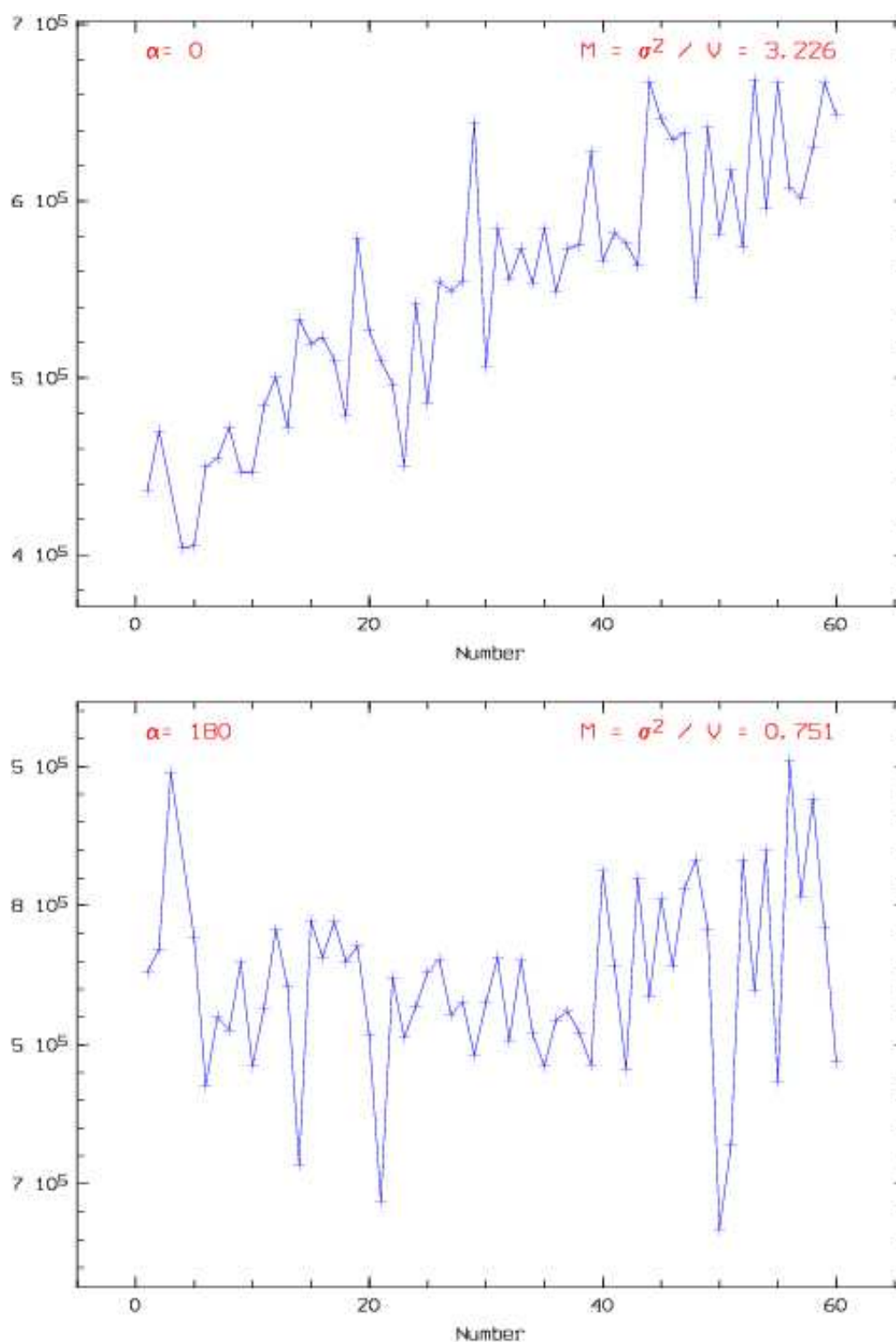


Рис.2.

Изменение интенсивности свечения в течение 60 с при ориентации магнита к лампе полюсами N и S.

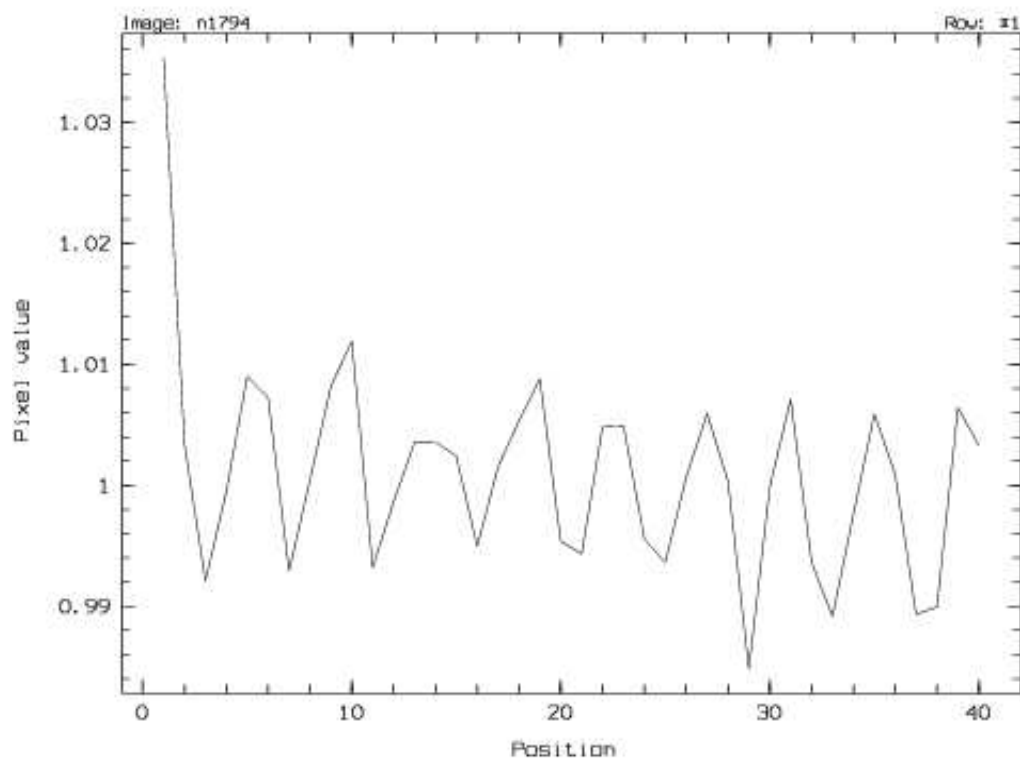
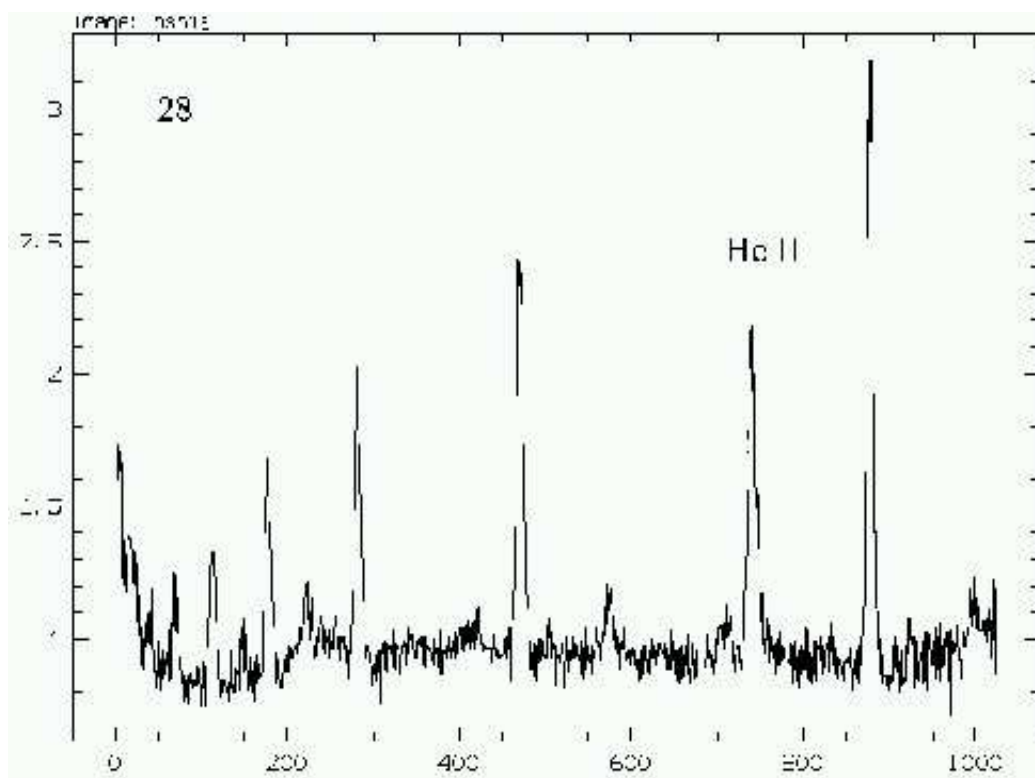


Рис.3.

Интегральный спектр и автокорреляционная функция промежуточного поляра RXJ0558.0+5353. Период белого карлика $P=273$ с.

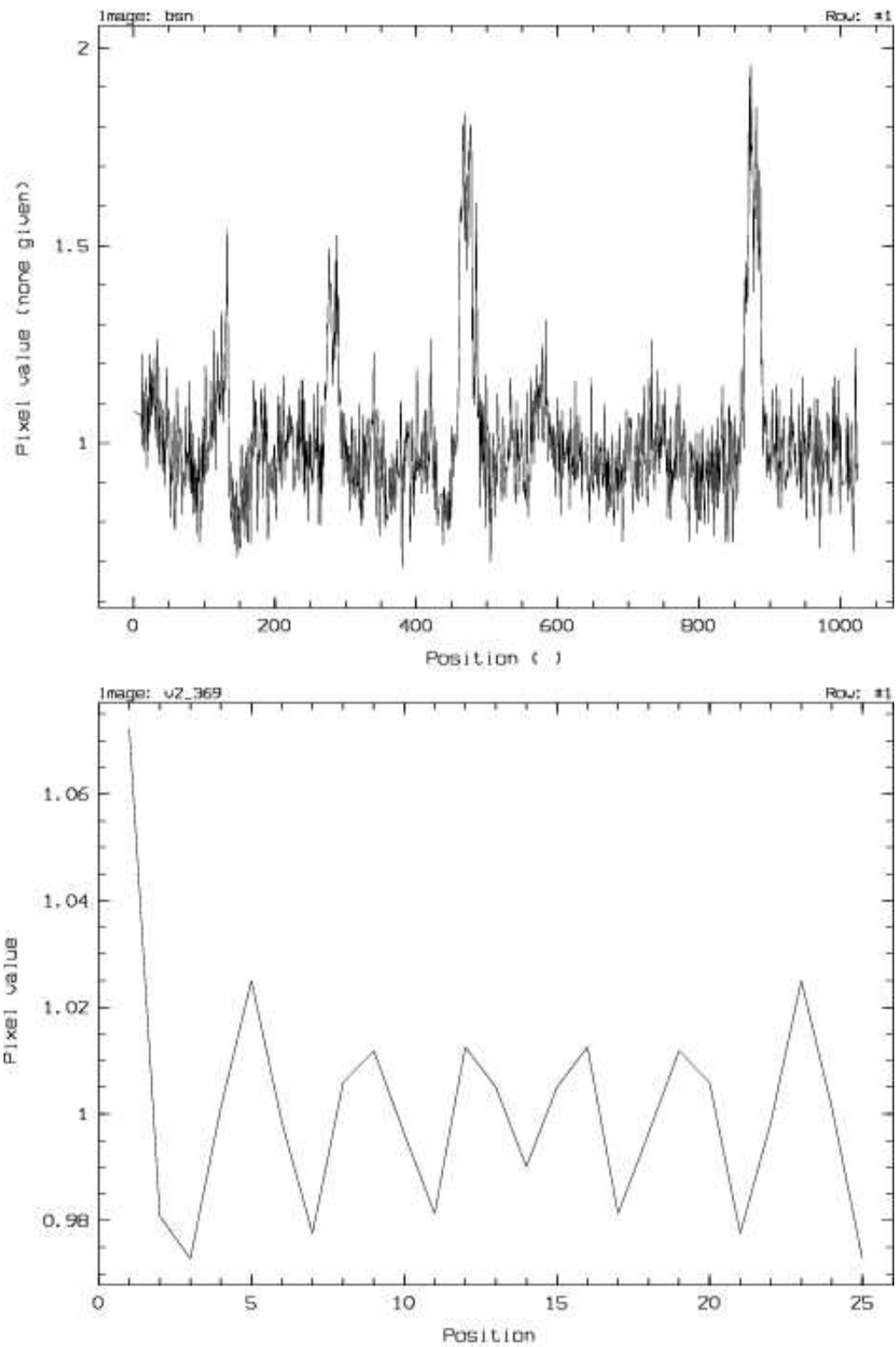


Рис.4. Интегральный спектр и автокорреляционная функция промежуточного полярa RXJ 0757.0+6306. Период вращения белого карлика $P=430$ секунд.

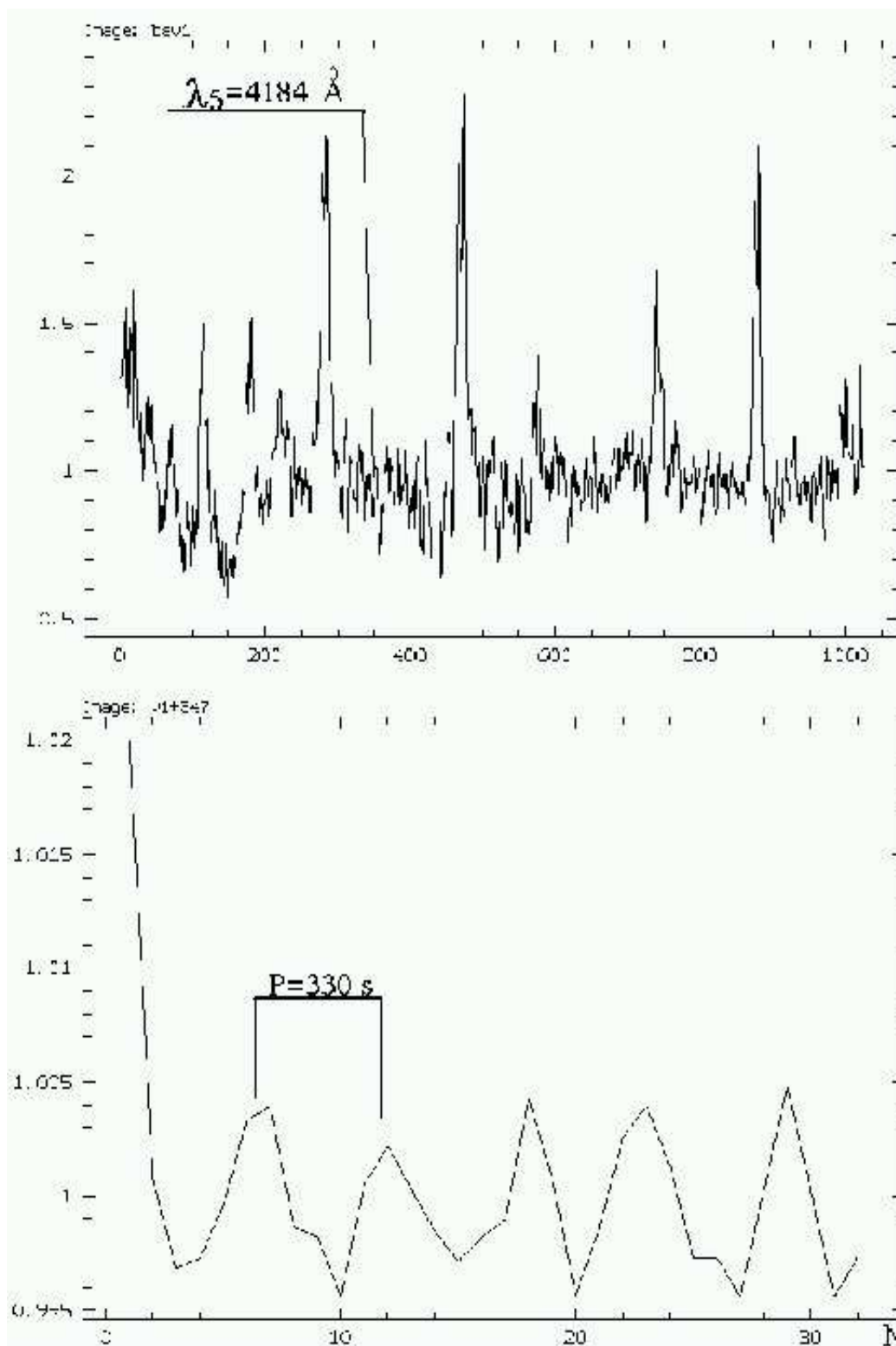


Рис.5.
Интегральный спектр и автокорреляционная функция промежуточного поляра GK Per.

Бесплатно

И. Д. Найденов

Свойства излучения источника во вращающемся магнитном поле

Работа поступила в печать 26 сентября 2006 г.

Уч.-изд. л. – 0.9

Специальная астрофизическая обсерватория РАН