

КОМИССИЯ ПО СПЕКТРОСКОПИИ АН СССР  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ АН ЭССР  
ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

II симпозиум по вакуумной спектроскопии  
Тезисы докладов

Тарту 1967

Симпозиум по вакуумной...  
Тезисы докладов.

38826

1<sup>x</sup>  
А-11891

11

КОМИССИЯ ПО СПЕКТРОСКОПИИ АН СССР  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ АН ЭССР  
ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## II СИМПОЗИУМ ПО ВАКУУМНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Тезисы докладов

5 - 9 сентября 1967 г.

Тарту

Тарту 1967

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu

38826

## ВАКУУМНЫЕ МОНОХРОМАТОРЫ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ ОТКАЧКИ

М.Е.Акопян, Ф.И.Вилесов, М.С.Комаров, С.Н. Лопатир

Разработан вакуумный монохроматор МВ-4 с использованием оптической схемы Сейфа-Намиока. Диспергирующим элементом является вогнутая дифракционная решетка 1200 штр/мм с радиусом кривизны 500 мм и величиной заштрихованной поверхности  $50 \times 40 \text{ мм}^2$ . Спектральная область прибора - 500-3000 Å, линейная дисперсия - около 18 Å /мм, геометрическая светосила - 1/10. Монохроматор снабжен системой дифференцированной откачки /3 насоса НР-50 и 1 насос НР-180/, которая позволяет при ширине входной и выходной щелей 0,05-0,1 мм получать перепад давлений от 2-3 тор в области источника света /водородная лампа/ до  $1 \times 10^{-6}$  -  $5 \times 10^{-7}$  тор в области измерительной кюветы. Прибор имеет устройство для отбора части монохроматического излучения и может работать в режиме двухлучевого спектрофотометра.

В СКБ АП АН СССР в содружестве с НИФИ ЛГУ разработан масс-спектрометр с фотоионизацией. Этот прибор снабжен полуметровым вакуумным монохроматором типа Сейфа-Намиока с оптическими параметрами, аналогичными параметрам МВ-4. Система дифференциальной откачки состоит из двух насосов: НР-50 и Н1-ТР. Это позволяет получать перепад давлений между источником света и ионизационной камерой масс-спектрометра от 2-3 до  $(2-4) \times 10^{-7}$  тор. Благодаря отрицательной обратной связи между детектором монохроматического излучения и источником питания водородной лампы можно поддерживать постоянную с точностью не хуже + 3% интенсивность монохроматического излучения при автоматической развертке спектра в спектральной области 3000-900 Å.

## ПЛАЗМА, ОБРАЗУЮЩАЯСЯ ПРИ ФОКУСИРОВАНИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТВЕРДУЮ МИШЕНЬ, КАК ИСТОЧНИК СПЕКТ- РА В ВАКУУМНОМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

Н.Г. Басов, В.А. Бойко, Ю.П. Войнов, В.А. Грибков,  
Э.Я. Кононов, С.Л. Манделштам, Г.В. Склизов

При фокусировании излучения мощного лазера в режиме модулированной добротности на поверхность твердой мишени в вакууме возникает сгусток плотной горячей плазмы, интенсивно излучающей линии многократно ионизованных атомов в вакуумной ультрафиолетовой области спектра.

По сравнению с источниками, использующими плазму электрических разрядов, описываемый источник имеет ряд преимуществ: чистота спектра, отсутствие электромагнитных полей, удобность применения.

## ВАКУУМНАЯ СКОЛЬЗЯЩАЯ ИСКРА КАК ИСТОЧНИК СВЕТА ВЫСОКОЙ ЯРКОСТИ ДЛЯ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Р.И. Батраков, Ю.С. Нагулин

Разработан источник света высокой яркости, который питается от стандартного генератора конденсированной искры. Конструкция источника позволяет избежать использования регулируемых вакуумных вводов, максимально заполнить апертуру спектрального прибора и дает возможность визуально выставлять источник на оптическую ось прибора без включения искры. Источник может быть использован для возбуждения спектров элементов высокой степени ионизации, калировки и градуировки вакуумных спектральных приборов, идентификации неизвестных линий и составления атласов спектров различных элементов. Проводится сравнение яркости предлагаемого ва -

рианта скользящей искры при питании от генератора ИГ-3 с описанными в литературе источниками света для далекой ультрафиолетовой области спектра.

### ИСТОЧНИК ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ОСНОВАННЫЙ НА ВОЗБУЖДЕНИИ СВЕРХЗВУКОВОЙ СТРУИ ГА- ЗА ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Э.Т. Верховцева, Я.М. Фогель, Б.И. Веркин, В.П. Стрельников

Приводится описание конструкции и характеристики источника вакуумного ультрафиолетового излучения, основанного на возбуждении электронным пучком сверхзвуковой струи аргона, вытекающей в вакуум.

Интегральная интенсивность излучения источника в области ниже  $1100 \text{ \AA}$  при плотности частиц в выходном сечении сопла около  $7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ , плотности тока электронов  $0.07 \text{ а/см}^2$  и энергии электронов  $1100 \text{ эв}$  составляет  $2.8 \cdot 10^3 \text{ эрг/см}^2 \text{ сек}$  на расстоянии  $80 \text{ мм}$  от струи.

Источник излучения дает линейчатый спектр в области ниже  $1000 \text{ \AA}$ , принадлежащий излучению высокоионизированных атомов аргона. В области выше  $1000 \text{ \AA}$  наблюдается непрерывный спектр до  $1500 \text{ \AA}$  с максимумом  $1270 \text{ \AA}$ .

Источник излучения, основанный на возбуждении сверхзвуковой струи газа, позволяет ввести излучение ниже  $1100 \text{ \AA}$  в большом телесном угле в камеру со сверхвысоким вакуумом  $10^{-8} - 10^{-9} \text{ мм}$ .

### ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ СПЕКТРОВ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ И ИХ СМЕСЕЙ В ОБЛАСТИ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ СВЕРХ- ЗВУКОВЫХ СТРУИ АРГОНА, КРИПТОНА, КСЕНОНА ЭЛЕКТРОН- НЫМ ПУЧКОМ

Э.Т. Верховцева, В.Н. Соколов, В.С. Осыка, Я.М. Фогель  
С помощью возбуждения сверхзвуковых струй инертных

газов и их смесей электронным пучком получены интенсивные непрерывные спектры излучения в области длин волн 900 - 2000 Å.

В отличие от непрерывных спектров инертных газов, получаемых в газоразрядных трубках при давлении газа в несколько сот мм рт.ст., непрерывные спектры излучения сверхзвуковых струй аргона, криптона, ксенона, возбужденные электронным пучком, получены при сравнительно низком давлении газа в выходном сечении сопла (около 1 мм рт. ст.).

Делается предположение, что образование непрерывных спектров инертных газов при малом давлении газа в сверхзвуковой струе связано с низкой температурой газа в струе [Т вых.теорет. = 13,2 ° К для сопла  $\frac{S_{\text{вых}}}{S_{\text{кр}}} = 36,6$ ].

Исследована зависимость интенсивности непрерывного спектра аргона, криптона, ксенона от энергии электронного пучка и давления газа в выходном сечении сопла.

#### ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ И ОТРАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ В ОБЛАСТИ 2000 - 700 Å

В.Н. Вишнеvский, Л.Н. Кулик, Н.А. Романюк

Приводятся основные характеристики установки и данные об эксплуатации ее в течение нескольких лет. Установка смонтирована на базе переоборудованного вакуумного спектрографа ДФС-5 и позволяет получать спектры поглощения, а также спектры отражения кристаллов при углах падения 20, 30, 45, 70, 75° в естественном и поляризованном излучении в области 2000-700 Å. Исследуемые образцы могут поддерживаться при различных температурах. Рассматриваются особенности стыковки отдельных узлов установки и выбор газового режима всей вакуумной системы при непосредственном вводе излучения в вакуум.

Описана также конструкция камеры образцов, позволяющая проводить измерения в поляризованном излучении в области 2000-1200 Å. Обсуждаются вопросы фотографического фотометри-

рования в области вакуумного ультрафиолета и определения оптических констант по измеренным коэффициентам отражения.

О ФУНДАМЕНТАЛЬНОМ ПОГЛОЩЕНИИ НЕКОТОРЫХ ЧИСТЫХ  
ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ ТВЕРДЫХ РАС-  
ТВОРОВ В ОБЛАСТИ 2000-700 Å

В.Н. Вишнеvский, Л.Н. Кулик, Н.А. Романюк

Исследовано изменение структуры фундаментальных полос поглощения монокристаллов ряда чистых щелочно-галогидных соединений в зависимости от режима роста и состояния поверхности. Полученные результаты в известной мере объясняют различия в спектрах отражения и поглощения соседних участков образцов.

Исследован характер сдвига и изменения структуры полос некоторых смешанных щелочно-галогидных монокристаллов при последовательном изменении соотношения компонентов.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВАКУУМНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ  
ОБЛАСТИ СПЕКТРА ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

В.Б. Воронич, Е.И. Никонова, Г.П. Старцев, Э.И. Шлепкова

Сравниваются методы определения серы, фосфора и углерода в сталях на вакуумных квантометрах типа "Поливак Е 600 20/30", "Квантовак АRL 31000" и ДФС-31. Дается сравнительная характеристика этих квантометров. Приводятся некоторые результаты исследования на квантометре ДФС-31 источника света, горящего в атмосфере аргона; исследовано влияние степени чистоты аргона и скорости его продувки на результаты анализа и выбраны оптимальные условия разряда.

Исследованы аналитические возможности области 2000 - 500 Å с низковольтным импульсным источником света.

РАССЕЯННЫЙ СВЕТ В ВАКУУМНЫХ МОНОХРОМАТОРАХ

Н.Г. Герасимова, Д.А. Гусев, Г.П. Старцев

Разработана методика измерения интенсивности рассеян-

ного света в области 20–600 нм. Экспериментально установлена зависимость интенсивности рассеянного света от интенсивности входящего в прибор монохроматического излучения различных длин волн. Аналогичное исследование проведено и для источников сплошного спектра. Определена зависимость интенсивности рассеянного света от параметров прибора.

Для измерения рассеянного света в коротковолновой области, вызванного длинноволновым монохроматическим излучением, использовалась ртутно-кварцевая лампа ПРК-4 и набор селективных фильтров, выделяющих отдельные линии спектра ртути: 579, 546, 436, 360, 250 нм.

Рассеянный свет с более короткими длинами волн измерялся при помощи водородной лампы и фильтров, имеющих различные коротковолновые границы пропускания (фтористый литий – 105 нм, кварц – 142,5 нм, барий – 160 нм, увиоль – 180 нм).

Выяснена возможность применения копий дифракционных решеток в вакуумных спектральных приборах.

Показано, что интенсивность рассеянного света в области спектра до 100 нм для копий и дифракционной решетки, являющейся оригиналом при их изготовлении, имеет примерно одинаковую величину.

В более коротковолновой области у копий наблюдается значительно больший рассеянный свет.

#### ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРОВ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ В ОБЛАСТИ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТА ПРИ 4° К

Л.Г. Гимпелевич, Л.В. Любимова, И.Я. Фуголь

Интенсивный гелиевый континуум в области 2000–1100 Å использован для исследования спектров поглощения. Описывается удобная конструкция лампы, работающей при 10 кв, 100 ма в схеме самопробоя. Лампа заполнена гелием при давлении 200–400 мм рт.ст.; окно из фтористого лития долго сохраняет свою прозрачность (свыше 100 часов) в условиях эксплуатации. Гелиевый континуум 2000 – 1100 Å обладает рядом преимуществ для абсорбционной спектроскопии по сравнению с

водородным континуумом.

В качестве источников для абсорбционных измерений на монохроматоре ВМР-2 использованы также лампы, дающие полосатые и многолинейчатые спектры  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Ar}$  и  $\text{Xe}$ . Предлагается безоконный способ введения излучения в вакуумную камеру. Описывается устройство промежуточных вакуумных камер с фокусировкой излучения.

Методика абсорбционных измерений при низких температурах в области вакуумного ультрафиолета обладает рядом особенностей, к которым относятся требования к предельному вакууму в криостате, чистоте осаждаемых образцов, способу осаждения. Описывается конструкция криостата для отжига и полужения образцов при  $4^{\circ}\text{K}$ . В качестве примера обсуждается спектр примеси кислорода в матрице азота при температуре  $4^{\circ}\text{K}$ , полученный с помощью спектрографа ДФС-5 м

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ, ДАВАЕМОЙ РЕШЕТКАМИ В ВАКУУМНОМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

В.И. Гладушак, Е.Я. Шрейдер

При проведении абсолютных и относительных измерений яркостей спектральных линий в вакуумном ультрафиолете необходимо знать коэффициент пропускания спектрального прибора, который зависит от степени поляризации падающего света.

При определении коэффициента пропускания по методу двух монохроматоров допускается ошибка, связанная с тем, что свет, падающий на решетку монохроматора, заведомо поляризован. Коэффициент пропускания монохроматора зависит от того, какой монохроматор и какая решетка используется для выделения монохроматического света, падающего на решетку градуируемого монохроматора.

На приборе Сейна-Намиока для разных решеток с различными покрытиями исследовались величины допускаемых ошибок как при абсолютных, так и при относительных энергетических измерениях.

Для определения яркости спектральной линии необходимо знать степень поляризации исследуемого излучения.

Предлагается простой способ ее определения.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ В ВАКУУМНОМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

В.И. Гладущак, Г.И. Чащина, Е.Я. Шрейдер

Надежные измерения показателей преломления всех инертных газов имеются до  $2300 \text{ \AA}$ , при меньших длинах волн показатели преломления измерены только для нескольких длин волн, и есть основания сомневаться в достоверности этих измерений.

В настоящей работе проведены измерения показателей преломления для линий тяжелых инертных газов до  $1100 \text{ \AA}$ .

Применялся метод сдвига спектральной линии, позволяющий измерить показатель преломления на приборе с обратной дисперсией  $4 \text{ \AA/мм}$  с точностью порядка 1-3 %.

Сделана попытка оценить силы осцилляторов линий инертных газов по измерениям показателей преломления вблизи линий поглощения.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОТО- ЭЛЕКТРОНОВ, ВЫХОДЯЩИХ ПО НОРМАЛИ К ПОВЕРХНОСТИ

А.А. Гужов, В.Б. Тулвинский, Ю.А. Щуба

Издагается методика измерения характеристик фотоэмиссии электронов, выходящих по нормали к поверхности катода.

Схема измерений включает в себя анализатор энергии электронов, вторично - электронный умножитель и аппаратуру для электрического дифференцирования вольтамперных характеристик фототока.

Приведены результаты измерений фотоэмиссии с монокристаллов *In Sb* в области энергий фотонов 6-25 эв.

#### ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПОЛУЧЕНИЯ КОНДЕНСИРОВАННОЙ ИСКРЫ В ВАКУУМЕ И ЕГО ВОЗМОЖНОМ ПРИМЕНЕНИИ

Э.Ю. Давлетшин

Известно, что при введении многоатомных заряженных

частичек в промежуток между электродами, разряд конденсированной искры в вакууме возникает при сравнительно низких пробойных напряжениях. Такой разряд может быть использован в качестве источника света для возбуждения спектров порошковых веществ в вакуумном ультрафиолете.

Экспериментально установлена возможность получения вакуумной искры также между монокристаллическими электродами. Возникновение разряда при пробойных напряжениях порядка 15 кв обеспечивается увеличением напряженности поля за счет уменьшения промежутка между электродами до 0,01 см. Иницируемая таким образом вакуумная искра позволяет получать спектры различных металлов и сплавов.

Возможность применения описываемого разряда в качестве источника света для спектрального анализа показана на примере обнаружения серы, фосфора, углерода и кремния в образцах стали. Питание источника осуществлялось от искрового генератора ИГ-2. Для построения аналитических графиков использовались линии спектров вакуумного ультрафиолета.

## МОЩНЫЕ ИСТОЧНИКИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Л. А. Ессин

Разработано несколько типов мощных источников ультрафиолетового излучения, предназначенных для исследования люминесценции различных веществ, изучения влияния облучения на живые организмы и химические вещества, для фотобиологических исследований, установок, имитирующих излучение заатмосферного солнца, и др. целей.

В качестве наполнителя применялись водород и дейтерий.

Приводятся данные по электрическим параметрам источников, оптическим характеристикам различных ламп. Проведены сравнительные исследования спектральных характеристик. Намечены перспективы дальнейшего усовершенствования источников ультрафиолетового излучения (возможности продвижения в область вакуумного ультрафиолета).

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛО-  
ФОСФОРОВ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ В ВАКУУМНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕ-  
ТОВОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Э.Р. Ильмас

Кратко рассматриваются основные механизмы передачи энергии возбуждения центрам свечения в люминофорах при возбуждении в области поглощения основного вещества кристаллофосфора и некоторые факторы, влияющие на эффективность этой передачи.

АТЛАС СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ ВАКУУМНОГО СПЕКТРО-  
ГРАФА

С.К. Калинин, С.М. Мухтаров, В.М. Перевертун

Атлас составлен применительно к спектрографу ДФС-5М и охватывает область от 2017 до 300 Å. На каждом планшете атласа изображен участок спектра меди 40 Å, к которому подведена шкала длин волн, и штрихами отмечено положение спектральных линий атомов (I) и ионов (II, III, IV, V, VI, VII) различных элементов: Li, K, Na, Rb, Cs, Ca, Mg, Sr, Ba, Al, Si, Fe, S, P, As, Se, Te, а также газов (H, N, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe), галоидов (F, Cl, Br, J) и некоторых других.

В прилагаемых таблицах даны длины волн линий, их интенсивности в относительной шкале, энергии нижнего и верхнего уровней и другие характеристики.

Источником возбуждения служил высокоточный импульсный разряд в вакууме со следующими параметрами контура:

$C = 8000$  мкф,  $U = 300$  в,  $L = 0,6$  мкгн,  $R = 0,005$  ом.

Атлас сопровождается описанием, содержащим ряд практических рекомендаций, необходимых для проведения разнообразных спектроскопических исследований в вакуумной области спектра.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОТОЧНОГО ИМПУЛЬСНОГО РАЗРЯДА В ВАКУУМЕ

С.К. Калинин, В.М. Перевертун

Проведено исследование высокоточного низковольтного импульсного разряда в вакууме со следующими параметрами контура:  $C = 8000$  мкф,  $U = 400$  в,  $L = 0,6$  мкгн,  $R = 0,005$  ом. Амплитудное значение тока 20 ка.

Изучено влияние параметров контура на изменение тока и напряжения в процессе развития разряда. Установлено, что разряд имеет возрастающую вольтамперную характеристику; вблизи анода обнаружено сильное сжатие канала за счет собственного магнитного поля; определена зависимость напряженности электрического поля от теплофизических свойств материала электродов.

Спектральный состав излучения показал, что в разряде высвечиваются ионы с потенциалом ионизации до 240 эв. По удельной электропроводности плазмы и по соотношению интенсивности линий  $Al$  УП оценена температура разряда, составляющая  $1,7 - 2 \cdot 10^5$  °К. Исследовались структура и форма спектральных линий ионов различных состояний ионизации.

Исследуемый разряд является высокотемпературным источником возбуждения, позволяющим получать интенсивные спектры многозарядных ионов.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ИОНОВ В ПЛАЗМЕ ВЫСОКОТОЧНОГО ИМПУЛЬСНОГО РАЗРЯДА В ВАКУУМЕ

С.К. Калинин, В.М. Перевертун, С.М. Мухтаров

Используя стигматическое изображение источника света в фокальной плоскости спектрографа, изучено распределение интенсивности спектральных линий ионов кислорода ( $O$  П,  $O$  Ш,  $O$  IY,  $O$  Y,  $O$  UI) и азота ( $N$  П,  $N$  Ш,  $N$  IY) вдоль разрядного промежутка. Источником возбуждения служил высокоточный импульсный разряд в вакууме ( $C = 8000$  мкф,  $U = 370$  в,  $L = 0,6$  мкгн,  $R = 0,005$  ом, максимальное значение силы тока 20 ка). Фотографирование спектров проводилось на ваку-

умном дифракционном спектрографе ДФС-5М при величине обратной линейной дисперсии  $2,8 \text{ \AA}/\text{мм}$ .

Установлено, что излучение ионов различных состояний ионизации пространственно разделяется. Положение максимума интенсивности линий соответствующего иона зависит от его заряда. Ионы с наибольшей энергией ионизации высвечиваются вблизи анода. Обнаруженная закономерность использована для установления принадлежности линий различным состояниям ионизации атома в спектре меди. Идентифицировано большое число новых линий меди, относящихся к ионам  $\text{Cu IV}$ ,  $\text{Cu V}$  и  $\text{Cu VI}$ .

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРОГРАФОВ СКОльзяЩЕГО ПАДЕНИЯ ПРИ ТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ДЛИН ВОЛН

Э.Я. Кононов

Приводится опыт использования отечественных приборов ДФС-6 и ДФС-26 для идентификации новых линий в спектрах многократно ионизованных атомов. Излагаются требования к точности измерений длин волн, в частности для астрофизических приложений, и к юстировке приборов. Применение в этих приборах пленок вместо пластинок снижает достижимую точность почти на порядок. Рассказывается о расчете длин волн по компараторным измерениям с помощью ЭВМ.

### ИЗМЕРЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОСЛОЕВ В ВАКУУМНОЙ УФ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

А.В. Кравченко, Н.Г. Морозова, Г.П. Старцев

Разработана методика определения абсолютной спектральной чувствительности фотослоев в области спектра от 30 до 250 нм. Измерения абсолютных интенсивностей световых потоков в фокальной плоскости вакуумного спектрографа ДФС-29 производились с помощью фотоумножителя, смонтированного в камере кассеты прибора. Система, состоящая из фотоумножителя и люминофора, калибровалась в абсолютных единицах с помощью

ионизационной камеры.

Получены данные об абсолютной спектральной чувствительности некоторых фотослоев НИКФИ в вакуумной УФ области спектра и зависимость коэффициента контрастности от длины волны.

ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ИОННЫХ  
КРИСТАЛЛОВ В ВАКУУМНОМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ И РАСЧЕТ  
ИХ ОПТИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ

В.Л. Марков, В.Б. Тулвинский

Излагается методика измерений коэффициента отражения в области 5 - 25 эв.

Приводятся спектры отражения монокристаллов  $\text{LiF}$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{SrF}_2$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и их оптические постоянные, вычисленные при помощи соотношений Крамерса-Кронига.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ СПЕКТРА ДЛЯ РЕГИ-  
СТРАЦИИ СВЕЧЕНИЯ ПРИ АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ  
( 500-1800 Å )

В.Б. Матвеев, С.В. Бобашев, В.А. Анкудинов, Е.П. Андреев

Излучение, возникающее при прохождении килоэлектронно-вольтовых ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{He}^+$ ,  $\text{K}^+$  через газы  $\text{Ar}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{He}$ , анализировалось с помощью вакуумного монохроматора типа Сейя-Намиока (  $R = 0,5 \text{ м}$ , 1200 штр/мм ).

Детектором света служил счетчик фотонов, состоящий из фотоэлектронного конвертора (золото), системы фокусировки и ускорения электронов до энергии 20 кэв и сцинтилляционного счетчика.

Из полученных спектров видно, что сигналы на выходе фотоумножителя для коротковолновых спектральных линий (  $\lambda < 1100 \text{ Å}$  ) во втором и даже в третьем порядке больше, чем в первом. Так как с увеличением номера порядка возрастает также разрешение прибора, то значительно удобнее было исследовать функции возбуждения отдельных линий во втором или третьем порядке.

Были измерены абсолютные величины интенсивности линий  $L_{\alpha}$  и  $L_{\beta}$ , наблюдаемых в спектрах.

## ВАКУУМНЫЕ СПЕКТРОМЕТР И СПЕКТРОГРАФ СКОЛЬЗЯЩЕГО ПАДЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДАЛЕКОМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

Ю.С. Нагулин, В.А. Кормаков, Р.И. Батраков  
Е.А. Феоктистова

Рассматривается однолучевой спектрометр скользящего падения и модернизация спектрографа ДФС-6.

1. Вакуумный спектрограф скользящего падения для области спектра 10 - 95 нм с дифракционной решеткой  $R = 3$  м, 600 штр/мм, работающей в первом порядке, построен по схеме, предложенной M. Salle и B. Vodar. Угол падения света на решетку постоянный и равен  $82^{\circ}$ , расстояние от входной щели до решетки неизменное. Все оптические элементы расположены на круге Роуланда. Для сканирования спектра решетка разворачивается и перемещается вместе с входной щелью. Обратная линейная дисперсия прибора около  $1 - 2$  Å/мм. Теоретическая разрешающая сила 12000.

Прибор оснащен камерой для измерения пропускания газов и твердых образцов и для измерения отражения твердых образцов.

Источником служит разряд Пенинга.

2. Для спектрографа ДФС-6 спроектирован, изготовлен и испытан световой затвор, позволяющий производить последовательную съемку 4 спектров высотой 2 мм без перезарядки кассеты. Затвор устанавливается перед кассетой. Шторки затвора открывают или закрывают участки фотопленки, установленной в кассетную часть прибора. Управление затвором осуществляется снаружи без нарушения вакуума (вращающийся вакуумный ввод выполнен с применением полихлорвиниловых прокладок, что обеспечивает надежное уплотнение и длительную работоспособность соединения).

Применение такого приспособления на спектрографе ДФС-6 позволило значительно повысить производительность прибора и использовать его для спектрального анализа по спектрам ва-

куумной ультрафиолетовой области.

## СТАНДАРТНЫЙ ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТА

Р.А. Ныммик

Описывается стандартный источник света, основанный на использовании черенковского излучения. Последнее генерируется в кристалле фтористого лития электронами, выпускаемыми изотопом стронция-90.

Комбинация долгоживущего изотопа с материалом, пропускающим возникающее в нем излучение вплоть до длин волн 105 нм, позволяет использовать источник для абсолютной интегральной калибровки счетчиков фотонов ультрафиолета.

Трудность экранировки калибруемого счетчика от радиоктивного фона изотопа при одновременном требовании достаточной интенсивности ультрафиолетового излучения обойдена путем задания кристаллу и свинцовому экрану специальной конфигурации.

Разработанный источник обладает потоком излучения в области вакуумного ультрафиолета, достаточным для калибровки счетчика фотонов СФМ-I на уровне счета более 500 импульсов в секунду при радиоактивном фоне порядка 10 имп/сек.

## УЗКОПОЛОСНЫЙ ГАЗОВЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИНИИ $L_{\alpha}$

Р.А. Ныммик, М.Ю. Саар, В.М. Тийт

Описывается газовый фильтр, состоящий из кюветы с окнами из фтористого лития, заполненной смесью кислорода с закисью азота.

Как известно, кислород имеет в области вакуумного ультрафиолета ряд узких полос пропускания, в том числе около линии  $L_{\alpha}$ . Закись азота также имеет полосу пропускания около  $L_{\alpha}$ , но широкую. Смесь этих газов позволяет получить фильтр для выделения излучения  $L_{\alpha}$  имеющий очень узкую полосу пропускания (обусловленную кислородом), в то вре-

мя как излучение в других окнах пропускания кислорода поглощается закисью азота.

Приводятся результаты исследования разработанных фильтров, содержащих в смеси разное количество компонентов. Показано, что при соответствующем подборе газа можно создать узкополосный фильтр с полушириной пропускания  $\pm 4 \text{ \AA}$  и с прозрачностью порядка 0,01 для линии  $\angle \lambda$ .

#### О ПОЯВЛЕНИИ ПАРОВ ВОДЫ В ВАКУУМНЫХ СИСТЕМАХ, ИМЕЮЩИХ ОКНА ИЗ ФТОРИСТОГО ЛИТИЯ

Р.А. Ныммик, М.Ю. Саар, В.М. Тийт, А.А. Тоотси

При исследовании свойств счетчиков фотонов, газовых фильтров и малогабаритных водородных ламп с окнами из фтористого лития отмечено, что в этих приборах со временем появляются пары воды.

Этот эффект вызывает изменение спектральных характеристик перечисленных приборов, обуславливает повышение потенциала зажигания малогабаритных газоразрядных ламп, приводит к сдвигу счетных характеристик счетчиков фотонов и в итоге является основным источником порчи приборов в течение времени.

Контрольными опытами установлено, что по крайней мере основное количество воды проникает в баллоны приборов извне. Получены количественные характеристики этого процесса. Критически рассмотрены две возможные причины появления паров воды, связанные либо со свойствами фтористого лития, либо с количественно одинаковой способностью пропускания паров воды целым рядом клеящих веществ.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТОЧНОГО ИМПУЛЬСНОГО РАЗРЯДА  
В ВАКУУМЕ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПОРОШКО-  
ОБРАЗНЫХ ПРОБ

В.М. Перевертун

Разработана методика определения серы и фосфора в порошкообразных пробах. Анализируемое вещество предварительно смешивается с порошком металлического алюминия в соотношении 1 : 4 и помещается в кратер катода (электроды алюминиевые). Анализ проводится по линиям фосфора  $P \text{ IV } 950,669 \text{ \AA}$ ,  $P \text{ V III } 7,979 \text{ \AA}$  и серы  $S \text{ VI } 933,382 \text{ \AA}$ ,  $S \text{ VI } 944,517 \text{ \AA}$ ,  $S \text{ V } 786,776 \text{ \AA}$ . Чувствительность определения фосфора составляет 0,001 %, серы - 0,0003 %.

Параметры источника возбуждения:  $C = 8000 \text{ мкф}$ ,  
 $U = 280 \text{ в}$ ,  $L = 1 \text{ мкн}$ ,  $R = 0,01 \text{ ом}$ , сила тока 12000 а.  
Фотографирование спектров ведется с помощью дифракционного спектрографа ДФС-5М на фотопленке УФ-2Т НИКФИ. Средняя квадратичная ошибка составляет  $\pm 18 \%$ .

УВЕЛИЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНОГО  
УСТРОЙСТВА ВАКУУМНОГО МОНОХРОМАТОРА СП-68

Б.Н. Попов, Э.Т. Верховцева, Г.Н. Полякова

Реконструировано приемно-усилительное устройство вакуумного монохроматора СП-68.

Реконструкция заключалась в следующем.

1. Салицилат натрия с помощью центрифуги наносился непосредственно на торцевую плоскость фотоумножителя.
2. Произведена замена фотоумножителя ФЭУ-19М на фотоумножитель ФЭУ-64, находящийся при  $T = -70^{\circ}\text{C}$ .
3. Вместо усилителя постоянного тока использовалась система счета отдельных квантов.

В результате реконструкции чувствительность регистрирующего устройства вакуумного монохроматора СП-68 была увеличена в  $10^3$ - $10^4$  раз.

О ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА КонтРАСТНОСТИ ФОТО -  
МАТЕРИАЛОВ В ВАКУУМНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ  
СПЕКТРА ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОТОЭМУЛЬ -  
СИЮ

А.Н. Рябцев, Н.К. Суходрев

Показано, что сильное поглощение материалом связи излучения в вакуумной ультрафиолетовой области спектра должно привести к зависимости коэффициента контрастности фотоматериалов  $\gamma$  от угла падения излучения на фотослой  $\varphi$ . Приведены результаты экспериментального исследования зависимости  $\gamma$  от  $\varphi$  для фотопленок УФ-2Т и SC-5 в интервале углов падения от  $0^\circ$  до  $83^\circ$ . С увеличением угла падения коэффициент контрастности сильно уменьшается - в исследованном интервале углов  $\gamma$  для пленки УФ-2Т уменьшается почти в 3 раза, для SC-5 в 1,5 раза для длины волны 584 Å. С увеличением длины волны эффект зависимости  $\gamma$  от  $\varphi$  ослабляется; в области 4000 Å коэффициент контрастности пленки УФ-2Т для  $\varphi = 80^\circ$  уменьшается только на 15 % по сравнению с нормальным падением.

ФТОРИСТЫЙ ЛИТИЙ КАК ОПТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ  
ШУМАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

И.В. Смушков, Л.М. Сойфер, М.И. Шахнович

Монокристаллы втористого лития в течение длительного времени используются в качестве материала для изготовления окон, подложек и оптических деталей, применяемых в вакуумной области спектра. Однако монокристаллы, получаемые обычными методами из стандартных солей, обнаруживают большой разброс оптических характеристик, который необходимо учитывать при их использовании.

Приводятся данные о прозрачности кристаллов втористого лития, полученных по оптимальной методике и практически свободных от примесного поглощения.

Рассматривается люминесценция кристаллов фтористого ли-

тия, возбуждаемая в вакуумной области спектра, и изменение оптических свойств кристаллов при обработке и хранении их в воздушной атмосфере.

## ДВОЙНОЙ ВАКУУМНЫЙ МОНОХРОМАТОР ДВМ-3 ДЛЯ ОБЛАСТИ СПЕКТРА $\lambda$ 100-220 НМ

В.М. Тийт

Описывается двойной вакуумный монохроматор, сконструированный и изготовленный в Институте физики и астрономии АН ЭССР.

Прибор собран из двух ординарных монохроматоров типа Джонсона-Онака, работающих в первом порядке в режиме вычитания дисперсии.

Применяются решетки, покрытые слоем  $Al + MgF_2$  1200 штр/мм, радиус кривизны 0,5 м.

Сканирование спектра осуществляется при помощи мотора, снабженного редуктором и коробкой передач. Мотор вращает первую решетку, от которой движение с помощью стержня передается второй решетке.

Источник света и объем выходной щели могут быть отделены от основного объема, где расположены дифракционные решетки с затворами, снабженными прозрачными окошками. Все три объема могут отдельно откачиваться одним форвакуумным насосом РВН-20.

Монохроматор ДВМ-3 снабжен приставкой, позволяющей работать в двухлучевом режиме, что допускает применение компенсационной регистрирующей системы, исключая влияние колебаний интенсивности источника света на результаты измерения.

Приводятся результаты испытания монохроматора.

О СВОЙСТВАХ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ СЧЕТЧИКОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ В ВАКУУМНОМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

В.М. Тийт, С.А. Леппик, Р.А. Ныммик, Р.В. Шацкина

В докладе дается краткий обзор основных свойств счетчиков фотонов, выпускаемых мелкосерийно в Советском Союзе, а также опытных экземпляров, разработанных и изготовленных в Институте физики и астрономии АН ЭССР.

Приводятся результаты исследования различных оптических и электрических характеристик счетчиков, зависимость последних от режима работы и факторов окружающей среды.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, РЕГИСТРИРУЮЩИХ ВАКУУМНОЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

В.М. Уварова, М.Р. Шпольский, Т.А. Калинкина,  
Г.И. Чистова

Изучены фотографические характеристики пленок типа УФ, предназначенных для регистрации коротковолнового ультрафиолетового излучения. Низкая светочувствительность пленок обеспечивает малый фон вуали, создаваемый рассеянным в спектральном приборе светом.

Определена пороговая чувствительность (в отн. ед.) пленок УФ-2Т и УФ-4Т и пленок с люминофорной сенсibilизацией УФ-1Л.

Исследованы сохраняемость неэкспонированных слоев и регрессия скрытого изображения, образованного вакуумным УФ излучением.

Определены отклонения от закона взаимозаместимости на различных типах фотоматериалов и показано, что в вакуумной УФ области спектры отклонения от закона взаимозаместимости уменьшаются с увеличением энергии квантов действующего на слой излучения.

Исследованы фотографические характеристики пленок фирмы Kodak-Pathé (Франция) и Eastman Kodak (США), используемых при фотографировании спектров вакуумного УФ излучения.

МОЩНАЯ ВОДОРОДНАЯ ЛАМПА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ КАК  
ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТА

И.Я. Фуголь, Б.И. Хрущ

Разработана удобная разборная конструкция высоковольтной водородной лампы со сменными окнами из фтористого лития. Лампа работает с использованием проточного водорода в режиме постоянного тока до 1,5 А и напряжения 2 кв.

Приводятся результаты измерений величин интегральной интенсивности лампы при различных режимах работы и спектральное распределение интенсивности водородной лампы в области 2000-1100 Å. Измерения интенсивности проведены фотохимическим методом (фоторазложение  $\text{CO}_2$ ), термозлементом и ионизационной камерой КФЛ-2. Анализируются различные способы измерения интенсивности.

Исследованы и сведены к минимуму причины падения прозрачности окон фтористого лития. Сообщаются результаты многочасовых (до 100 часов) испытаний водородной лампы с непрерывным контролем изменения прозрачности фтористого лития в области 1216 Å с помощью камеры КФЛ-2. Лампа предназначена для исследования радиационной стойкости материалов под воздействием интенсивного излучения вакуумного ультрафиолета в диапазоне 2000 - 1100 Å. Интегральная интенсивность светового потока водородной лампы в области 2000 - 1300 Å превышает  $5 \cdot 10^{15}$  кв/сек, интенсивность в области 1216 Å составляет  $1,5 \cdot 10^{15}$  кв/сек.

## С о д е р ж а н и е

<u>Акопян М.Е., Вилесов Ф.И., Комаров М.С., Лопатин С.Н.</u> Вакуумные монохроматоры с дифференцированными системами откачки. ....	3
<u>Басов Н.Г., Бойко В.А., Войнов Ю.П., Грибков В.А., Кононов Э.Я., Мандельштам С.Л., Склизков Г.В.</u> Плазма, образующаяся при фокусировании лазерного излучения на твердую мишень, как источник спектра в вакуумном ультрафиолете. ....	4
<u>Батраков Р.И., Нагулин Ю.С.</u> Вакуумная скользящая искра как источник света высокой яркости для спектроскопических целей. ....	4
<u>Верховцева Э.Т., Фогель Я.М., Веркин Б.И., Стрельников В.П.</u> Источник вакуумного ультрафиолетового излучения, основанный на возбуждении сверхзвуковой струи газа электронным пучком. ....	5
<u>Верховцева Э.Т., Соколов В.Н., Осыка В.С., Фогель Я.М.</u> Об особенностях получения непрерывных спектров инертных газов и их смесей в области вакуумного ультрафиолетового излучения при возбуждении сверхзвуковых струй аргона, криптона, ксенона электронным пучком. ....	5
<u>Вишневский В.Н., Кулик Л.Н., Романюк Н.А.</u> Опыт эксплуатации установки для получения спектров поглощения и отражения кристаллов в области 2000-700 Å. ....	6
<u>Вишневский В.Н., Кулик Л.Н., Романюк Н.А.</u> О фундаментальном поглощении некоторых чистых щелочно-галогидных соединений и их твердых растворов в области 2000-700 Å. ....	7

<u>Воронич В.Б., Никонова Е.И., Старцев Г.П., Шлепкина З.И.</u> Об использовании вакуумной ультрафиолетовой области спектра для спектрального анализа . . . . .	7
<u>Герасимова Н.Г., Гусев Д.А., Старцев Г.П.</u> Рассеянный свет в вакуумных монохроматорах. . . . .	7
<u>Гимпелевич Л.Г., Любимова Л.В., Фуголь И.Я.</u> Источники излучения и методика исследования спектров конден- сированных образцов в области вакуумного ультрафио- лета при 4°К. . . . .	8
<u>Гладущак В.И., Шрейдер Е.Я.</u> Исследование поляризации, да- ваемой решетками в вакуумном ультрафиолете. . . . .	9
<u>Гладущак В.И., Чащина Г.И., Шрейдер Е.Я.</u> Определение по- казателей преломления инертных газов в вакуумном ультрафиолете. . . . .	10
<u>Гужов А.А., Тулвинский В.Б., Шуба Ю.А.</u> Исследование энергетического распределения фотоэлектронов, вы- ходящих по нормали к поверхности. . . . .	10
<u>Давлетшин Э.Ю.</u> Об одном способе получения конденсирован- ной искры в вакууме и его возможном применении. . . . .	10
<u>Ессин Л.А.</u> Мощные источники ультрафиолетового излуче- ния. . . . .	11
<u>Ильмас Э.Р.</u> О некоторых особенностях люминесценции кристаллофосфоров при возбуждении в вакуумной ультрафиолетовой области спектра. . . . .	12
<u>Калинин С.К., Мухтаров С.М., Перевертун В.М.</u> Атлас спектральных линий для вакуумного спектрографа. . . . .	12
<u>Калинин С.К., Перевертун В.М.</u> Электрические и спектро- скопические характеристики высокоточного импульс- ного разряда в вакууме. . . . .	13
<u>Калинин С.К., Перевертун В.М., Мухтаров С.М.</u> Распределение излучения ионов в плазме высокоточного импульсного разряда в вакууме. . . . .	13

<u>Кононов Э.Я.</u> Некоторые особенности применения спектрографов скользящего падения при точных измерениях длин волн. ....	14
<u>Кравченко А.В., Морозова Н.Г., Старцев Г.П.</u> Измерение абсолютной чувствительности фотослоев в вакуумной УФ области спектра. ....	14
<u>Макаров В.Л., Тулвинский В.Б.</u> Измерения спектров отражения некоторых ионных кристаллов в вакуумном ультрафиолете и расчет их оптических постоянных. ....	15
<u>Матвеев В.Б., Бобашов С.В., Анкудинов В.А., Андреев Е.П.</u> Использование высших порядков спектра для регистрации свечения при атомных столкновениях ( $\lambda = 500-1800 \text{ \AA}$ )	15
<u>Нагулин Ю.С., Кормаков В.А., Батраков Р.И., Феоктистова Е.А.</u> Вакуумные спектрометр и спектрограф скользящего падения для исследования в далеком ультрафиолете. ....	16
<u>Ныммик Р.А.</u> Стандартный источник излучения для вакуумного ультрафиолета. ....	17
<u>Ныммик Р.А., Саар М.Ю., Тийт В.М.</u> Узкополосный газовый фильтр для выделения излучения линии. ....	17
<u>Ныммик Р.А., Саар М.Ю., Тийт В.М., Тоотси А.А.</u> О появлении паров воды в вакуумных системах, имеющих окна из фтористого лития. ....	18
<u>Перевертун В.М.</u> Применение высокоточного импульсного разряда в вакууме для спектрального анализа порошкообразных проб. ....	19
<u>Попов Б.Н., Верховцева Э.Т., Полякова Г.Н.</u> Увеличение чувствительности приемно-усилительного устройства вакуумного монохроматора СП-68. ....	19
<u>Рябцев А.Н., Суходрев Н.К.</u> О зависимости коэффициента контрастности фотоматериалов в вакуумной ультрафиолетовой области спектра от угла падения излучения на фотоэмульсию. ....	20

<u>Смушков И.В., Сойфер Л.М., Шахнович М.И.</u> Фтористый литий как оптический материал для шумановской области спектра. ....	20
<u>Тийт В.М.</u> Двойной вакуумный монохроматор ДВМ-3 для области спектра 100-220 нм. ....	21
<u>Тийт В.М., Леппик С.А., Ныммик Р.А., Шапкина Р.В.</u> О свойствах газоразрядных счетчиков для регистрации излучения в вакуумном ультрафиолете. ....	22
<u>Уварова В.М., Шпольский М.Р., Калинкина Т.А., Чистова Г.И.</u> Сравнительные исследования фотографических материалов, регистрирующих вакуумное ультрафиолетовое излучение. ....	22
<u>Фуголь И.Я., Хрущ Б.И.</u> Мощная водородная лампа новой конструкции как источник излучения вакуумного ультрафиолета. ....	23

Тартуский государственный университет  
ЭССР, г.Тарту, ул. Вильгельми, 18

II СИМПОЗИУМ ПО ВАКУУМНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Тезисы докладов

Тарту 5-9 сентября 1967 г.

На русском языке

Ответственный редактор В.М. Тийт

Корректор П. Сарв

---

Ротапринт ТГУ 1967. Печ. листов (условных 1,59).

Учетн.-издат. листов 1,52. Тираж 520 экз. Бумага

30x42. I/4. Сдано в печать 14/УП 1967 г. МВ 05302.

Заказ № 402.

Цена 10 коп.

Hind 10 kop.

