

ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ОЛЬЯК МАРИНА РОСТИСЛАВОВНА

M. Olyak

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОГЕРЕНТНОСТЬ
И ФЛУКТУАЦИИ ПОЛЯРИЗОВАННОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ
В СЛУЧАЙНО-НЕОДНОРОДНОЙ МАГНИТОАКТИВНОЙ ПЛАЗМЕ

01.04.03 - радиофизика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Харьков - 1993

AB 27.75

Работа выполнена в Радиоастрономическом институте
АН Украины, г. Харьков.

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук, профессор Фукс Иосиф Моисеевич.

Официальные оппоненты.
доктор физико-математических наук, профессор Басс Фридрих Гершенович
(ИРЭ АН Украины, г. Харьков)
кандидат физико-математических наук, доцент Зинченко Глеб Николаевич
(ХГУ, г. Харьков)

Ведущая организация - Институт ионосферы АН Украины,
г. Харьков

Защита состоится " 8 " октября 1993г. в 14 часов
на заседании специализированного совета Д.053.06.04 при Харьковском
государственном университете (310077, г. Харьков, пл.Свободы, 4, ауд. № 3-9)

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной
библиотеке ХГУ.

Автореферат разослан 8 июля 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
канд. физ.-мат. наук

В.И.Чеботарев

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00814313 (К)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Актуальность темы. В настоящей работе рассматривается теория интерферометрических измерений поляризованного излучения космических радиосточников, прошедшего слой случайно - неоднородной замагниченной плазмы. Благодаря своим исключительно широким возможностям, поляризационные методы исследования космических объектов приобрели в настоящее время большое значение и стали одним из ведущих направлений в радиоастрономии.

Особенно актуальным является исследование процесса рассеяния поляризованного излучения на пространственных флуктуациях диэлектрической проницаемости космической плазмы, поскольку представляется вероятным, что именно турбулентные движения плазмы и присутствующие в ней случайные магнитные поля играют ведущую роль в динамике внегалактических источников радиоизлучения. В то же время присутствие флуктуаций плотности электронов и магнитного поля приводит, как известно, к деполаризации синхротронного радиоизлучения, распространяющегося в межзвездной и межпланетной средах и ионосфере Земли. Таким образом, анализ эффектов рассеяния поляризованного радиоизлучения на неоднородностях космической плазмы, с одной стороны, необходим для оценки влияния среды на деполаризацию излучения источника. С другой стороны, по характеристикам флуктуаций поляризации можно судить о физических свойствах самой космической плазмы, в частности, о пространственном спектре неоднородностей магнитного поля и механизмах его генерации.

Интенсивное развитие радиоинтерферометрии в последние годы, в том числе вступление в строй в Радиоастрономическом институте АН Украины радиоинтерферометра системы УРАН, стимулировало интерес к теоретическому изучению влияния среды на характеристики регистрируемого сигнала. К этому же времени относятся и исследования по поляризационной радиоинтерферометрии в сантиметровом диапазоне, проведенные рядом зарубежных авторов. Вместе с тем, несмотря на довольно большое число работ, посвященных эффектам распространения радиоволн в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме, вопрос пространственной когерентности рассеянного поля и флуктуаций его поляризации до настоящего времени изучен еще недостаточно. К тому же, хотя в литературе и рассматривалось влияние фарадеевского вращения

плоскости линейной поляризации на измерение функции видимости космических радиосточников, комплексные исследования воздействия среды распространения на параметры принимаемого интерферометром излучения не проводились, что делает очевидным важность и практическую значимость подобных исследований.

Целью настоящей диссертационной работы является: теоретический анализ эффектов распространения поляризованного радиоизлучения в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме на основе метода фейнмановских интегралов по траекториям в приближении параболического уравнения и марковского случайного процесса; получение аналитических выражений для параметров Стокса радиоизлучения, принимаемого поляризационным интерферометром, и их корреляционных функций с учетом явления дифракции; предсказание следующих из теории новых физических эффектов, связанных с рассеянием поляризованного радиоизлучения в магнитоактивной плазме.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На основе метода фейнмановских интегралов по траекториям и системы уравнений переноса фурье - компонент параметров Стокса разработана методика исследования пространственной когерентности поляризованного радиоизлучения в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме, позволяющая получить выражения для фурье - компонент параметров Стокса как в режиме слабых, так и в режиме сильных флуктуаций волнового поля. Получены и проанализированы выражения для средних параметров Стокса принимаемого поляризационным интерферометром радиоизлучения.

2. На основе метода фейнмановских интегралов по траекториям проведен анализ корреляционных функций флуктуаций параметров Стокса и их связи с характеристиками пространственных спектров флуктуаций плотности электронов и магнитного поля. Предсказан ряд ранее неизвестных физических эффектов, которые возникают при распространении радиоизлучения в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме и могут быть проверены экспериментально.

Практическая ценность работы определяется тем, что в ней сформулирована методика теоретического исследования переноса пространственной когерентности поляризованного радиоизлучения в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме, которая может служить основой для изучения параметров турбулентности в межзвездной и межпланетной средах, хромосфере и внутренней ко-

роне Солнца, ионосферах Юпитера и Земли и ряде других космических объектов, что, в свою очередь, необходимо для решения ряда проблем радиоастрономии и астрофизики. Предсказанные на основе рассмотренных моделей реальных сред новые физические эффекты могут быть использованы для выбора рациональной методики экспериментальных исследований, в частности, на декаметровом радиointерферометре системы УРАН, а также позволят при изучении турбулентной космической плазмы методами поляризационной радиointерферометрии определить параметры среды и преобладавший в ней тип турбулентности.

На защиту выносятся следующие результаты:

1. На основе метода Фейнмановских интегралов по траекториям и решения систем уравнений переноса для компонент матрицы когерентности и Фурье - компонент параметров Стокса разработана методика и проведено исследование пространственной когерентности поляризованного радиоизлучения в плазме с флуктуациями плотности электронов и магнитного поля.

2. Предсказаны и проанализированы новые физические эффекты, связанные с рассеянием волн в случайно - неоднородной поглощающей магнитоактивной плазме, а именно:

- возникновение поляризованной по кругу компоненты при квазипродольном и линейно поляризованной компоненты - при квазипоперечном распространении неполяризованного радиоизлучения вследствие различия степени когерентности обыкновенной и необыкновенной волн при пространственном разнесении точек наблюдения;
- различный характер пространственной когерентности линейно поляризованного радиоизлучения в зависимости от соотношения между радиусом когерентности флуктуаций волнового поля и разностью зон Френеля для обыкновенной и необыкновенной волн;
- различный характер зависимости линейной поляризации от величины базы интерферометра в плазме с флуктуациями плотности электронов и со случайным магнитным полем, в последнем случае при увеличении базы интенсивность линейно поляризованной компоненты и степень линейной поляризации возрастает;
- взаимная трансформация линейной и круговой поляризации в присутствии анизотропного случайного магнитного поля, изменяющая поляризационные характеристики исходно-

го сигнала;

- линейная частотная зависимость поляризованной по кругу компоненты, возникающей при распространении в плазме с анизотропным случайным магнитным полем линейно поляризованного радиоизлучения.

3. Для квазипродольного распространения радиоизлучения на основе метода интегралов по траекториям исследована пространственная когерентность флуктуаций поляризации и их связь с параметрами пространственных спектров флуктуаций плотности электронов и магнитного поля.

4. Теоретически предсказан эффект возникновения флуктуаций круговой поляризации при квазипродольном распространении неполяризованного радиоизлучения в случайно - неоднородной магнитоплазме. При этом, если в среде флуктуации магнитного поля доминируют над флуктуациями плотности электронов, флуктуации первоначально неполяризованного потока происходят в основном в циркулярно поляризованной компоненте.

5. Показано, что при сильных флуктуациях разности фаз обыкновенной и необыкновенной волн флуктуации линейной поляризации сохраняют информацию о линейной поляризации источника даже в том случае, когда средние параметры Стокса Q и U практически равны нулю.

6. Различное поведение корреляционных функций флуктуаций параметров Стокса в плазме с флуктуациями плотности электронов и с флуктуациями магнитного поля позволяет определить тип турбулентности в среде, а в случае флуктуаций δH - параметры спектра флуктуаций в области масштабов, превышающих размер зоны Френеля, вплоть до внешнего масштаба турбулентности.

Апробация результатов:

По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ. Основные результаты диссертации докладывались:

- на 23 Генеральной Ассамблее МККР, Чехословакия, 1990 г.
- на 16 Всесоюзной конференции по распространению радиоволн, г. Харьков, 1990 г.
- на Всесоюзном семинаре по дифракции и распространению радиоволн, г. Винница, 1990 г.
- на 23 Всесоюзной конференции по внегалактической и галактической радиоастрономии, г. Ашхабад, 1991 г.

Личный вклад автора. В работе использованы результаты совместных с соавтором публикаций и самостоятельных исследова-

ний автора диссертации. Аналитические и численные расчеты полностью выполнены автором, постановка задач в Главе 2 и анализ результатов в § 2.1 и п.2.2.2 также принадлежат автору. Постановка задач и анализ результатов в остальных разделах диссертации выполнены совместно с соавтором публикаций.

Структура диссертационной работы. Диссертация выполнена автором в Радиоастрономическом институте АН Украины и состоит из введения, трех глав и заключения. Объем диссертационной работы 125 с. машинописного текста, включая 16 рисунков и таблиц, библиография содержит 81 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, описывается история и современное состояние проблемы, обсуждается цель работы и новизна полученных результатов, дано краткое описание содержания работы.

В Главе 1 на примере распространения поляризованного радиоизлучения в плазме с детерминированным магнитным полем и флуктуациями плотности электронов сформулирована методика исследования переноса пространственной когерентности электромагнитного излучения в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме в приближении параболического уравнения и марковского случайного процесса. Методом Фейнмановских интегралов по траекториям получены решения параболических уравнений для компонент матрицы когерентности поля и следующие из них выражения для средних Фурье - параметров Стокса при квазипродольном и квазипоперечном распространении радиоизлучения. Рассмотрены режимы слабых и сильных флуктуаций волнового поля. Установлены границы применимости приближения геометрической оптики для вычисления средних параметров Стокса радиоизлучения, распространяющегося в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме.

Для случая квазипродольного распространения показано, что в режиме сильных флуктуаций характер пространственной когерентности отличается от случая слабых и насыщенных флуктуаций. В частности, влияние дифракции на средние параметры Стокса Q и U становится существенным только в случае, когда поперечный радиус когерентности флуктуаций волнового поля R_c меньше разности зон Френеля для обмыковенной и необмыковенной волн. При этом линейно поляризованная компонента излучения экспоненци-

ально мала и пропорциональна величине $S = \exp [-(\varphi_F \sigma_S^a)^{1/2}]$, где φ_F - угол фарадеевского вращения, σ_S - угловой спектр рассеянных волн, причем величина S не зависит от времени усреднения и обусловлена влиянием дифракции. Однако на фоне малости линейно поляризованной компоненты ее зависимость от пространственного разнеса точек наблюдения дает масштаб корреляции, существенно превышающий радиус когерентности R_0 неполяризованного или поляризованного по кругу излучения, что при разнесении точек наблюдения приводит к относительно более медленному убыванию линейно поляризованной компоненты и, соответственно, к относительному усилению ее пространственной когерентности.

Для случая слабых флуктуаций волнового поля показано, что при квазипродольном распространении радиоизлучения в магнитоактивной плазме со случайным распределением электронной концентрации интенсивность линейно поляризованной компоненты убывает вследствие декорреляции флуктуаций фаз нормальных волн с правой и левой круговой поляризацией при нулевом пространственном разнесе и вследствие разрушения когерентности флуктуаций волнового поля при разнесении точек наблюдения. При пространственном разнесении точек наблюдения различие степени когерентности правополяризованной и левополяризованной волн в присутствии продольной компоненты детерминированного магнитного поля приводит к возникновению поляризованной по кругу компоненты даже в отсутствие поглощения в плазменном слое. Аналогичные эффекты имеют место и при квазипоперечном распространении радиоизлучения, когда, в частности, различие степени когерентности обыкновенной и необыкновенной волн при пространственном разнесении точек наблюдения приводит к возникновению линейно поляризованной компоненты из первоначально неполяризованного излучения.

Для случая слабых флуктуаций методом малых возмущений получены поправки к выражениям для фурье - параметров Стокса при квазипродольном распространении излучения и показана сходимость решения системы уравнений при произвольной ориентации магнитного поля. Рассмотрено также влияние электронных и электрон - ионных соударений на поляризацию излучения и проанализирована зависимость наблюдаемой поляризации от времени усреднения.

В Главе 2 в приближении геометрической оптики получена система уравнений для средних по ансамблю фурье - компонент

параметров Стокса радиоизлучения, распространяющегося в плазме с изотропными или анизотропными флуктуациями магнитного поля. Рассмотрены режимы слабых и насыщенных флуктуаций волнового поля, при которых разность зон Френеля для обыкновенной и не-обыкновенной волн не превышает величину поперечного радиуса когерентности.

В § 2.1 исследована пространственная когерентность поляризованного радиоизлучения в тепловой плазме с чисто случайным магнитным полем, в § 2.2 проанализировано поведение средних фурье - параметров Стокса в присутствии детерминированного и случайного, изотропного (п.2.2.1) и анизотропного (п.2.2.2), магнитных полей. Показано, что вследствие рассеяния волн на случайных неоднородностях продольного магнитного поля возникают противоположные по знаку флуктуации волн с правой и левой круговой поляризацией. Это приводит к усилению флуктуаций разности фаз правополяризованных и левополяризованных волн при совмещении точек наблюдения и, следовательно, к убыванию линейной поляризации. При пространственном разнесении точек наблюдения линейная поляризация, в отличие от случая, рассмотренного в Главе 1, возрастает, достигая при расстояниях между пунктами наблюдения ρ , сравнимых с внешним масштабом турбулентности L_0 , когда флуктуации продольного магнитного поля δN_z в точках наблюдения декоррелированы, максимального значения.

Анизотропия поперечного случайного магнитного поля приводит к взаимной трансформации линейной и круговой поляризации в плазменном слое, которая обусловлена отличием средних фазовых скоростей линейно или, при наличии продольных флуктуаций магнитного поля, эллиптически поляризованных нормальных волн. В присутствии продольных флуктуаций магнитного поля противоположные сдвиги флуктуаций фазовых скоростей нормальных волн вызывают при малых ρ более быстрое убывание с толщиной слоя линейной поляризации по сравнению с круговой. Следовательно, если падающее на слой с анизотропным случайным магнитным полем излучение было линейно поляризованным, полная поляризация $[Q^2 + U^2 + V^2]^{1/2}$ на выходе из слоя будет несколько выше, чем при распространении излучения в изотропном случайном магнитном поле. Если же на слой падает поляризованное по кругу излучение, то трансформация круговой поляризации в линейную приведет при малых и равных нулю разностях ρ к более быстрому убыванию поляризации излучения в плазме с анизотропным случайным магнитным

полем по сравнению с изотропным случаем. При $\rho \gg L_0$ доля поляризованной компоненты $[(Q^2 + U^2 + V^2)^{1/2} / I$ в общем потоке излучения, распространяющегося в плазме с чисто случайным магнитным полем, не изменяется, имеет место лишь перераспределение энергии между линейно поляризованной ($[(Q^2 + U^2)^{1/2}]$) и поляризованной по кругу (V) компонентами излучения.

Присутствие поляризованного по кругу радиоизлучения в потоке низкочастотного излучения, прошедшего слой тепловой плазмы, может указывать на анизотропию случайного магнитного поля в этом слое, под воздействием которой первоначально линейно поляризованное излучение трансформировалось в поляризованное по кругу. Линейная частотная зависимость круговой поляризации $V(\omega)$ дает возможность отличить возникновение круговой поляризации в плазме с анизотропным случайным магнитным полем от эффекта Коттона - Мутона в плазме с детерминированным поперечным магнитным полем. Измерение круговой поляризации на низких частотах позволяет также в этом случае оценить величину исходной линейной поляризации радиоизлучения, прошедшего слой тепловой плазмы с анизотропным случайным магнитным полем, даже в том случае, когда линейная поляризация на выходе из слоя крайне мала и не доступна наблюдениям.

Глава 3 посвящена исследованию флуктуаций параметров Стокса и их пространственной корреляции. Методом интегралов по траекториям получены аналитические выражения для четвертых моментов поля в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме и на их основе проведен анализ дисперсий и корреляционных функций флуктуаций параметров Стокса. Показано, что при квазипродольном распространении неполяризованного радиоизлучения в случайно - неоднородной магнитоактивной плазме возникает флуктуационная компонента с круговой поляризацией. При этом, если в среде флуктуации магнитного поля доминируют над флуктуациями плотности электронов, то флуктуации первоначально неполяризованного потока происходят в основном в циркулярно поляризованной компоненте. Подобный эффект связан с тем, что случайные линзы, образованные неоднородностями магнитного поля, обладают противоположными преломляющими свойствами по отношению к знаку вращения поляризации в падающей волне.

Для сред с флуктуациями плотности электронов и магнитного поля проанализировано поведение корреляционных функций флуктуаций параметров Стокса в зависимости от величины базы интерфе-

рометра. Показано, что измерения корреляционных функций флуктуаций параметров I и V при разносах, не превышающих размер зоны Френеля, могут оказаться полезными для определения преобладающего в данной среде типа турбулентности, поскольку соотношение между корреляционными функциями флуктуаций I и V различно в плазме со случайным распределением плотности электронов и случайным магнитным полем. Поведение корреляционных функций флуктуаций линейно поляризованного излучения в присутствии случайного магнитного поля определяется корреляционной функцией флуктуаций разности фаз обыкновенной и необыкновенной волн. Это дает возможность определить показатель пространственного спектра флуктуаций δN в области масштабов, существенно превышающих размер зоны Френеля, вплоть до внешнего масштаба турбулентности.

В закл^ючении сформулированы основные результаты и выводы работы. Они сводятся к следующему.

1. На основе метода Фейнмановских интегралов по траекториям и системы уравнений переноса Фурье-компонент параметров Стокса проведено исследование пространственной когерентности поляризованного радиоизлучения, распространяющегося в случайно-неоднородной магнитоактивной плазме. Рассмотрен ряд моделей неоднородной плазмы:

- а) плазменный слой с детерминированным магнитным полем и флуктуациями плотности электронов с учетом электронных и электрон-ионных столкновений;
- б) плазменный слой с детерминированным магнитным полем, флуктуациями плотности электронов и изотропными или анизотропными флуктуациями магнитного поля;
- в) плазменный слой с изотропным или анизотропным стохастическим магнитным полем.

Распространение поляризованного излучения в плазменном слое со случайными неоднородностями электронной концентрации рассмотрено в режимах слабых и сильных флуктуаций волнового поля.

2. Теоретически предсказано возникновение поляризованной по кругу компоненты при квазипродольном и линейно поляризованной компоненты при квазипоперечном распространении неполяризованного радиоизлучения в случайно-неоднородной непоглощающей магнитоактивной плазме за счет различия степени когерентности обыкновенной и необыкновенной волн при пространственном разнесении точек наблюдения.

3. Показано, что в режиме сильных флуктуаций характер пространственной когерентности линейно поляризованного излучения отличается от случая слабых флуктуаций. В частности, влияние дифракции на средние параметры Стокса Q и U становится существенным только в случае, когда поперечный радиус когерентности флуктуаций волнового поля R_0 меньше разности зон Френеля для обыкновенной и необыкновенной волн. При этом масштаб пространственной корреляции линейно поляризованной компоненты превышает радиус когерентности R_0 неполяризованного и поляризованного по кругу излучения, однако сама линейно поляризованная компонента экспоненциально мала.

4. Показано, что в присутствии продольного магнитного поля, детерминированного или случайного, возникает противоположные сдвиги флуктуаций фазовых скоростей нормальных волн, что приводит к усилению флуктуаций разности фаз обыкновенной и необыкновенной волн и уменьшению линейной поляризации при совмещении точек наблюдения. При пространственном разнесении точек наблюдения характер зависимости линейной поляризации от величины базы интерферометра ρ различен в плазме с флуктуациями плотности электронов и с флуктуациями магнитного поля. В последнем случае линейная поляризация возрастает с увеличением ρ , достигая при значениях ρ , сравнимых с внешним масштабом турбулентности, максимального значения.

5. Предсказан ряд эффектов, связанных с анизотропией случайного магнитного поля:

- а) Присутствие анизотропных флуктуаций поперечного магнитного поля приводит к взаимной трансформации линейной и круговой поляризации и, в частности, к деполаризации низкочастотного циркулярно поляризованного радиоизлучения в отсутствие поглощения и при совмещении точек наблюдения.
- б) Линейная частотная зависимость поляризованной по кругу компоненты, возникающей при распространении в плазменном слое низкочастотного линейно поляризованного радиоизлучения, может указывать на присутствие в плазме анизотропного случайного магнитного поля.

6. На основе метода интегралов по траекториям исследована пространственная когерентность флуктуаций поляризованного излучения в случайно-неоднородной магнитоактивной плазме. Проведен анализ пространственных корреляционных функций флуктуаций

параметров Стокса и их связи с параметрами пространственных спектров флуктуаций плотности электронов и магнитного поля.

7. Теоретически предсказан эффект возникновения флуктуаций круговой поляризации при распространении неполяризованного излучения в плазме с продольным магнитным полем, детерминированным или случайным. При этом, если в среде флуктуации магнитного поля доминируют над флуктуациями плотности электронов, флуктуации первоначально неполяризованного потока происходят в основном в циркулярно поляризованной компоненте.

8. Установлено, что при сильных флуктуациях разности фаз обыкновенной и необыкновенной волн, которые могут быть вызваны в равной степени как флуктуациями продольного магнитного поля, так и флуктуациями плотности электронов в присутствии детерминированного магнитного поля, флуктуации линейной поляризации сохраняют информацию о линейной поляризации источника даже в том случае, когда средние параметры Стокса Q и U обращаются в ноль.

9. Показано, что поведение корреляционных функций флуктуаций линейно поляризованного излучения при разносах между пунктами наблюдения, превышающих размер зоны Френеля, определяется в основном корреляционной функцией флуктуаций разности фаз обыкновенной и необыкновенной волн. Это дает возможность определить параметры пространственного спектра флуктуаций плотности электронов или магнитного поля в области масштабов, превышающих размер зоны Френеля.

Основные результаты, приведенные в диссертации, опубликованы в следующих работах:

1. Кукушкин А. В., Ольях М. Р. Пространственная когерентность поляризованного излучения в случайно-неоднородной магнитоактивной плазме. - Харьков, 1990. - 59 с.
/ Препр. / АН УССР. Радиоастрономический ин-т.: N 41 /.
2. Кукушкин А. В., Ольях М. Р. Пространственная когерентность и поляризация радиоизлучения космических источников в случайно-неоднородной магнитоактивной плазме. - В кн.: 16 Всесоюзная конф. по распространению радиоволн. / Харьков, 1990 /: Тез. докл. - Харьков, 1990. - ч. 2. - С. 144.

3. Кукушкин А.В., Ольяк М.Р. Радиointерферометрия поляризованного излучения космических источников, рассеянного в случайно-неоднородной космической плазме. - В кн.: Волны и дифракция - 90. - М. - 1990, С.164 - 167.
4. Kukushkin A.V., Olyak M.R. Radio interferometry of the polarized radiation from cosmic sources scattered in a random magnetoplasma. - In: 23 General Assembly of the URSI. (Czechoslovakia, 1990.): Abstracts of papers, 1990, v.2. - P.740.
5. Кукушкин А.В., Ольяк М.Р. Перенос поляризации радиоизлучения в случайно-неоднородной магнитоактивной плазме. // Изв. Вузов. Сер. Радиофизика. - 1990. - 33, N 12. - С.1362 - 1369.
6. Кукушкин А.В., Ольяк М.Р. К теории радиointерферометрии поляризованного излучения в случайной магнитоплазме. - В кн.: 23 Всевозная конф. по внегалактической и галактической радиоастрономии. / Ашхабад, 1991 /; Тез. докл. - Ашхабад, 1991. - С. 85 - 86.
7. Кукушкин А.В., Ольяк М.Р. К теории рассеяния поляризованного радиоизлучения в случайно-неоднородной магнитоплазме. // Письма в Астроном. журн. - 1992. - 18, N 1. - С.87 - 95.
8. Ольяк М.Р. Пространственная когерентность поляризованного радиоизлучения в стохастическом магнитном поле. - Харьков, 1992. - 25с. / Препр. / АН Украины. Радиоастрономический ин-т.: N 58 /.

М. Ольяк

Подп. в печ. 23.02.93. Формат 60x84/16.

Бум. офс. Усл. печ. л. 0,9. Уч.-изд. л. 1,0

Тираж 100 экз. Заказ 25. Бесплатно

Ротап rint ИРЭ АН Украины

г. Харьков, ул. Академика Проскуры, 12

465

AB 27.754

AB 27.754