

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Ш-432

17/III-75
P13 - 8519

Г.А.Шелков, Й.Шюлер

1046/2-75

ИНТЕРФЕРОМЕТР С АВТОМАТИЧЕСКИМ
СЪЕМОМ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ГАЗА
В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ

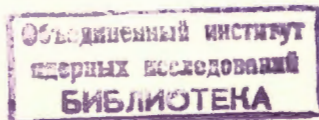
1975

P13 - 8519

Г.А.Шелков, Й.Шюлер

ИНТЕРФЕРОМЕТР С АВТОМАТИЧЕСКИМ
СЪЕМОМ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ГАЗА
В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ

Направлено в ПТЭ



Шелков Г.А., Шюлер Й.

P13 - 8519

Интерферометр с автоматическим съемом информации для измерения показателя преломления газа в широком диапазоне давлений

Описан интерферометр Релея для измерения показателя преломления газа в диапазоне давлений (0 + 11) атм. Точность измерения показателя преломления до $5 \cdot 10^{-8}$. Информация с интерферометра с помощью фотодиодов преобразуется в электрические сигналы и заносится в двоичный реверсивный счётчик.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Shelkov G.A., Schueler J.

P13 - 8519

An Interferometer with an Automatic Measurement of the Refractive Index of Gases in a Wide Range of Pressure

A Rayleigh-interferometer for the measurement of the refractive index of gases in the range of pressure (0 + 11) atm is described. A measuring accuracy of the refractive index up to $5 \cdot 10^{-8}$ has been obtained. The data from the interferometer are transformed with photodiodes to electrical pulses and transferred to a binary up-down counter.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975

При работе с газовыми черенковскими счетчиками возникает необходимость измерения показателя преломления газа - радиатора счетчика с высокой точностью $|\delta n| < 10^{-6}$ /. В таких случаях используют обычно прямой метод определения показателя преломления газа с помощью интерферометра. Выпускаемый промышленностью интерферометр ИТР-1 не может удовлетворить всех потребностей, так как в его комплекте отсутствуют кюветы, рассчитанные на давление свыше 1 атм, а измеряемый диапазон значений показателя преломления ограничен диапазоном оптического компенсатора, используемого в интерферометре

$$\frac{n_{\text{макс}} - n_{\text{мин}}}{L} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1},$$

где $n_{\text{макс}}$ и $n_{\text{мин}}$ - граничные значения показателя преломления газа, а L - длина кюветы. Кроме того, работа с прибором связана с визуальным наблюдением интерференционной картины через окуляр, что делает процесс измерения показателя преломления газа и, особенно, контроль его постоянства в течение длительного времени утомительным занятием. В данной работе описан интерферометр с автоматическим съемом информации, предназначенный для измерения показателя преломления газа в диапазоне давлений до 10 атм.

Конструкция интерферометра

На рис. 1 показана оптическая схема интерферометра, представляющего собой интерферометр Релея с газовым

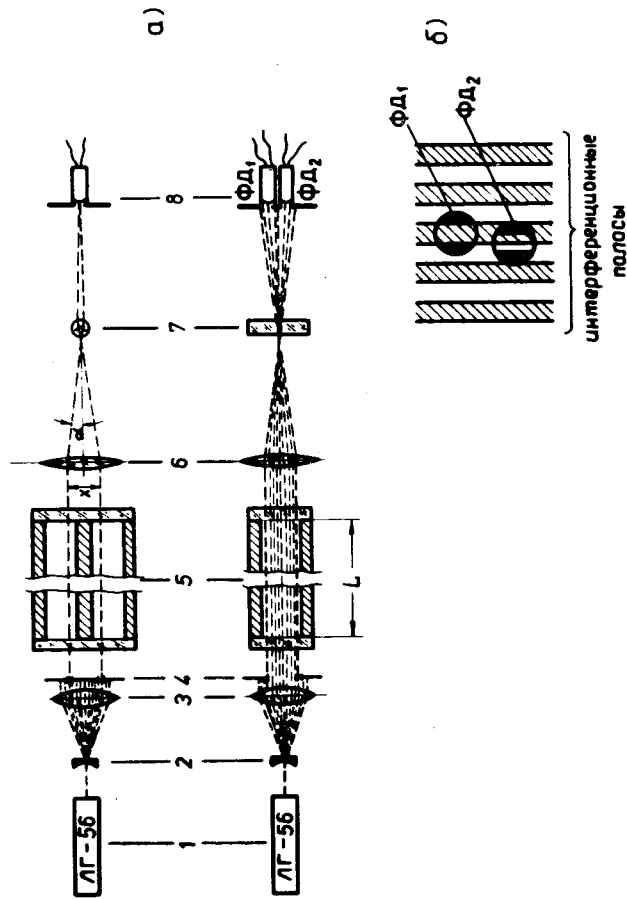


Рис. 1. а) Оптическая схема автоматического интерферометра; б) положение зрачков фотодиодов относительно интерференционных полос. 1 - лазер; 2,3 - линзы; 4 - двойная диафрагма; 5 - кювета для высоких давлений; 6 - собирающая линза; 7 - цилиндрическая линза; 8 - фотодиоды.

лазером в качестве источника света. Такой источник дает когерентный монохроматический свет, что позволяет наблюдать интерференционные полосы практически любого порядка, обеспечивая тем самым большой диапазон измерения, а также обладает интенсивностью, достаточной для использования фотодиодов в качестве приемников света. В данном приборе использовался промышленный лазер типа ЛГ-56 / $\lambda = 632,8 \text{ нм}$ /.

Параллельный пучок света диаметром $< 1 \text{ мм}$ на выходе лазера /1/ с помощью двух линз /2 и 3/ преобразуется в параллельный пучок диаметром $\sim 20 \text{ мм}$. После выхода из диафрагмы /4/ получается два световых пучка сечением $1 \times 8 \text{ мм}$ каждый. Один из этих лучей проходит через эталонную секцию кюветы /5/, другой - через секцию, заполняемую исследуемым газом. Конструкция одного из вариантов кювет приведена на рис. 2. В фокальной плоскости линзы /6/ возникает интерференционная картина, порядок которой определяется оптической разностью хода двух лучей. $N = \frac{L \cdot \Delta n}{\lambda}$; N - порядок

интерференционной полосы, Δn - разность показателей преломления газа в двух секциях кюветы. Интерференционная картина трансформируется и увеличивается цилиндрической линзой /7/, в плоскости изображения которой расположены два фотодиода типа КР-101 / TESLA /. Входной зрачок фотодиодов с помощью черной краски уменьшен до $0,8 \text{ мм}$. Интерференционная картина в плоскости /8/ имеет вид темных и светлых прямых полос /рис. 1б/. Расстояние между интерференционными полосами (S), при одном и том же коэффициенте увеличения линзы /7/ зависит от угла α , то есть от расстояния между двумя световыми лучами X:

$$S \sim \frac{l}{\sin \alpha}.$$

Поэтому желательно максимально уменьшать величину X, которая в нашем случае равнялась 8 мм .

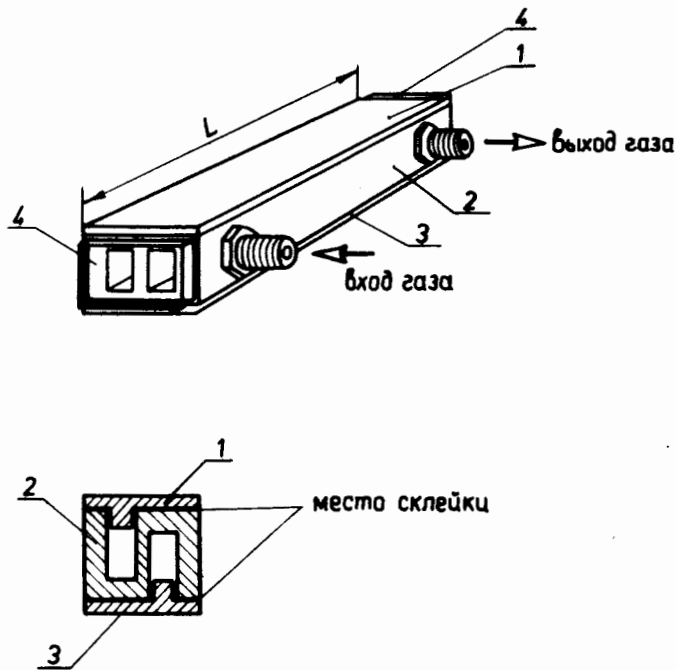


Рис. 2. Кювета интерферометра для высоких давлений. 1,2,3 - стальные детали корпуса кюветы; 4 - стеклянные плоскопараллельные пластинки толщиной ≈ 8 мм, приклеенные к корпусу кюветы.

При изменении показателя преломления газа в измерительной секции кюветы изменяется оптическая разность хода двух световых лучей, и интерференционные полосы в плоскости $/8/$ сдвигаются. Направление движения интерференционных полос зависит от знака изменения показателя преломления исследуемого газа.

Система регистрации

Блок-схема системы регистрации прибора приведена на рис. 3. Сигналы, поступающие с фотодиода, усилива-

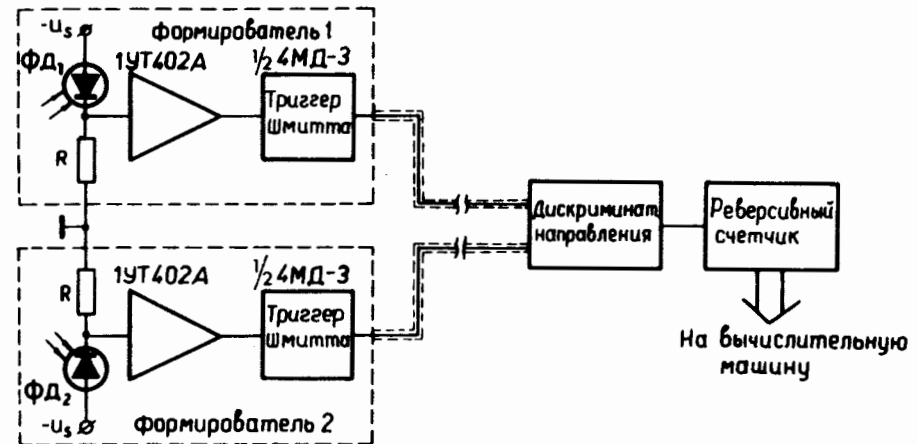


Рис. 3. Блок-схема системы регистрации.

ются усилителем, собранным на интегральной схеме УТ 402 А /коэффициент усиления $K \approx 10^3$ / и формируются триггером Шмитта, собранным на половине интегральной схемы 4МД3. Эти узлы размещались непосредственно около фотодиодов. С выходов триггеров Шмитта сигналы поступают на дискриминатор направления, а затем на реверсивный счетчик, состояние которого контролируется визуально, а также могут передаваться в ЭВМ. Интерферометр, в корпусе которого размещен каскад формирования импульсов от фотодиодов, располагается непосредственно около черенковского счетчика, а дискриминатор и реверсивный счетчик могут располагаться на значительном удалении от него в месте расположения основной электроники эксперимента.

Временная диаграмма работы дискриминатора направлений приведена на рис. 4, который соответствует случаю непрерывного и равномерного изменения показателя преломления газа до момента времени t_0 , когда меняется знак изменения показателя преломления газа. Например: до момента t_0 давление газа увеличивается, после момента t_0 - уменьшается. Зрачки фотодиодов

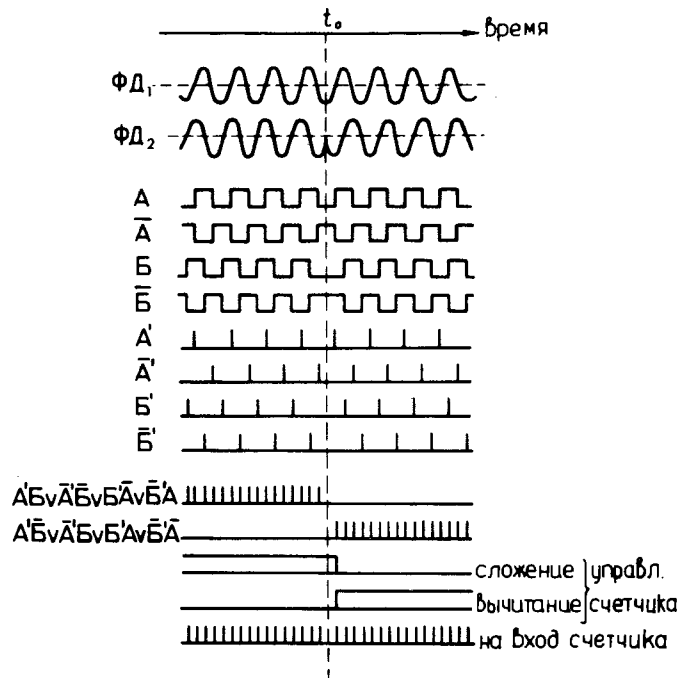


Рис. 4. Временная диаграмма работы дискриминатора направления.

расположены таким образом, что возникающие в них сигналы сдвинуты по фазе на 90° /рис. 1б/.

Принцип действия дискриминатора описан в работе^{1/} и понятен из рис. 4 и 5. На выходе дискриминатора вырабатываются сигналы управления реверсивным счетчиком, а также основная серия импульсов, поступающая на его счетный вход. Импульсы основной серии задерживаются на 1,5 мкс относительно сигналов управления, чтобы обеспечить надежную работу реверсивного счетчика.

Из рис. 4 видно, что при прохождении через фотодиоды одной интерференционной полосы на выходе дискриминатора направления появляется четыре импульса. Таким образом, точность определения показателя преломления равна $1/4$ интерференционной полосы. Двенадцати-

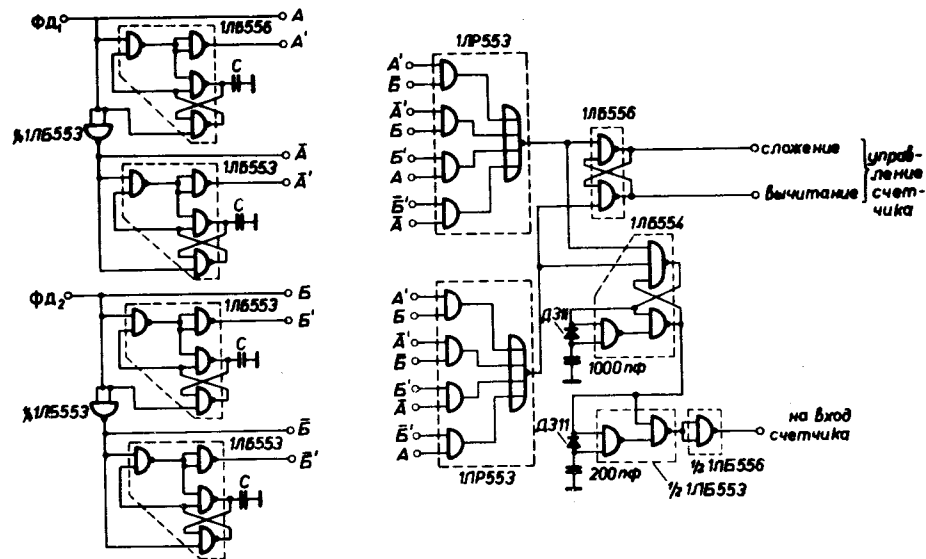


Рис. 5. Функциональная схема дискриминатора направления.

разрядный двоичный реверсивный счетчик собран по обычному принципу на интегральных схемах 1ТК551 и 1ЛР554.

Перед началом работы с прибором необходимо установить нулевую разность хода в двух половинах кюветы, наполнив их одним и тем же газом или откачав их, сбросить на ноль показания счетчика, после чего прибор готов к работе.

Точность измерений

Точность измерения показателя преломления n зависит от длины волны лазера и длины кюветы:

$$\delta n = \frac{\lambda}{4 \cdot L} .$$

В таблице приведены значения δn для используемого типа лазера $\lambda = 632,8 \cdot 10^{-9}$ м и кювет различной длины

Таблица

Длина кюветы /мм/	Точность определения показателя преломления δn
55	$2,88 \cdot 10^{-6}$
100	$1,58 \cdot 10^{-6}$
500	$3,17 \cdot 10^{-7}$
1000	$1,58 \cdot 10^{-7}$
3000	$5,28 \cdot 10^{-8}$

Для уменьшения размеров прибора кюветы с оптической длиной свыше 1 м могут быть выполнены на базе однометровой кюветы, в которой свет с помощью зеркал несколько раз пересекает ее измерительную половину.

Основные трудности, возникавшие при эксплуатации прибора, были связаны с недостаточно высокой надежностью лазера ЛГ-56. Эту трудность можно обойти, если использовать лазер типа ЛГ-85, который обладает более высокой надежностью. При эксплуатации прибора необходимо размещать его на устойчивом основании, так как при достаточно интенсивных механических воздействиях /вибрации, удары/ показания прибора могут сбиваться.

Указанный прибор может использоваться для контроля показателя преломления вещества, в качестве анализатора двухкомпонентных смесей и в качестве датчика малых примесей, что может найти применение, например, в методике стримерных камер, когда возникает необходимость контролировать величину добавки, уменьшающей время памяти камеры, на уровне $\approx 10^{-5}$.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Г.Хемница и Н.Н.Хованского за практическую помощь и ценные консультации, Ю.П.Мерекова за обсуждение результатов, а также С.Г.Богдасарова, сконструировавшего отдельные узлы интерферометра.

Литература

1. V.Commichau, K.Hangarter. *Elektronik*, 19, 113 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел
9 января 1975 года.