

7
7
КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
ПРИ СНК СССР

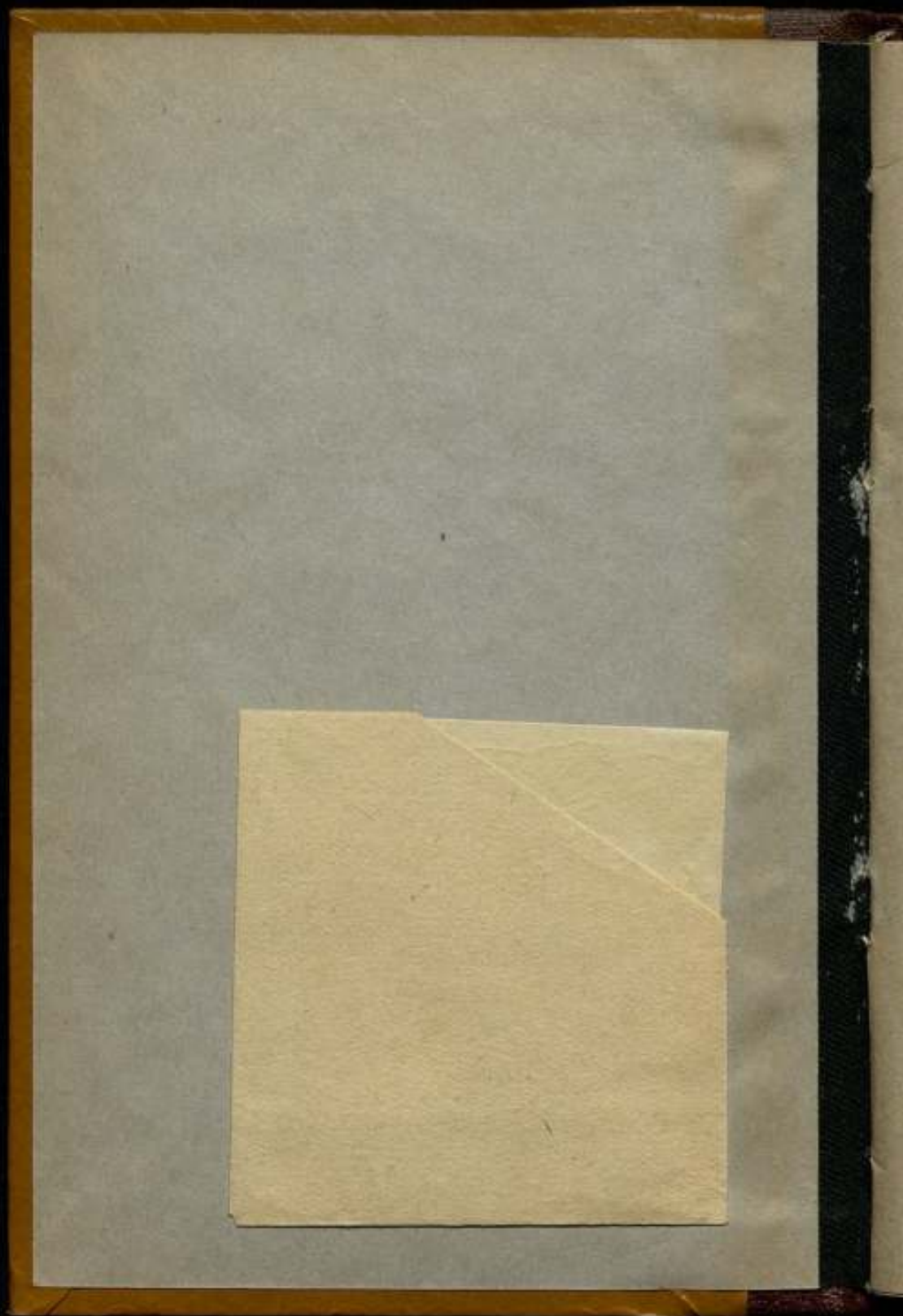
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИИ

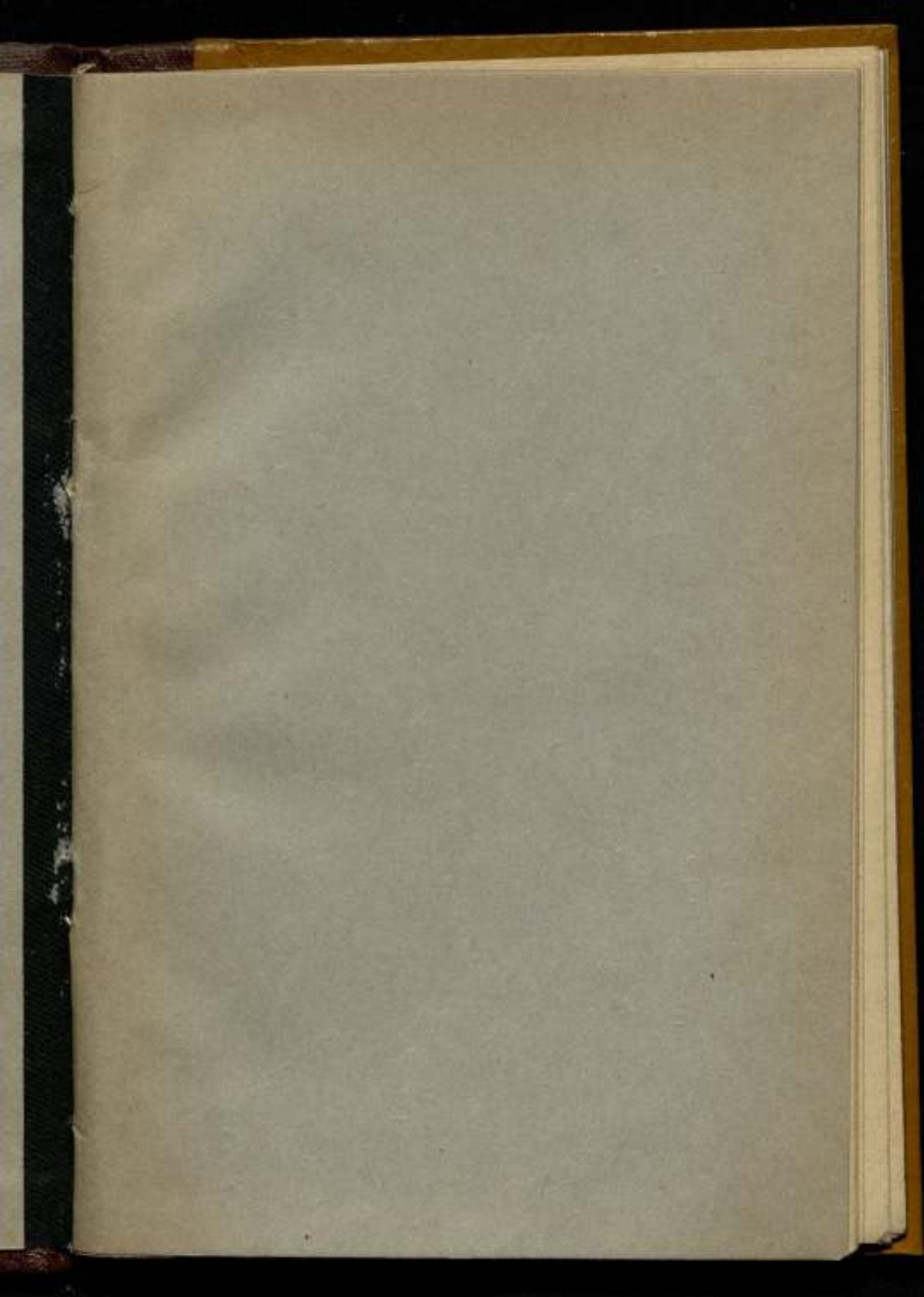
4(49) 1941

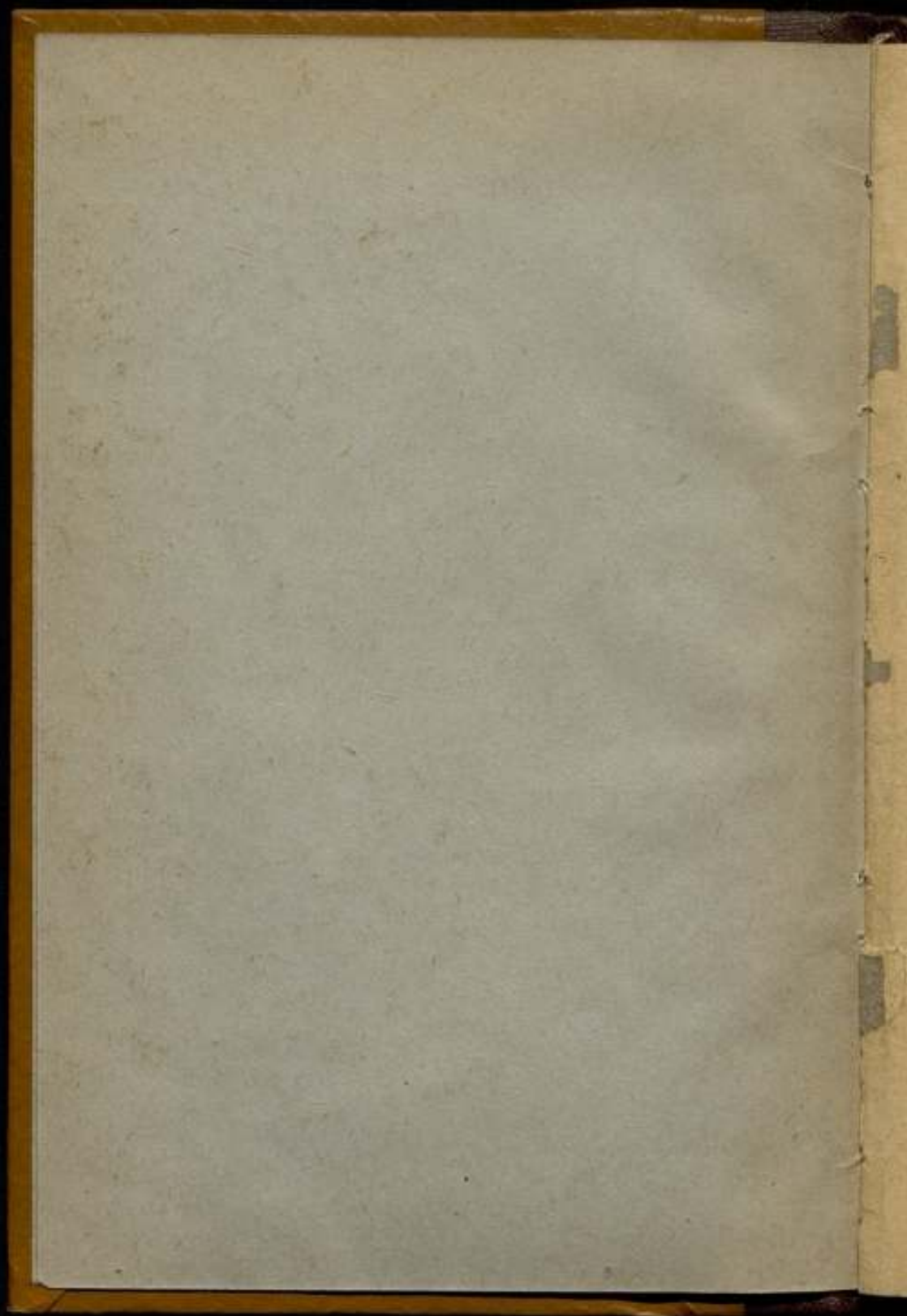
ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



ИЗДАНИЕ ВНИИМ







КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
ПРИ СНК СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
*МЕТРОЛОГИИ

СБОРНИК ТРУДОВ

Выпуск 4 (49)

м 5844

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ
ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Под редакцией

М. Ф. Романовой



ИЗДАНИЕ ВНИИМ
ЛЕНИНГРАД — 1941

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из основных задач оптической лаборатории является выяснение ряда вопросов, связанных с измерениями длины методами интерференции с помощью световых волн. Сюда относятся работы по исследованию спектральных линий, применяемых в интерферометрии, разработка методов интерференционных измерений длины и, наконец, выяснение вопроса относительно перехода от прототипа метра (М) к метру, выраженному в световых волнах.

Отдельной группой стоят вопросы спектрального анализа. Работы этого раздела ведутся нами главным образом в направлении анализа металлов на чистоту и имеют целью в первую очередь обеспечение метрологических работ, ведущихся в Институте метрологии, чистыми металлами для получения наивысшей точности.

В настоящем, первом, сборнике помещены шесть работ, выполненных сотрудниками оптической лаборатории в течение последнего года.

М. Романова

М. Ф. РОМАНОВА, Г. В. ВАРЛИХ, А. И. КАРТАШЕВ
И Н. Р. БАГАРЧУКОВА

СРАВНЕНИЕ ДЛИНЫ ПРОТОТИПА МЕТРА С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ КРАСНОЙ ЛИНИИ КАДМИЯ

(Предварительное сообщение)

Еще VIII Генеральная конференция по мерам и весам постановила, что национальные метрологические институты должны заниматься „изучением принципов определения метра с помощью световых волн“. К разряду этих работ несомненно относится измерение национальных эталонов метра в длинах световых волн. Проведение указанной работы имеет не только большой теоретический интерес, помогая выяснить вопрос относительно возможности и необходимости замены прототипа метра, но и большое практическое значение, так как позволяет осуществить систематическую поверку неизменности длины основного эталона СССР — метра № 28.

Работа распадается на две части: 1) интерференционные измерения длины метровой концевой меры и 2) сравнение измеренной концевой меры с эталоном метра № 28.

В оптической лаборатории ВНИИМ проводится первая часть работы, вторая — в лаборатории штриховых мер.

Исходя из анализа достоверности числа Бенуэ, Фабри и Перо, проведенного В. А. Бариновым [1], можно считать, что вероятная погрешность сличения концевой меры со штриховой, при соблюдении всех необходимых предосторожностей, не будет превышать 0,12 μ .

Кёстерс [2] увеличивает эту погрешность и считает, что она может достигать 0,2—0,3 μ .

Пользуясь критерием исчезающе-малой погрешности, получаем, что ошибка при интерференционных измерениях не должна превышать $\pm 0,035 \mu$ на 1 м.

Интерференционные измерения, непрерывно проводимые в оптической лаборатории при установившейся температуре в условиях термостатной комнаты, повторяются с точностью до $\pm 0,003 \mu$ при измерении концевой меры длиной в 100 мм.

При поверках концевых мер длиной в полметра погрешность могла быть без особого труда доведена до $\pm 0,05 \mu$.

Таким образом, при той же точности измерения температуры и давления, можно было рассчитывать, что погрешность

интерференционного измерения метровой концевой меры не превышает $\pm 0,1 \mu$.

Было решено поэтому, для освоения новой установки, предназначенной для сравнения метра с длиной световой волны, проделать предварительные измерения в условиях, применяемых в лаборатории при текущих поверках концевых мер, измеряя давление воздуха барометром, с точностью до 0,1—0,2 мм ртутного столба и температуру с помощью ртутного термометра и термопары с точностью порядка $\pm 0,005 \text{ C}$. При этом с помощью ртутного термометра измерялась температура керосина, налитого в сосуд Дьюара, а с помощью термопары — разность температур термометра и интерференционных эталонов.

Установка, принятая при сравнении метра с длиной световой волны, была основана на методе кратных эталонов. Число эталонов было равно двум. Длина большого эталона равнялась 1004,9 мм, а малого — 111,6 мм.

Эталоны были изготовлены из стали, в виде труб с отводами для откачивания воздуха; к краям труб были притерты стеклянные плоские зеркала. На эти зеркала были насажены на оптический контакт зеркала меньшего размера, около 40 мм диаметром. Внутренние зеркала были посеребрены методом катодного распыления. Трубы эталонов имели тяжи для гнущих эталонов, устроенные по образцу тяжей, примененных Сирсом и Барреллом [3] в их работе по сравнению метра с длиной световой волны.

Методика наших измерений представляла собой по существу несколько измененную методику, примененную в Государственном оптическом институте при сравнении метрового интерференционного эталона с длиной световой волны и подробно описанную в работах А. А. Лебедева, М. Ф. Романовой и Н. М. Гудрис [5].

Отличие нашей методики и установки заключалось в применении эталонов в виде труб, и монохроматора, взамен спектрографа, благодаря чему можно было наблюдать полные интерференционные кольца, и тем самым повысить точность определения диаметра колец. Был применен также усовершенствованный воздушный компенсатор, в котором перемещение поршня и кассеты осуществлялось при помощи бесшумного, ровно работающего мотора.

Характерным отличием нашей методики (как и методики, примененной в ГОИ) от ранее примененных методик в работах по сравнению метра с длиной световой волны [3, 6, 7] являлось применение фотографирования интерференционных картин. Это позволяло сократить время наблюдения, в течение которого температура и давление должны были оставаться постоянными, а вместе с тем и увеличить число измерений положения интерференционных полос.

Интерференционные измерения распадались на три части:

- 1) Необходимо было определить длину малого эталона в длинах световых волн. Для этого производилось (при атмо-

сферном давлении) фотографирование интерференционных колец равного наклона для следующих спектральных линий:

красная линия кадмия	$\lambda_1 \approx 6438 \text{ \AA}$
желто-зеленая линия криптона	$\lambda_2 \approx 5649 \text{ ''}$
зеленая	$\lambda_3 \approx 5562 \text{ ''}$
.	$\lambda_4 \approx 5570 \text{ ''}$

2) Надо было сравнить длину большего интерференционного эталона с длиной малого эталона. Это сравнение производилось путем наблюдения изменения положения интерференционных полос переналожения в сплошном спектре точечной лампы, при изменении давлений воздуха в малом эталоне. Изменение давления вызывалось перемещением поршня в цилиндре компенсатора, соединенного с малым эталоном. Интерференционные полосы в спектре, сначала довольно многочисленные, при откачивании воздуха перемещались в фиолетовую часть и уменьшались в числе. В конце концов в спектре не оставалось ни одной полосы. В этом случае разность хода интерферирующих лучей делалась равной нулю. Одновременно с поршнем перемещалась фотографическая кассета, и на фотографической пластинке получался вытянутый спектр с интерференционными полосами (рис. 1).

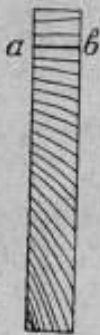


Рис. 1.

Рассматривая снимок и измеряя расстояния между полосами, можно было для любой точки определить порядок интерференции, принимая во внимание, что нулевую полосу ab , параллельную горизонтальной оси (оси длин волн) нетрудно было отметить на снимке. Определив таким путем порядок интерференции m для точки A , соответствующей $\lambda_{кр} = 6438 \text{ \AA}$ и атмосферному давлению воздуха, можно было считать, что

$$m = \frac{2L}{\lambda_{p,t}} - 9 \frac{2l}{\lambda_{p,t}} \quad (1)$$

или

$$2L = 18l + m \lambda_{p,t}$$

Таким образом, определив число длин волн, укладываемых в удвоенной длине малого эталона при давлении p и температуре t , можно было на основании равенства (1) подсчитать число длин волн, укладываемых в удвоенной длине большого эталона L при тех же атмосферных условиях.

3) После этого оставалось определить толщину щелей между зеркалами большого интерференционного эталона и поверхностями концевой меры, помещенной в эталон.

С помощью полупрозрачных зеркал параллельные пучки монохроматического света направлялись на поверхности концевой меры. При небольшом наклоне меры можно было на этих поверхностях наблюдать полосы равной толщины подобно тому,

как это имеет место при обычных поверхках длины концевых мер на интерференционном компараторе Кёстерса.

Наклон полос на второй поверхности концевой меры, по отношению к полосам на первой, давал возможность судить об отклонениях от плоскопараллельности.

В нашем случае была взята метровая концевая мера с прямоугольным сечением, изготовленная фирмой Гоммель-Верке, которая имела малые отклонения от плоскопараллельности.

Определяя дробную часть порядка интерференции для средней точки концевой меры в свете четырех линий кадмия:

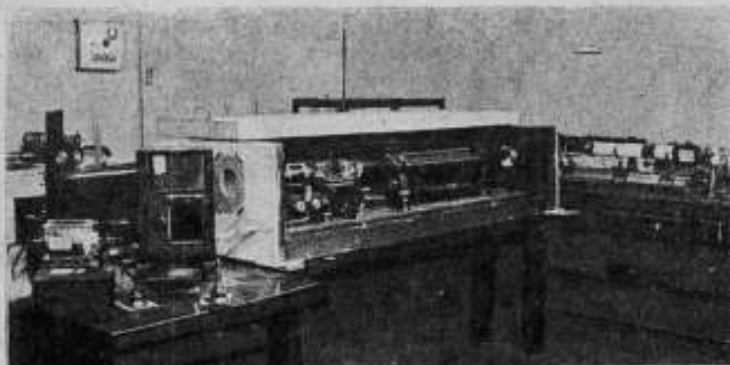


Рис. 2.

$\lambda_{кр} \sim 6438 \text{ \AA}$, $\lambda_2 \sim 5086 \text{ \AA}$, $\lambda_c \sim 4800 \text{ \AA}$, $\lambda_\phi \sim 4678 \text{ \AA}$, можно было определить и целую часть порядка интерференции для $\lambda_{кр}$, а вместе с тем определить число волн $\lambda_{кр}$, укладывающихся в удвоенных толщинах воздушных клиньев в средней точке измерительных поверхностей концевой меры. Вычитая измеренные в длинах волн толщины d_1 и d_2 этих клиньев из длины большого интерференционного эталона, также определенной в длинах волн красной линии кадмия, можно было определить число волн, укладывающихся в длине метровой концевой меры. Измеренная длина была равна расстоянию между плоскостями, проведенными через средние точки измерительных поверхностей концевой меры параллельно зеркальным поверхностям эталона.

Чтобы привести длину волны $\lambda_{кр}$ к нормальным условиям ($t = 15^\circ \text{ C}$, $p = 760 \text{ мм}$), мы воспользовались дисперсионной формулой Перара и внесли необходимые поправки для перехода от влажного воздуха к сухому. Для приведения длины концевой меры к 15° C был взят коэффициент расширения метровой концевой меры, определенный на компараторе при изменении температуры от 0 до 35° C .

Общий вид нашей установки изображен на рис. 2.

Центральной частью установки являются два трубчатых интерференционных эталона, помещенных в деревянный ящик с тройными стенками. Боковая стенка и крышка ящика на рисунке сняты. Одновременно при фотографировании установки был удален передний стол с приспособлениями для съемки интерференционных полос равной толщины, наблюдаемых на передней поверхности концевой меры. Упомянутый выше монохроматор расположен за защитным ящиком.

Произведенные предварительные измерения дали следующие результаты. При температуре $t=21^{\circ},449$ С удвоенная длина малого эталона $2l=346927,767 \lambda$, удвоенная длина большого эталона $2L=3122291,507 \lambda$, и удвоенная толщина двух щелей $2(d_1+d_2)=15915,298 \lambda$, где λ —длина волны красной линии кадмия при нормальных условиях, т. е. в сухом воздухе при температуре 15° С и давлении $p=760$ мм ртутного столба. Отсюда удвоенная длина концевой меры равна $3106376,209 \lambda$.

Измерения, проведенные в лаборатории штриховых мер, показали, что длина этой меры при температуре $t=21^{\circ},449$ равняется

$$1 \text{ м} - 0,56 \mu + 10,84 (t - 20) \mu.$$

Следовательно, при $t=21^{\circ},449$ удвоенная длина метровой концевой меры равна $2,00003029 \text{ м}$. Отсюда получаем, что в длине прототипа метра (\mathbb{M}) укладывается $1553164,59$ длин волн красной линии кадмия, отнесенной к нормальным условиям.

Это число приводит нас к следующему значению длины волны красной линии кадмия:

$$\lambda_{\text{кр}} = 0,64384677 \mu.$$

Заметим, что на VII Генеральной конференции по мерам и весам были установлены следующие соотношения:

$$1 \text{ м} = 1553164,13 \lambda_{\text{кр}}; \lambda_{\text{кр}} = 0,64384696 \mu.$$

Последние сравнения метра с длиной световой волны, произведенные Сирсом и Барреллом [3] (NPL) и Кэстерсом и Лампе [2] (PTR), дали следующие результаты:

Таблица 1

Год	Сирс и Баррелл	Кэстерс и Лампе
1933	0,64384714 μ	0,64384689 μ
1934	0,64384709 μ	0,64384690 μ
1935		
1937		0,64384700 μ
Ср.	0,64384712 μ	Ср. 0,64384693 μ

Таким образом, наше предварительное измерение дало значение, приближающееся к данным Кёстерса и Лампе, однако, можно думать, что достигнутая нами при этом предварительном измерении точность еще не позволяет ручаться за десятитысячные доли ангстрема.

Дальнейшее увеличение точности интерференционных измерений мы надеемся получить, перейдя к измерениям в вакууме, а также увеличивая точность измерения температуры и давления воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Барнинов, Современное состояние эталонов длины и методы точного измерения длин. Изд. ВНИИМ, 1941.
 2. W. Kösters, „Werkstattstechnik“, Н. 23, S. 527, 1938.
 3. Sears a. Barrell, „Phil. Trans.“, 231, 1932, p. 75; 233, 1934, p. 143.
 4. А. А. Лебедев, Сборник работ комиссии по единицам мер, 1938, стр. 67.
 5. М. Ф. Романова и Н. М. Гудрис, тоже, 1938, стр. 77.
 6. A. Michelson, „Trav. Bur. int.“, Paris, M. 11, 1907.
 7. Fabry et Perot, „Phil. Trans.“, тоже 13, 1913.
-

Г. В. ВАРЛИХ И А. И. КАРТАШЕВ

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНЫХ ДЛИНАХ ВОЛН СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ КРИПТОНА ПРИ РАЗНОСТИ ХОДА 200 мм

Во всех, пока еще немногочисленных, лабораториях Советского Союза, занимающихся поверкою плоскопараллельных концевых мер 1-го разряда [1], ее проводят на интерференционном компараторе Кёстерса, путем сравнения длины поверяемой меры с длинами волн четырех спектральных линий криптона.

Согласно данным [2] Германского государственного физико-технического института (PTR), указанные длины волн имеют, при температуре 20°С, барометрическом давлении 760 мм и упругости водяного пара в воздухе 10 мм, следующие значения:

красная линия	0,645 632 41	н
желтая линия	0,587 094 63	"
желто-зеленая линия	0,564 959 24	"
фиолетовая линия	0,450 237 90	"

Ввиду того, что эти значения обеспечивают возможность получения вполне удовлетворительной точности измерений, ими обычно и пользуются при текущих работах, проводимых в метрологических институтах и в лабораториях инструментальных заводов.

При измерении плоскопараллельных концевых мер абсолютным интерференционным методом обычно ограничиваются длинами, не превышающими 125 мм. Причина этого заключается в следующем. При разности хода, порядка 150 мм, исчезает интерференционная картина в фиолетовой линии криптона. Остающихся трех линий недостаточно для того, чтобы методом совпадения дробных частей порядка интерференции [3] можно было определить целые его части, соответствующие измеряемой разности хода. Поэтому в наставлении к пользованию интерференционным компаратором, составленном Кёстерсом и Лампе [4] и имеющемся в русском переводе Т. Н. Крыловой [5], рекомендован специальный прием измерения концевых мер, длины которых находятся в пределах от 125 до 200 мм.

Для выполнения этого приема необходимо подлежащую измерению концевую меру указанной длины предварительно сличить на интерференционном компараторе с концевой мерой,

длиною 100 мк, заранее измеренной абсолютным интерференционным методом. Определив таким образом ориентировочно, с точностью до 0,1 мк, длину измеряемой концевой меры, производят дальнейшее ее измерение уже абсолютным интерференционным методом с помощью красной, желтой и желто-зеленой линий криптона; при этом совпадение дробных частей порядка интерференции должно получиться при разности хода, весьма близкой к той, которая была определена методом сравнения данной меры с мерой длиной 100 мк. Несмотря на то, что Кёстерс и Лампе указали, что таким способом можно измерять меры длиной до 200 мк, приведенный ими пример относится к мере 175 мк.

Несколько лет тому назад во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии (ВНИИМ) была предпринята попытка измерить таким образом концевую меру длиной 200 мк. Однако, эта попытка привела к отрицательному результату. Хотя решение этой задачи проводилось с большой тщательностью, совпадения дробных частей порядка интерференции никогда не удавалось получить в непосредственной близости от ориентировочной длины. Наоборот, это совпадение всегда оказывалось значительно смещенным по отношению к тому месту, где оно ожидалось. Последнее обстоятельство позволило нам вывести заключение о несовпадении эффективных длин волн при разности хода 200 мк с эффективными длинами волн при разности хода 100 мк. Недостаток времени, а также отсутствие необходимых измерительных средств, не позволили тогда выявить среди трех линий криптона те, которые являются виновниками этого отрицательного явления.

В 1939 г. в план Оптической лаборатории ВНИИМ была включена работа по изучению источников света, применяемых при интерференционных методах измерения длин.

Эта работа явилась продолжением нашей работы предыдущего года, когда мы изучали воспроизводимость длин волн спектральных линий кадмия и криптона при разностях хода до 100 мк [6]. В процессе выполнения работы текущего года нам пришлось заняться вопросом реальной возможности непосредственного измерения концевых мер длиной 200 мк в длинах световых волн. К разрешению этого вопроса мы приступили лишь после того как, на основании результатов ряда измерений, с полной достоверностью установили, что в пределах от 125 до 175 мк приведенные выше значения длин волн спектральных линий криптона вполне применимы для измерительных целей, особенно в тех случаях, когда от измерений не требуется предельной метрологической точности, например, при поверках.

Задача, которую нам предстояло решить в процессе выполнения нашей работы, заключалась в определении эффективных длин волн красной, желтой и желто-зеленой линий криптона при разности хода 200 мк, с целью получения возможности проведения абсолютных интерференционных измерений концевых мер этой длины, хотя бы способом, рекомендованным

Кёстерсом и Лампе. Как легко может заметить читатель, мы в нашем изложении отождествляем измеряемую длину с разностью хода, между тем, как последняя обычно вдвое больше первой. Такое отождествление мы имеем право делать благодаря тому, что в интерференционном компараторе Кёстера, также как и в интерферометре Майкельсона, опорная плоскость является мнимой. Располагая эту плоскость в середине длины измеряемой меры, мы приравниваем длину меры разности хода.

Для решения стоявшей перед нами задачи мы наметили следующую программу работ.

Сначала нам надлежало, путем оценки взаимного смещения интерференционных полос на свободной поверхности концевой меры и на поверхности стальной пластинки, к которой мера была притерта, определить в свете указанных трех линий криптона дробные части порядка интерференции, соответствующие длине меры. Применением подходящей редуccionной формулы полученные таким образом дробные части должны были быть приведены от условий наблюдения к стандартным условиям, при которых устанавливается значение длин световых волн, т. е. к температуре 20° С, барометрическому давлению 760 мм и упругости водяного пара 10 мм. После этого нам предстояло, с помощью того или иного относительного интерференционного метода, могущего обеспечить весьма высокую точность измерений, найти действительную длину концевой меры, путем сравнения ее с концевой мерой длиной 100 мм. Так как от точности измерения длины последней меры полностью зависит результат эксперимента, то ее надлежало изучить с предельной метрологической точностью. Найдя действительную длину 200-миллиметровой концевой меры, надо было определить дробные части порядка интерференции для ее избытка над номинальным размером. Вычитание этих дробных частей из приведенных к стандартным условиям дробных частей, полученных из наблюдений, должно было дать дробные части порядка интерференции для разности хода 200 мм. Сравнение вычисленных таким образом дробных частей с дробными частями, имеющими место для той же разности хода при применении указанных выше значений длин волн, позволило бы нам определить эффективные длины волн линий криптона для разности хода 200 мм.

Первый этап намеченной программы не представлял никаких затруднений. Наблюдение дробных частей порядка интерференции осуществлялось обычным способом, за исключением того, что, с целью повышения точности отсчетов, в один из пучков интерференционного компаратора Кёстера был включен стеклянный клиновой компенсатор, позволявший, путем совмещения обеих систем интерференционных полос (на мере и на стальной пластинке), оценивать тысячные доли полосы. Чтобы одновременно с определением эффективных длин волн спектральных линий криптона иметь возможность судить о их воспроизво-

димости, были применены четыре разрядные трубки различного времени и места изготовления. Две из этих трубок были доставлены фирмой Цейсс, а две были изготовлены в Государственном оптическом институте (ГОИ).

С трубкой Цейсса № 1 были проведены четыре независимых определения дробных частей порядка интерференции, с трубкой Цейсса без номера — одно, и с трубками ГОИ № 2 и № 5 — по два.

В качестве концевой меры, с помощью которой должно было быть проведено определение эффективных длин волн линий криптона при разности хода 200 мкм, была применена 200-миллиметровая плитка фирмы Йогансон, коэффициент линейного расширения которой несколько лет тому назад был найден равным $11,30 \cdot 10^{-6}$.

Для определения действительной длины этой плитки был использован метод, разработанный М. Ф. Романовой и А. И. Карташевым [7], основанный на принципе наблюдения полос переналожения при скрещивании интерференционного компаратора Кёстерса с эталоном Фабри и Перо. В качестве исходной меры была применена 100-миллиметровая плитка завода „Красный инструментальщик“, изучавшаяся в течение нескольких лет, и сохраняющая постоянство размера с точностью до тысячных долей микрона на протяжении нескольких месяцев. Коэффициент линейного расширения этой плитки равен $12,41 \cdot 10^{-6}$. Промежуточным эталоном, т. е. эталоном Фабри и Перо, служила стальная труба с притертыми к ней полупрозрачными зеркалами. Коэффициент линейного расширения трубы равен $11,8 \cdot 10^{-6}$.

При определении дробных частей порядка интерференции температура концевой меры измерялась при помощи медно-константановой термопары, один спай которой был присоединен к мере, а другой к резервуару термометра калориметрического типа, погруженного в сосуд Дьюара с керосином. Аналогичные термопары были применены также и для измерения температуры мер и трубы, при сравнении длины большой меры с длиной малой. Точность измерения температуры равнялась $\pm 0,005$ С.

Приведение дробных частей порядка интерференции от условий наблюдения к стандартным условиям проводилось с помощью редуccionной формулы следующего вида:

$$c = \frac{2L}{\lambda_{20}} \left[B \left(707,424 - \frac{p}{1 + 0,003716t} \right) + C(10 - e) + \alpha(20 - t) + \omega \right].$$

Здесь c — поправка к наблюдаемым дробным частям, выраженная в долях полосы, L — номинальная длина концевой меры, t — температура, p — барометрическое давление, α — коэффициент линейного расширения меры, e — упругость водяного пара в воздухе, λ_{20} — длина световой волны в стандартных условиях, ω — поправка, зависящая от размеров и положения щели интерференционного компаратора, B и C — некоторые постоянные

множители, зависящие в основном от показателей преломления воздуха и водяного пара при 0°.

Результаты определения дробных частей порядка интерференции, после их приведения к стандартным условиям, показали, что коэффициент линейного расширения 200-миллиметровой концевой меры изменился на $-0,26 \cdot 10^{-6}$ с того времени, когда он был измерен. Таким образом величина коэффициента линейного расширения этой меры равна не $11,30 \cdot 10^{-6}$, а $11,04 \cdot 10^{-6}$.

Вероятная погрешность определения коэффициента линейного расширения равна $\pm 0,01 \cdot 10^{-6}$. После введения соответствующей поправки на изменение коэффициента линейного расширения, приведенные к стандартным условиям дробные части порядка интерференции для 200-миллиметровой меры оказались равными:

Трубка Цейсса № 1

Красная линия	Желтая линия	Желто-зеленая линия
0,95	0,52	0,23
0,95	0,46	0,15
1,01	0,47	0,20
0,97	0,48	0,19
<hr/>	<hr/>	<hr/>
0,97	0,48	0,19
± 2	± 2	± 2

Трубка ГОИ № 2

Красная линия	Желтая линия	Желто-зеленая линия
0,95	0,53	0,20
0,97	0,50	0,21
<hr/>	<hr/>	<hr/>
0,96	0,52	0,21
± 1	± 2	± 1

Трубка ГОИ № 5

Красная линия	Желтая линия	Желто-зеленая линия
0,87	0,50	0,22
0,83	0,47	(0,13)
<hr/>	<hr/>	<hr/>
0,85	0,49	0,18
± 2	± 2	± 5

Трубка Цейсса без номера

Красная линия	Желтая линия	Желто-зеленая линия
0,97	0,52	0,21

Из приведенных результатов видно, что в то время как три трубки с криптоном обнаружили хорошую воспроизводимость длин волн, трубка ГОИ № 5 дала заметное отклонение для красной линии. Принимая во внимание, что порядок интерференции при применении этой трубки получился для красной линии меньшим, чем ему надлежало быть, а следовательно, длина волны — большей, есть основание предполагать, что в этой трубке давление газа слишком велико. Эта трубка обнаружила

аномалию также и для желто-зеленой линии при вторичном измерении. Взяв из всех приведенных выше дробных частей средне-арифметическое по отдельным линиям, за исключением дробных частей для красной линии, найденных с трубкой ГОИ № 5, получаем следующие значения для дробных частей порядка интерференции, наблюдаемых при измерении 200-миллиметровой концевой меры:

Красная линия	Желтая линия	Желто-зеленая линия
0,97	0,50	0,20
± 1	± 2	± 1

На основании независимых двухкратных сличений 200-миллиметровой концевой меры со 100-миллиметровой относительным интерференционным методом, действительная длина 200-миллиметровой меры при 20° С получалась равной 200 мм + 0,439 мк, с вероятной погрешностью $\pm 0,014$ мк.

Дробные части порядка интерференции для величины 0,439 мк равны:

Красная линия	Желтая линия	Желто-зеленая линия
0,36	0,50	0,56

Вычитая эти дробные части из дробных частей для 200-миллиметровой меры, получаем дробные части:

Красная линия	Желтая линия	Желто-зеленая линия
0,61	0,00	0,64

соответствующие дробным частям порядка интерференции для разности хода 200 мм.

Дробные части порядка интерференции, получаемые для той же разности хода при пользовании значениями длин волн, приведенных в начале статьи, равны:

Красная линия	Желтая линия	Желто-зеленая линия
0,58	0,17	0,68

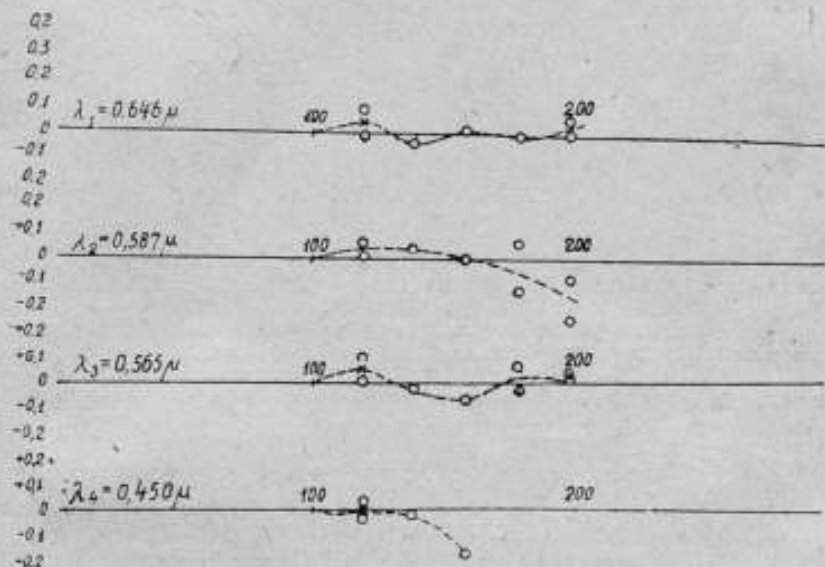
Из приведенных результатов видно, что в то время как дробные части порядка интерференции, соответствующие эффективным длинам волн для красной и желто-зеленой линий криптона, совпадают в пределах точности измерений с дробными частями, соответствующими длинам волн, применяемым при измерениях, для желтой линии криптона они обнаруживают значительное расхождение. Таким образом, желтая линия криптона и является причиной тех отрицательных явлений, о которых говорилось в начале статьи и которые не позволяют произвести абсолютное измерение концевой меры длиной 200 мм, пользуясь значениями длин волн, применяемыми при меньших длинах.

Чтобы измерить 200-миллиметровую меру абсолютным интерференционным методом, необходимо уменьшить порядок интерференции для разности хода 200 мм на 0,17 полосы, и тем самым увеличить длину волны на 0,0015 Å.

Таким образом эффективная длина волны желтой линии криптона для разности хода 200 мм получается равной:

$$0,587\ 094\ 78\ \mu.$$

Для проверки полученных результатов мы предприняли следующий эксперимент. Концевая мера длиной 100 мм измерялась на интерференционном компараторе Кёстера при различном положении опорной плоскости. Сначала опорную плоскость располагали так, чтобы она делила пополам измеряемую меру. В этом случае разность хода равнялась длине концевой



меры. Затем опорную плоскость поднимали каждый раз на 10 мм и в этом положении производили измерение длины меры. Предельным положением опорной плоскости являлось такое ее положение, при котором она совпадала со свободной поверхностью меры. В этом положении опорной плоскости разность хода равнялась 200 мм.

Таким образом концевая мера длиной 100 мм была измерена при разностях хода от 100 до 200 мм. После достижения предельного положения опорной плоскости, измерения производились в обратном ходе, т. е. при последовательном понижении опорной плоскости через каждые 10 мм до исходного ее положения. Из приведенных к стандартным условиям дробных частей порядка интерференции при прямом и обратном ходе были взяты средние арифметические, которые сравнивались со средним арифметическим дробных частей порядка интерференции, полученных в том случае, когда опорная плоскость находилась в середине меры. Разность между первыми и последними дробными частями откладывалась в виде ординат координатной

системы, в которой абсциссой являлась разность хода. Результаты этого эксперимента представлены на диаграмме, из которой видно, что в пределах точности измерений для красной и желто-зеленой линий криптона отдельные точки лежали в непосредственной близости от оси абсцисс. Это указывает на то, что эффективные длины волн являются практически постоянными при всех разностях хода в пределах от 100 до 200 м.м. Что касается желтой линии криптона, то здесь, начиная с разности хода, примерно, 160 м.м, можно наблюдать понижение точек, достигающее максимума при разности хода 200 м.м.

Измеренная при этой разности хода средняя ордината равна 0,17 полосы, что в точности соответствует полученным нами результатам.

ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ № 85000, 1939.
2. „Physik. Techn. Reichsanstalt“, Tätigkeitsbericht f. d. Jahr 1926; „Zeitschr. f. Instrumentenk.“ 47, 226, 1927; Weber, „Phys. Z.“ 29, 233, 1928.
3. Benoit „Journ. de Phys.“, t. VII, p. 54.
4. Dr. Kösters u. Dr. P. Lampe, Gebrauchsanweisung zum Interferenzkomparator f. unmittelbaren Wellenlängenanschluss, C. Zeiss, Jena.
5. В. К. Кёстерс и П. Лампе, Наставление к пользованию интерференционным компаратором для непосредственного измерения плоскопараллельных концевых мер в длинах световых волн. Перевод Т. Н. Крыловой, ВИС, 1932.
6. Г. В. Варлих и А. И. Карташев, „Журнал Оптико-механической промышленности“, № 5, 1939, стр. 14—18.
7. М. Ф. Романова и А. И. Карташев, „Журнал Оптико-механической промышленности“, № 6—7, 1939, стр. 8—11.
8. М. Ф. Романова, А. И. Карташев и Г. В. Варлих, Интерференционные измерения длины, ВНИИМ, 1939, стр. 9—15.
9. Г. В. Варлих, А. И. Карташев и М. Ф. Романова, „Метрология и поверочное дело“, № 6, 1939, стр. 10—15.



Н. Р. БАТАРЧУКОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРХТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ЗЕЛЕННОЙ ЛИНИИ КАДМИЯ 5086 Å В РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ СВЕТА

В работах оптической лаборатории ВНИИМа [1] при исследовании линий кадмия в различных источниках света было обнаружено, что эффективная длина волны красной линии кадмия не остается неизменной при переходе от одного источника света к другому.

Так, например, длина волны красной линии кадмия в дуге Карпова была больше, чем в лампе Майгелсона, на 0,0060 Å при разности хода в 50 мм, и на 0,0044 Å при разности хода в 75 мм. Изменения эффективной длины волны зеленой линии кадмия были другими по величине, но также достигали 0,002—0,003 Å.

Цель этой работы заключается в попытке доказать, что одной из причин изменения эффективной длины волны может являться изменение сверхтонкой структуры линии при переходе от одного источника света к другому. Для этого в первую очередь были предприняты исследования сверхтонкой структуры зеленой линии кадмия, структура которой хорошо заметна и изучена. В 1927 г. сверхтонкая структура почти всех линий кадмия была исследована Шрамен в ее работе: „Сверхтонкая структура спектра кадмия“ [2], и затем в работе Шюлера и Кейстона [3], в которой приводится сравнение результатов измерений положения и интенсивности составляющих с данными Шрамен (табл. 1).

Таблица 1

Наблюдатель	Составляющие $\Delta\lambda$, в см^{-1}			Интенсивности		
	а	б	с	а	б	с
Шюлер и Кейстон	-0,300	—	+0,096	1	—	5
Шрамен	-0,290	—	+0,104	2	—	1

Из табл. 1 видно, что расхождения между наблюдениями Шюлера и Кейстона и Шрамен относятся не к определению положения компонент, а к определению отношения интенсив-

систе
таты
видн
желт
поср
что
ным
Что
ност
точё
1
0,17
резу

ностей. Эти расхождения Шюлер и Кейстон объясняют тем, что Шрамен пользовалась другим источником света, вызвавшим иное распределение интенсивностей компонент.

В своих работах Шюлер и Кейстон пользовались трубкой Шюлера с полым катодом; подробное описание трубки можно найти в работе Шюлера [4]. Шрамен пользовалась кадмиевой лампой, работавшей при сравнительно низком напряжении (220 в), большой силе тока (2,3—4 а) и давлении около 0,001 мм ртутного столба.

Сверхтонкая структура зеленой линии кадмия была также исследована Ами [5], Фабри [6], Сирс и Барреллом [7] и Пераром [8]. В пределах точности измерений данные о положении составляющих во всех этих работах совпадают с приведенными

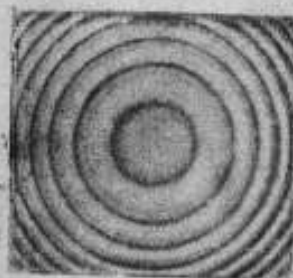


Рис. 1.



Рис. 2.



Рис. 3.

f. In
коп
рев
ных
1932
про
ско
цио
и п

выше данными Шрамен и Шюлера. Измерение интенсивности составляющих в этих работах не проводилось.

В нашей работе были исследованы четыре источника света: лампа Майкельсона, новая лампа типа „Озира“ Государственного оптического института, лампа типа „Озира“ лаборатории ВЭИ (Москва) и ртутно-кадмиевая дуга. При этом особое внимание было обращено на два последних источника света, так как в них оказалось особенно резкое отличие картины сверхтонкой структуры.

Лампа ГОИ представляет собой стеклянный цилиндр (10 см длиной и 1,75 см диаметром), с обоих концов которого впаяны вольфрамовые электроды. Цилиндр заполнен аргоном при низком давлении и содержит небольшое количество кадмия. Для предохранения от охлаждения этот цилиндр помещается в другом стеклянном цилиндре (длиной 7 см и диаметром 3,5 см). В пространстве между цилиндрами воздух откачан. Накаливание нитей производится пропусканием тока 5—6 а, после чего размыканием ключа ток пропускается через аргон. Разрядный ток разогревает кадмий, и через несколько минут начинают появляться линии кадмия, а линии аргона делаются очень слабыми. Лампа работает при 120 в переменного напряжения и силе тока в 1—3 а.

Лампа ВЭИ отличается от лампы ГОИ, во-первых, меньшими размерами; во-вторых, лампа ВЭИ наполнена неонам, вместо аргона, в-третьих, пространство между цилиндрами поддерживается при нормальном атмосферном давлении. Схема включения лампы ВЭИ почти аналогична схеме лампы ГОИ. Лампа ВЭИ также работает при 120 в переменного напряжения и силе тока в 1,2—2 а.

Подробное описание ртутно-кадмиевой дуги Карпова дано в книге М. Ф. Романовой [9].

Исследование производилось при помощи раздвижного интерферометра Фабри и Перо при расстояниях между зеркалами $d = 5, 9, 10, 20, 25$ мм. Линия 5086 Å выделялась монохроматором с большой дисперсией (18 Å на 1 мм). Фотографирование производилось камерой от цейссовского спектрографа, на пластинках изохром чувствительностью 900 X. и Д. Экспозиция бралась от 2 до 5 мин. Исследование снимков показало, что картины сверхтонкой структуры линии 5086 Å в различных источниках света при одних и тех же расстояниях между зеркалами, серебрении зеркал и экспозиции резко отличаются друг от друга, что хорошо заметно на приводимых снимках (рис. 1—3).

При определении положения интерференционных максимумов при помощи измерительного микроскопа были найдены при всех разностях хода следующие составляющие зеленой линии кадмия, выраженные в обратных сантиметрах:

$$a - 0,280$$

$$c + 0,096$$

Это вполне соответствует наблюдениям других авторов. Микрофотометрирование снимков производилось на микрофотометре типа Цейсса с селеновым фотоэлементом, на котором возможно было снять кривые распределения интенсивностей. Такие кривые приведены на микрофотограммах (рис. 4—6) для расстояния $d = 9$ мм и на микрофотограммах (рис. 7—9) для расстояния $d = 25$ мм.

Таблица 2

Источник света	$d=9$ мм			$d=25$ мм		
	I_c / I_0	I_0	I_a / I_0	I_c / I_0	I_0	I_a / I_0
Лампа ВЭИ	2,6	10	—	7,5	10	9
Лампа ГОИ	5	10	—	4	10	—
Дуга	—	10	—	—	10	—

При расстоянии $d = 9$ мм картина сверхтонкой структуры лучше всего видна в лампе ВЭИ (см. кривую рис. 4) и совершенно незаметна в дуге Карпова (см. рис. 6). То же наблюдалось и при других расстояниях между зеркалами. Так, например, при расстоянии между зеркалами $d = 25$ мм в лампе ВЭИ

структура видна отчетливо, разрешены обе составляющие и заметно самообращение основной линии (см. рис. 7). В лампе ГОИ

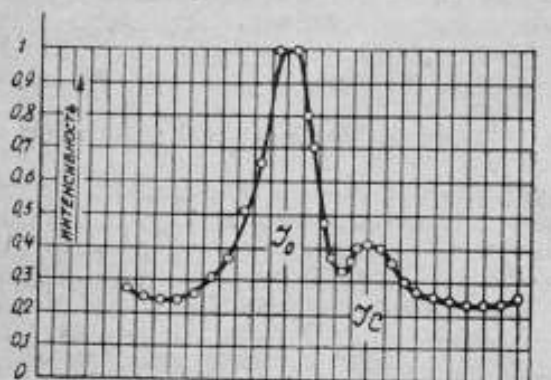


Рис. 4.

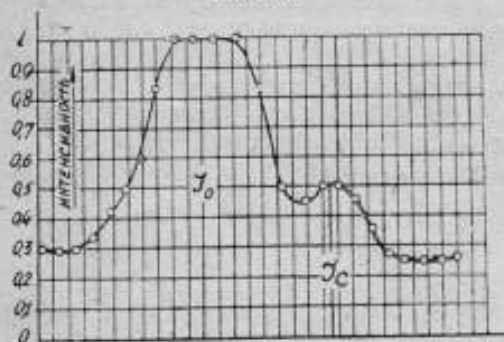


Рис. 5.

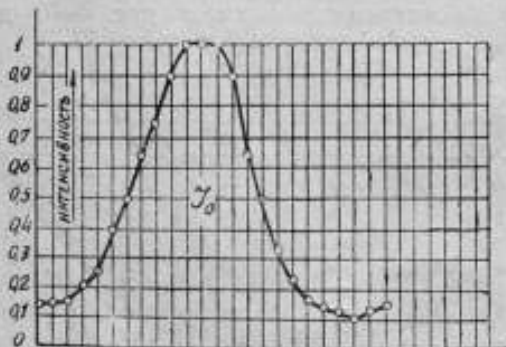


Рис. 6.

структура также видна достаточно хорошо, но отчетливо разрешена только одна составляющая, именно $+0,096 \text{ см}^{-1}$ (см. рис. 8). В ртутно-кадмиевой дуге Карпова структура совершенно не заметна (см. рис. 9).

Что касается лампы Майкельсона, то она занимает промежуточное положение между лампами ВЭИ и ГОИ. Картина сверхтонкой структуры в ней ближе к лампе ГОИ, чем ВЭИ, видна довольно отчетливо, но интенсивность составляющих значительно меньше, чем в лампе ГОИ.

Пользуясь этими микрофотограммами, можно дать приблизительный результат подсчета соотношения интенсивностей для расстояния между зеркалами $d=9 \text{ мм}$ и $d=25 \text{ мм}$.

Согласно приведенным микрофотограммам, обе составляющие в линии 5086 \AA , получаемой в ртутно-кадмиевой дуге, явно отсутствуют, что, по-видимому, нельзя объяснить только большей шириной линий в дуге по сравнению с другими лампами.

Постепенно увеличивая расстояние между зеркалами раздвижного интерферометра, можно было проследить предельную разность хода, при которой еще можно

наблюдать интерференционную картину, т. е. длину когерентности зеленой линии во всех сравниваемых источниках света.

Для лампы ВЭИ при силе тока $I=0,8$ а длина когерентности $2d=290,4$ мм, причем при разности хода от 120 до 152 мм имеет место сильное уменьшение видимости интерференционных колец. Для лампы ГОИ длина когерентности несколько меньше (274 мм).

Определение длины когерентности для ртутно-кадмиевой дуги связано с большими затруднениями, так как она в сильной степени зависит от времени горения лампы. В первые минуты горения лампы, при фотографировании, довольно узкая линия со временем уширяется, благодаря увеличению давления паров в дуге, что делает дугу малопригодной для интерференционных измерений.

Причина изменения соотношения интенсивности составляющих до сих пор еще не выяснена.

Литература, касающаяся детального исследования интересующего нас вопроса, довольно бедна. Кроме уже упомянутых выше работ Фабри, Сирс и Баррелла, Шюлера и Кейстона, Шрамен, следует упомянуть работу С. Э. Фриша [10], посвященную исследованию соотношения интенсивностей компонент сверхтонкого строения линий

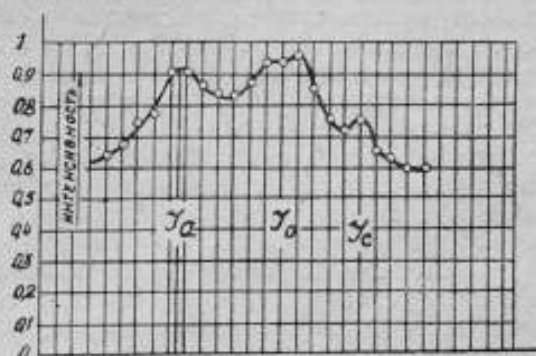


Рис. 7.

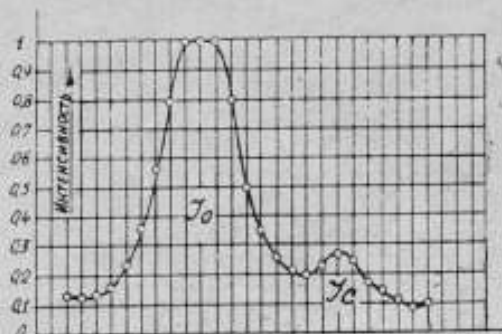


Рис. 8.

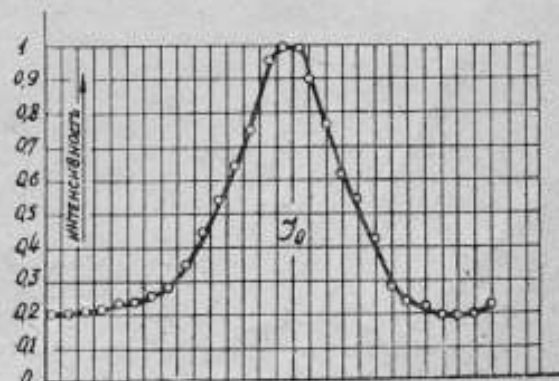


Рис. 9.

талия при различных разрядных токах. Во всех этих работах изменение соотношения интенсивностей компонент связано с различным режимом горения источников света. Также большой интерес представляет работа Лау [11], в которой наблюдается изменение соотношения интенсивностей компонент сверхтонкой структуры линии 5461 \AA ртути в дуге и гейслеровской трубке, заполненной водородом.

Исследованные нами лампы имели различный режим горения, были заполнены различными газами, и имели различное давление; поэтому в нашем случае на изменение сверхтонкой структуры могли влиять все эти причины.

Дальнейшее изучение этого явления несомненно поможет выяснить условия, необходимые для точного воспроизведения длин волн спектральных линий, применяемых в интерферометрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варлих и Карташев, „Журнал оптико-механич. пром.“, № 5, стр. 14, 1939.
 2. Schramen, „Ann. d. Phys.“, 83, 1161, 1927.
 3. Schüler u. Keyston, „Z. S. i. Phys.“, 67, 433, 1931.
 4. Schüler, „Z. S. i. Phys.“, 59, 149, 1930.
 5. Наму, „Comptes Rendus“, CXXX, 700, 1900.
 6. Fabry, „Comptes Rendus“, 138, 854, 1904.
 7. Sears and Barrell, „Proc. Roy Soc. London. A. V.“, CXXXIX, 202.
 8. Perard, „Revue d'optique théorique et instrumental“, т. 17, 1, 1928.
 9. Романова, „Интерференция света и ее применения“, НТИ, 133.
 10. С. Э. Фриш, „Атомные спектры“, ЛОНТИ, 1937.
 11. Lau, „Ann. d. Phys.“ 5, 52, 1932.
-

ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНОЙ ДО 1000 мм

Применяемые в настоящее время интерференционные методы измерения плоскопараллельных концевых мер в большинстве случаев предусматривают притирку измеряемых мер к плоской стекляннй или стальной пластине. Если это условие является вполне приемлемым для мер длиной до 100 мм, то для мер бóльшей длины это связано со значительными трудностями, особенно в тех случаях, когда необходимо притирать к одной пластине две меры и располагать их вертикально. Поэтому задачу настоящей работы составляла разработка метода, который позволил бы производить относительные интерференционные измерения концевых мер длиной до 1000 мм без применения притирки. Необходимо отметить, что в литературе имеются указания на существование методов и приборов, разрешающих указанную задачу, но применяемые при этом схемы или сами методы измерения достаточно сложны [1].

Для решения поставленной задачи была применена схема интерферометра следующего вида (рис. 1).

Источник белого света S проектируется конденсором C на щель D_1 , коллиматора, помещенную в фокальной плоскости линзы L_1 . Диафрагма D_2 служит для ограничения параллельного пучка выходящего из коллиматора и падающего на двойную призму P_1 Кёстнера. В призме пучок разделяется на две части a и b , проходит через пластинки компенсатора K и, падая на зеркало M_1 , отражается на правые плоскости концевых мер E_1 — образцовой и E_2 — поверяемой. Так как плоскость зеркала M_1 полу-посеребрена, то часть пучков a и b попадает на зеркало M_2 и M_3 (внутреннего серебрения) и отражается на соответственные левые плоскости мер E_1 и E_2 . Меры E_1 и E_2 установлены так, что пучки a и b после отражения от измерительных поверхностей мер идут обратно по тому же направлению и сходятся в призме P_1 . Призмой P_2 , линзой L_2 и призмой P_3 пучок направляется во входной зрачок зрительной трубки B , ограниченный диафрагмой D_3 . В плоскости диафрагмы D_3 находится изображение щели D_1 .

1 A. Hilger, „Journ. of Scientific Instr.“, XVI, 163, 1939.

При небольшом наклоне мер по отношению к горизонтальной оси прибора в плоскости диафрагмы D_1 будет находиться два изображения щели D_1 , расположенные одно под другим.

Одно из этих изображений получается при отражении пучков a и b от правых поверхностей мер, другое — от левых. Линза L_2 смещена по оси и закрывает лишь половину диафрагмы D_3 . Таким образом пучок лучей, отраженный от правых поверхностей мер, проходя диафрагму D_3 , непосредственно попадает в объектив O наблюдательной трубки B и дает изоб-

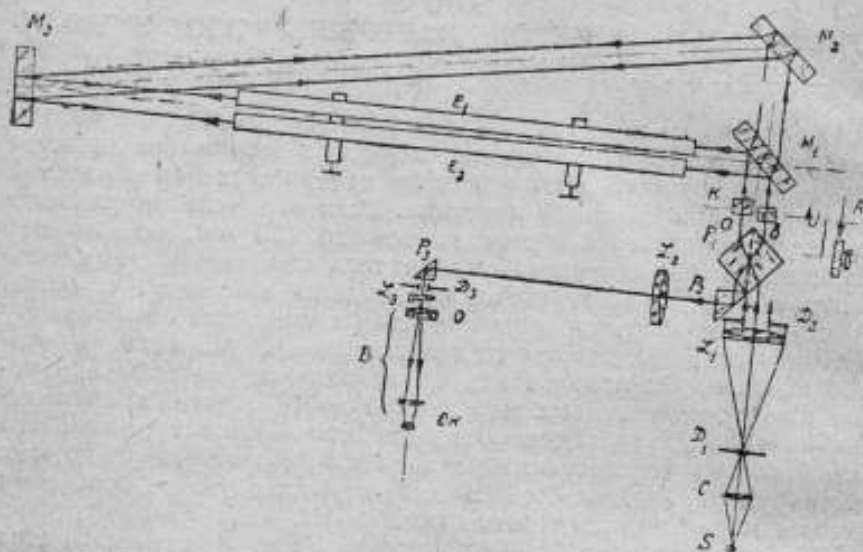


Рис. 1.

ражение поверхностей мер и интерференционной картины в фокальной плоскости окуляра OK . Пучок лучей, отраженный от левых поверхностей мер, проходя диафрагму D_3 , попадает на линзу L_2 , которая его смещает, и совместно с объективом трубки B дает изображение левых поверхностей мер и интерференционной картины в той же плоскости.

Примененная оптическая схема имела следующие основные данные:

1. Фокусное расстояние коллиматорной линзы $L_1 = 200$ мм
2. " " " линзы $L_2 = 600$ "
3. " " " объектива зрительной трубки $O = 70$ "
4. Сила дополнительной линзы $\varphi = -2,75 D$.

Пучки лучей a и b , сходясь в двойной призме P_1 , интерферируют и дают изображение интерференционной картины в фокальной плоскости окуляра OK (рис. 2).

В левой части поля зрения видна интерференционная картина, получающаяся от левых поверхностей мер и в правой

части от правых поверхностей мер. Так как в приборе используется источник белого света, то интерференционная картина будет наблюдаться лишь в случае, когда поверхности мер находятся в одной плоскости.

Если измеряемая мера E_2 будет отличаться длиной от образцовой меры E_1 на величину δ , то системы интерференционных полос для левой и правой части поля зрения будут смещены друг относительно друга (см. рис. 2).

Для определения величины этого смещения пользуются пластинчатым компенсатором K . Поворачивая пластинки компенсатора, приводят в совпадение черные ахроматические полосы интерференционных картин в левой и правой частях поля зрения и делают отсчет по барабану компенсатора.

Примененный в приборе компенсатор типа Жамена имеет пластинки толщиной около 5 мм и угол между пластинками $1^\circ 30'$. Предельная разность, которую можно компенсировать, составляет $\pm 3 \mu$, и цена деления барабана компенсатора 0,00366 μ .

Компенсатор был градуирован в монохроматическом свете.

Таким образом искомая разность определяется следующим выражением: $L_{\text{пов.}} - L_{\text{обр.}} = (B - A) K$, где B — отсчет по компенсатору в момент совпадения полос, A — нулевой отсчет по компенсатору и K — цена деления компенсатора.

Нулевой отсчет по компенсатору производится наведением на горизонтальную нить, помещенную перед зеркалом M_2 черной ахроматической полосы, наблюдаемой при отсутствии обеих мер, благодаря отражению света от указанного зеркала M_2 .

Основной частью прибора является двойная призма Кёстера P_1 , состоящая из двух прямоугольных призм, склеенных гипотенузными гранями. Одна из этих граней полупосеребрена и является разделяющей плоскостью. Ход лучей в призме представлен на рис. 3.



Рис. 3.

Пучок лучей I , падая на призму, разделяется ее полусеребряной поверхностью на два пучка a и b . Если на пути этих пучков установить плоское зеркало M , то пучки a и b , после отражения от зеркала, попадут обратно в призму и пойдут по направлению 2, давая интерференционную картину полос равной толщины, локализованных в плоскости зеркала M (при некотором наклоне зеркала M). Чтобы наблюдать интерференционную картину с указанной призмой в белом свете, необходимо иметь равенство путей пучков a и b в самой призме, другими

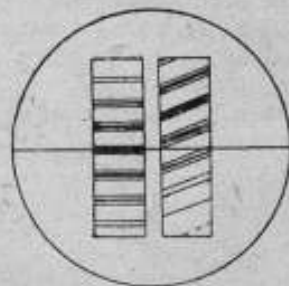


Рис. 2.

словами призма—интерферометр должна быть компенсированной.

При изготовлении призмы компенсация достигалась во время склейки (на специальной установке) передвижением одной половины призмы по отношению к другой в направлении, перпендикулярном зеркалу (см. рис. 3), и взаимным поворотом половинок.

Кроме того, совершенно необходимым условием является соответствие углов α и β . Эти углы не должны отличаться друг от друга больше, чем на полминуты, так как при взятых размерах призмы ширина поля зрения равнялась 15 мм, общая дисперсия 0,00802, то при полной компенсации в центре поля

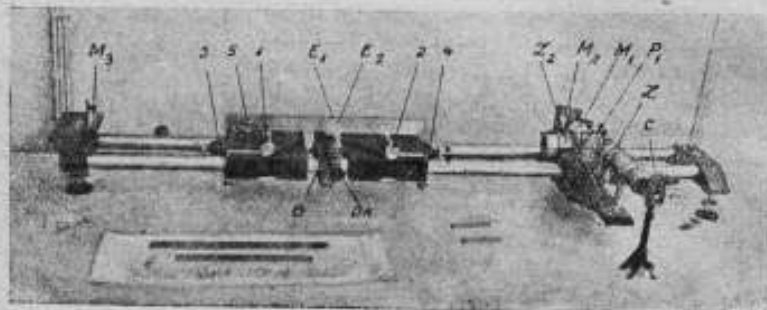


Рис. 4.

можно допустить расхождение интерференционных минимумов для λ_F и λ_C в 0,1 полосы, что соответствует разности углов в $26''$. Призма эта изготовлена из стекла К 8 (по каталогу Лензос).

Общий вид прибора представлен на рис. 4. Основанием прибора является станина с двумя цилиндрическими направляющими, опирающаяся на три установочных винта. Все оптические детали, за исключением источника света и конденсора С, укреплены на станине. В правой части прибора находится массивный ползун, на котором крепится коллиматор, блок, состоящий из двойной призмы P_1 , компенсатора К, зеркал M_1 и M_2 , и линза L_2 с призмой P_2 . Зеркало M_1 укреплено на конце левой части станины. Образцовая E_1 и измеряемая E_2 меры располагаются на опорах, выполненных в виде вращающихся цилиндрических валков. Опоры находятся на салазках I и II, передвигая которые по направляющим, устанавливают их соответственно точкам Эри для данного размера концевых мер. Винты 1, 2, 3 и 4 связаны с опорами и дают возможность ориентировать меры по азимуту и наклону. Винт 5 служит для продольного перемещения одной меры по отношению к другой и, следовательно, для приведения интерференционных полос в центр поля зрения. Правильная установка концевых мер на приборе достигается вращением установочных винтов опор и совмещением соответствующих изображений щели коллиматора при наблюдении

в плоскости объектива зрительной трубки с удаленным окуляром. Затем, наблюдая через окуляр, действуют винтом 5, добиваясь появления интерференционных полос в белом свете. Ширину и наклон интерференционных полос регулируют вращением винтов 1, 2, 3 и 4.

Точность измерения

Погрешность определения длин концевых мер на приборе определяется следующими величинами:

- 1) погрешностью совмещения интерференционных полос — δ_1 ,
- 2) погрешностью отсчета по компенсатору — δ_2 ,
- 3) погрешностью от разности температур мер —

$$\delta_3 = \pm (t_1 - t_2) \alpha L \cdot 10^{-3},$$

- 4) погрешностью от различия коэффициентов расширения мер

$$\delta_4 = \pm (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot (t - 20) L \cdot 10^{-3} \text{ и}$$

- 5) погрешностью определения длины образцовой меры

$$\delta_5 = \pm (0,05 + 0,5 L \cdot 10^{-3}),^1$$

где L — в миллиметрах и δ — в микронах.

Если положить

$$\alpha = 11,5; t_1 - t_2 = \pm 0,05\text{C}; \alpha_1 - \alpha_2 = \pm 1;$$

$$t - 20 = \pm 0,1\text{C}; \delta_1 = \pm 0,01 \mu \text{ и } \delta_2 = \pm 0,01 \mu,$$

то:

$$\delta_3 = \pm 0,575 L \cdot 10^{-3},$$

$$\delta_4 = \pm 0,1 L \cdot 10^{-3},$$

$$\delta_5 = \pm (0,05 + 0,5 L \cdot 10^{-3}).$$

Складывая квадратично члены, не зависящие от длины, и члены зависящие от длины, получим:

$$\Delta_1 = \pm 0,052 \mu$$

$$\Delta_2 = \pm 0,75 L \cdot 10^{-3} \mu$$

и тогда

$$\Delta = \pm (0,052 + 0,75 L \cdot 10^{-3}) \mu,$$

что вполне удовлетворяет формуле по ОСТ 85000—39 для концевых мер II разряда.

Можно думать, что принятая величина разности температур мер в $0,05\text{C}$ велика. В условиях термостатной комнаты, при отступлении температуры от 20°C не более, чем на $\pm 0,3$ и выдерживании мер в течение нескольких часов после их установки

¹ Формула дана по ОСТ 85000—39 для концевых мер I разряда.

эта разность, по всей вероятности, не будет превышать $\pm 0,01$ С и тогда погрешность измерения выразится величиной порядка

$$\Delta = \pm (0,052 + 0,60 L 10^{-3}) \mu.$$

На приборе был произведен ряд измерений концевых мер. Результаты дали хорошее схождение с абсолютным методом. Ниже приводится пример для мер длиной 500 мм.

мера № 1—500,00221 мм (абсолютное измерение)

“ № 2—499,99997 “ “ “

разность +0,00224 мм.

Разность, полученная на предлагаемом приборе, оказалась равной +0,00221 мм.

А. Л. ОСТАШЕВСКАЯ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕРЕБРА НА ПРИМЕСИ МЕДИ И ЗОЛОТА

В современной технике применение металлического серебра ограничивается, главным образом, приборостроением. К чистоте применяемого серебра в этой области, нередко, предъявляются очень высокие требования. Известно, что сотые и даже тысячные доли процента влияют на электропроводность серебра, точки плавления [1], механические свойства и пр. [2]. Достаточно сказать, что серебро, идущее на приготовление термонар, должно иметь пробу 99,999.

Для определения столь малых содержаний примесей в серебре обычные методы химического анализа затруднительны, и спектральный химический анализ здесь, как и в ряде аналогичных случаев, имеет преимущества в отношении скорости и точности.

Указания на проведение количественного спектрального анализа серебра на медь имеются в работах Негреско и Герляха [3] и [4]. Более подробное описание методов проведения спектрального анализа серебра на золото можно найти в работах Жолибуа и Боссюе [5].

Задачей настоящей работы было выяснение оптимальных условий определения малых процентных содержаний меди и золота в образцовых сплавах серебра, изготовленных в лаборатории.

1. Методика

Из серебра, очищенного в химической лаборатории, были изготовлены отдельные сплавы, содержащие 0,1% меди и золота. Из этих сплавов, путем последовательного разбавления чистым серебром, были получены сплавы серебра в пределах концентраций от 0,1 до 0,0005%.

Плавка сплавов проводилась в индукционной печи высокой частоты. Чтобы избежать возможных загрязнений при плавке, были изготовлены специальные тигли из импортного графита, подвергнутого химическому анализу на серу и фосфор. Из этого графита была сделана изложница, в которую выливались сплавы. Полученные электроды имели диаметр 3 мм, длину 5—6 см. Перед съемкой концы электродов затачивались на плоскости. Химический анализ изготовленных сплавов проведен не был.

Съемка спектрограмм

Съемка спектрограмм производилась на спектрографе фирмы „Адам Хилгер“ (ЕЗ); источником света служила обрывная дуга, изготовленная заводом „Эталон“. Фокусировка источника света производилась на призму спектрографа.

На рис. 1 приведена фотография нашей обрывной дуги. Верхний подвижный электрод 1 соединяется с эксцентриком 2, и

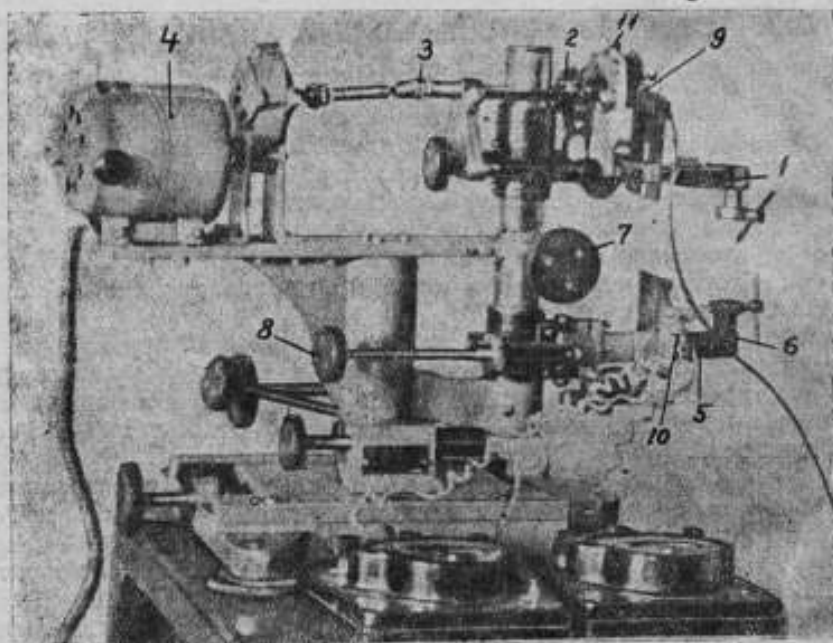


Рис. 1.

посредством кулачковой передачи 3 — с моторчиком 4. Электрод может подниматься и опускаться на расстояние от 1 до 5 мм, что можно регулировать соответствующими винтами на эксцентрике; нижний электрод закреплен неподвижно в зажиме 5, к которому снизу подходит пружина для торможения толчка верхнего электрода. Верхний электрод закрепляется в установленном дуговом промежутке (3 мм) посредством тормозящей шайбы 6. При помощи винтов 7 и 8 достигается регулировка вертикального и горизонтального положений кружка рассеяния на щели спектрографа.

В точках 9 и 10 ток подводится к электродам. Число прерываний регулируется реостатом. Мы пользовались, примерно, 6—10 обрывами в секунду. Кроме того, параллельно дуге включен реостат для регулирования напряжения в дуге.

Обрывная дуга такой конструкции после продолжительной работы с ней, оказалась недостаточно устойчивой в отношении

электрического режима. Для улучшения ее работы было введено дополнительное механическое приспособление в виде прерывателя 11, применяемого, обычно, для мотоциклетов. С помощью такого прерывателя, закрепленного на оси моторчика, ток при определенном дуговом промежутке прерывался и дуга гасла.

Микрофотометрирование спектрограмм производилось на микрофотометре типа Цейсс, изготовленном заводом „Эталон“. При исследовании микрофотометр показал достаточную чувствительность и устойчивость нулевой точки.

Съемки проводились на диапозитивных пластинках Эфт фабрики № 1; проявление велось метол-гидрохиноновым проявителем. Условия съемки, проявления и т. д. строго стандартизовались.

По каждой примеси исследования велись отдельно.

2. Результаты исследования

а) Спектральное количественное определение меди в серебре

Спектральное исследование чистого серебра показало отсутствие в нем меди. Сплав серебра с 0,1% меди был подвергнут химическому анализу, который подтвердил, что процентное содержание меди соответствует расчетам. Предварительный обзор ряда спектрограмм, полученных с образцом 0,1%, показал, что только незначительное количество линий, принадлежащих меди, пригодны для анализа. Линии меди CuI 3247,5 Å и CuI 3270,0 Å, указанные В. Герлахом при испытании серебра на чистоту [6], а также линия Cu 3273,907 Å использованы не были. Первая линия меди Cu 3247,5 Å на нашем спектрографе совпадает с линией Ag 3244,95 Å; Cu 3270,0 Å и Cu 3273,907 Å расположены очень близко к сильной линии серебра Ag 3280,67 Å. Наряду с указанными выше линиями, можно было отметить две линии меди: Cu_1 2293,832 Å и Cu_2 2492,15 Å¹, которые заметно меняли свою интенсивность для образцов различных концентраций. С помощью этих линий в дальнейшем и производилось исследование образцов.

В качестве линий сравнения были взяты следующие линии серебра:

$$\begin{array}{l} \text{для } \text{Cu}_1 - \text{Ag } 2275,2 \text{ \AA} \\ \text{для } \text{Cu}_2 - \left\{ \begin{array}{l} \text{Ag } 2473,88 \text{ \AA} \\ \text{Ag } 2501,0 \text{ \AA} \end{array} \right. \end{array}$$

Обе медные линии были исследованы при различных условиях электрического режима.

Были сделаны съемки при 3—5—10 а и напряжении от 15 до 35 в. Увеличение силы тока заметно повысило чувствительность линии Cu_2 , и очень мало отразилось на Cu_1 . Было

¹ Обозначения 1 и 2 введены условно, для удобства.

эта
и т

Рез.
Низ

разн
Р
равн

решено остановиться на силе тока в 10 а и напряжении 15 в. В этих условиях на снимках был менее развитый фон и можно было уменьшить экспозиции с 3 мин. до 30 сек. Кроме того, наша обрывная дуга в условиях большой нагрузки, давала большую устойчивость электрического режима. Электроды обгорали очень мало, оплавлялся легко только поверхностный слой.

Ниже приведена табл. 1 с результатами измерений среднего из шести съомок, проведенных в одинаковых условиях.

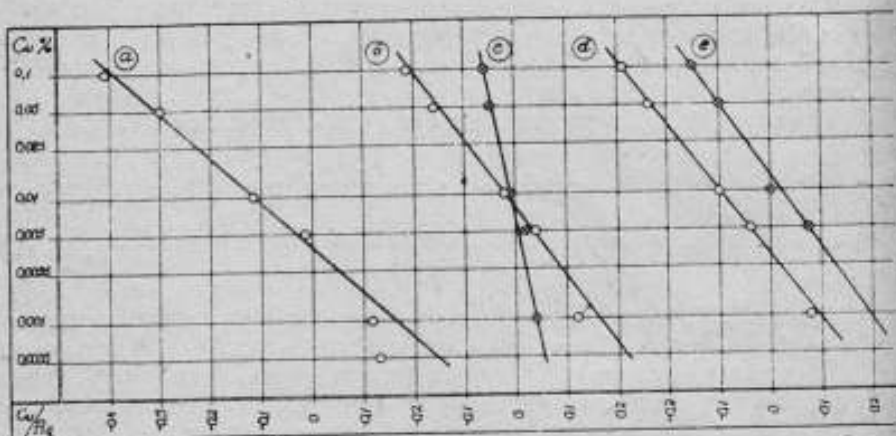


Рис. 2.

По данным табл. 1 построена кривая (а) рис. 2, где в логарифмических координатах дана зависимость между процентным содержанием меди в серебре и логарифмом отношения отклонений гальванометра для спектральных линий меди и серебра.

Таблица 1

% Cu ₁	lg $\frac{Cu_1}{Ag}$	откл. в % Cu ₁
0,1	0,412	+15,0
0,05	0,300	- 4,0
0,01	0,110	0,0
0,005	0,014	-16,6
0,001	-0,116	+39,0
0,0005	-0,130	-
вер. погр.		± 13%

Из рассмотрения этой кривой можно заключить, что она обладает прямолинейным участком в интервале содержания меди от 0,1 до 0,005—0,001%. Точка, соответствующая концентрации 0,0005% лежит в области недодержки. Наклон кривой

нормальный. По отклонениям, приведенным в табл. 1 средних значений процентного содержания меди от прямой линии, была подсчитана вероятная ошибка ряда измерений. Эта ошибка оказалась равной $\pm 13\%$. Из кривой *a* видно, что наибольшие отклонения, как и следовало ожидать, падают на малые концентрации.

Если отбросить две последние концентрации, т. е. 0,001 и 0,0005%, то для ряда от 0,1 до 0,005%, вероятная погрешность будет равна $\pm 8,7\%$.

Одновременно с Cu_1 , анализу подверглась и вторая линия меди Cu_2 , 2492,15 Å.

Результаты измерений (среднее из шести съемок) приведены в табл. 2 и на кривой рис. 3.

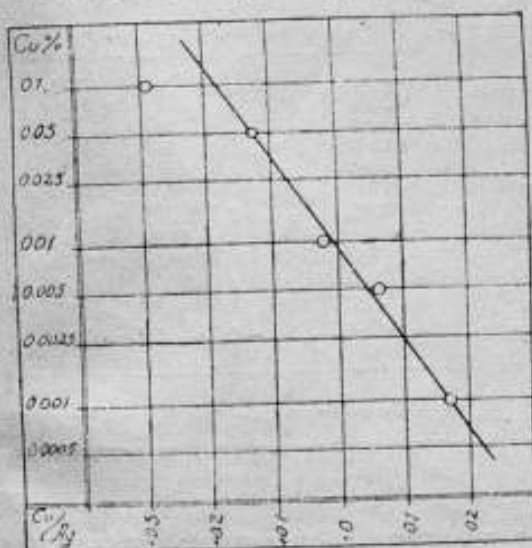


Рис. 3.

Таблица 2

% Cu_2	$\lg \frac{Cu_2}{Ag}$	откл. в % Cu_2
0,1	0,292	—
0,05	0,125	0,0
0,01	0,024	+13,0
0,005	-0,063	-14,6
0,001	-0,172	0,0
0,0005	—	—
вер. погр.		$\pm 7,5$

Как видно из табл. 2 и рис. 3, эта линия обладает большой чувствительностью. Точки, соответствующие концентрациям 0,05—0,001%, лежат в прямолинейном участке кривой, за исключением 0,1%, лежащей в области передержки и 0,0005% — в области недодержки. Вероятная погрешность ряда измерений соответствует $\pm 7,5\%$.

Таким образом, с помощью линии Cu_2 можно проводить анализ с большей точностью.

б) Спектральное количественное определение золота в серебре

Спектральный количественный анализ золота в серебре был проведен по следующим линиям золота:

$$Au_1, 2675,93 \text{ Å} \quad \text{и} \quad Au_2, 2427,96 \text{ Å}$$

В качестве линий сравнения были взяты следующие линии серебра:

$$\begin{aligned} \text{для Au}_1 - \text{Ag } 2681,4 \text{ \AA} \\ \text{ " Au}_2 - \text{Ag } 2439,0 \text{ " } \\ \text{ " Ag } 2430,0 \text{ " } \end{aligned}$$

Для выявления наиболее выгодного режима и его влияния на чувствительность выбранных линий, были проведены съемки при силе тока 5 и 10 а и напряжении 15 и 25 в. Чувствительность линий при таких изменениях силы тока заметно не менялась, дуга же горела более устойчиво при силе тока в 10 а, напряжении 15 в. Эти условия и применялись в дальнейшем.

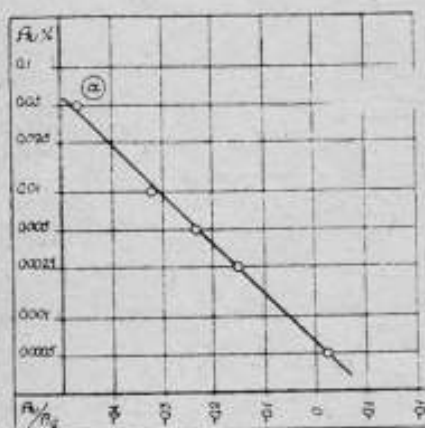


Рис. 4.

Таблица 3

% Au ₁	lg $\frac{\text{Au}_1}{\text{Ag}}$	откл. в % Au ₁
0,05	0,467	0,0
0,01	0,322	+15,0
0,005	0,240	+ 7,60
0,0025	0,150	- 8,00
0,0005	-0,024	-12,6
вер. погр.		±7,5

В табл. 3 приведены результаты исследования для линии Au₂, 2675,95 Å (полученные из 4 спектрограмм), по ним построена кривая (а) рис. 4.

Из приведенных данных видно, что точки в пределах концентраций от 0,05 до 0,0005% ложатся на прямую. Вероятная погрешность наблюдения ± 7,5%.

Одновременно с Au₁ была измерена и вторая линия золота— Au₂, 2427,95 Å.

В этой области наблюдался очень плотный фон, сильно менявший ход аналитической кривой.

Еще для случая линии меди Cu₂ было замечено, что фон оказывает сильное влияние на наклон аналитической кривой, как это видно, например, на кривых b, c, d, e (рис. 2), соответствующих спектрограммам с различным фоном. Нормальный наклон (приблизительно 45°) получался только в случае слабого фона.

Условия съемок, выбранные для Cu₁, Cu₂ и Au₁, давали слабый фон. При фотометрировании этот слабый фон учиты-

вался для одного из участков пластинки и вносил очень маленькую поправку к получаемым отсчетам.

В случае линии Au_2 фон около линии был плотный. Этот фон измерялся непосредственно около линии, и соответствующая интенсивность вычиталась из измеренной интенсивности линии.

Результаты исследования по этой линии приведены в табл. 4 и на кривых *a* и *b* (рис. 5).

Как видно из приведенных результатов, несмотря на сильный фон, погрешность для этой линии даже несколько меньше,

Таблица 4

% Au_2	$lg \frac{Au_2}{Ag}$	откл. в % Au_2
0,1	-0,01	—
0,05	-0,030	0,00
0,01	-0,140	+15,00
0,005	-0,200	+11,00
0,0025	-0,270	0,00
0,0005	-0,390	+7,60
вер. погр.		$\pm 6,7\%$

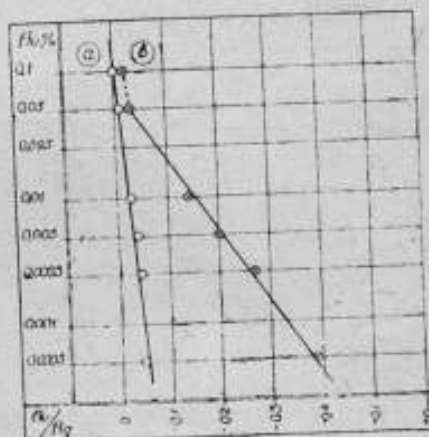


Рис. 5.

чем для Au_1 , наблюдаемые точки хорошо расположились по прямой, за исключением точки, соответствующей концентрации в 0,1%, лежащей в области передержки.

Кривая *a* (рис. 5) соответствует отсчетам без учета фона, кривая *b* — с учетом фона у каждого спектра. Из сравнения этих кривых ясно видно, что, вследствие крутого наклона, точность анализа без поправки на фон была бы чрезмерно мала, и кривая *a* для анализа была бы непригодна.

Эти кривые, как и кривые рис. 1 для случая меди, ясно указывают на необходимость учета фона, особенно в тех случаях, когда линия попадает в область плотного фона.

Чувствительность обеих линий золота очень велика, и судя по спектрограммам, можно определить концентрацию ниже 0,0005%.

Кривые на рис. 1, 2, 3 и 4 (соответствующие данным на различных фотографических пластинках) показывают, что относительное содержание примесей в приготовленных сплавах, соответствует заданным условиям с вероятной погрешностью порядка 6—7%.

ЛНТЕРАТУРА

1. F. Roeser a. A. Dahl, Bur. of Stand. „Journ. of Res.“, 10, 661, 1933.
 2. B. A. Rogers, Jrl. C. Schoonover and Louis Jordan, Silber; Its properties and Industrial Uses, C. 412 u. S. D. of C. N. B. St.
 3. T. Negresco, „Journ. Chem. Phys.“, 1928, 25.
 4. W. Gerlach, „Z. S. f. anorg. Chem.“ 1932.
 5. B. Jolibois et R. Bossuet, „Bulletin de la Soc. ch. de France“, № 114, 1927.
 6. W. Gerlach u. W. Gerlach, Die chemische emissions Spektral analyse, 1933.
-

С. М. КАТЧЕНКОВ

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦА И ЖЕЛЕЗА В СЕРЕБРЕ МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Для ряда метрологических работ необходимо серебро без примеси других элементов. Спектроскопическая проверка в нашей лаборатории ряда образцов серебра, считавшихся химически чистыми, показала, что многие из них содержат примеси железа, меди, золота и других элементов.

В связи с этим было решено поставить количественный спектральный анализ серебра на ряд примесей в Оптической лаборатории ВНИИМа. Согласно данным Розера и Даха [1], а также нашей лаборатории, чаще всего в серебре в качестве примесей встречаются медь, золото, свинец и железо. Поэтому было решено изготовить образцы серебра с малыми примесями Cu, Au, Pb и Fe и разработать методику количественного определения этих примесей в серебре. Изучению двух первых примесей посвящена работа А. Л. Осташевской [3], в данной работе излагаются предварительные результаты количественного определения свинца и железа в серебре.

1. Изготовление сплавов

Для количественных спектральных измерений были приготовлены сплавы серебра со свинцом и с железом. В качестве основного материала послужило серебро, очищенное в химической лаборатории ВНИИМа и исследованное спектроскопически на свинец и железо. Сплавы со свинцом и железом готовились отдельно. Плавка производилась в индукционной печи в графитовых тиглях, в течение 8—10 мин. За это время серебро расплавлялось и начинало кипеть. Расплавленный металл выливался в изложницу из графита. Первые сплавы содержали по 0,1% свинца и железа (по весу). Затем из этих сплавов, путем добавления чистого серебра, были изготовлены сплавы 0,05%, 0,01%, 0,005% и 0,001%.

Из этих сплавов были приготовлены электроды, длиной 50—60 мм и диаметром в 3 мм.

2. Источники света и аппаратура

Источниками света служили: конденсированная искра и обрывная дуга. Схема искровой установки (описанной в статье Б. А. Ломакина [2]), приведена на рис. 1. Здесь В — рубильник,

P —сигнальная лампа, A —амперметр, V —вольтметр, T —однофазный повышающий трансформатор для питания колебательного контура, C —емкость, L —самоиндукция, I —искровой промежуток между электродами.

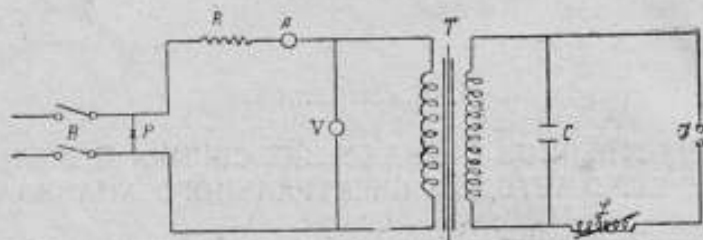


Рис. 1.

Повышающий трансформатор T мощностью в 2,5 кв-а, питаемый от городской сети переменного тока, давал возможность получать напряжения от 3000 до 20 000 в.

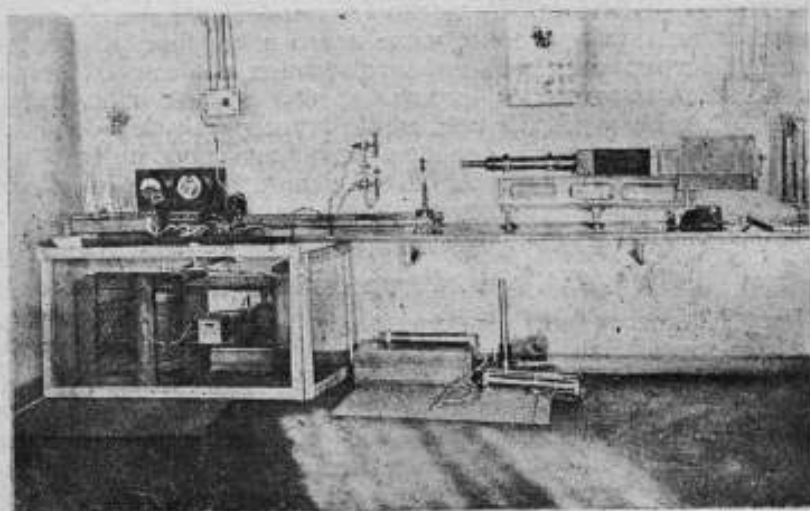


Рис. 2.

Емкость C , создаваемая пятью слюдяными конденсаторами, могла быть изменена в пределах от 0,001 до 0,01 μ F. Самоиндукцию L можно было изменять в пределах от 0 до 0,004 гн. Общий вид установки приведен на рис. 2, а на рис. 2а—искровая установка.

Обрывная дуга, примененная в данной работе, построена на заводе «Эталон». Подробно дуга описана в работе А. Л. Остаевской [3].

Концы электродов в дуге и в искре имели плоскую форму и перед съемкой всегда вновь зачищались. Съемка спектрограмм производилась на кварцевом спектрографе Хильгера ЕЗ. Свет от искры или дуги фокусировался сферической кварцевой линзой на призму спектрографа. Съемка производилась спустя 1—1½ мин. после зажигания дуги или искры; за это время создавался устойчивый режим горения. Фотографирование про-

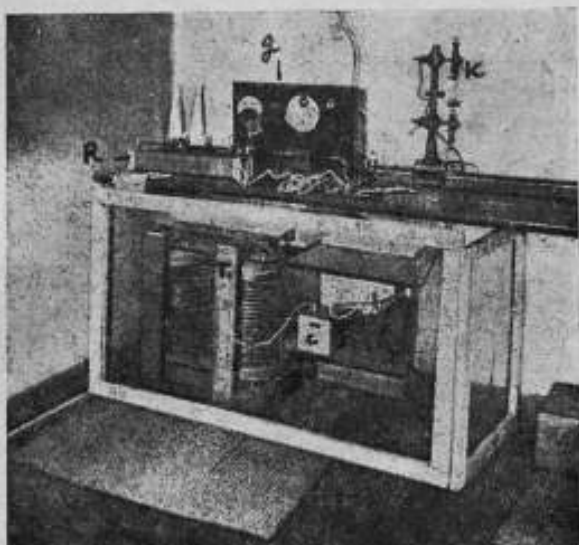


Рис. 2а.

изводилось на диапозитивных пластинках. Для проявления служил метолгидрохиноновый проявитель. Обычно, на одну пластинку снимались спектрограммы всех сплавов. Для фотометрирования спектрограмм применялся микрофотометр типа Цейсс с селеновым фотоэлементом, построенный по указаниям лаборатории на заводе „Эталон“.

3. Определение свинца в серебре

Предварительно было произведено качественное спектральное исследование исходного серебра и электродов из чистого серебра, полученных после плавки в индукционной печи. Исследование показало, что примеси свинца в обоих случаях нет.

В сплавах серебра со свинцом был обнаружен ряд линий свинца (табл. 1), которые могут быть использованы для анализа свинца в серебре. Было установлено, что среди этих линий наиболее удобной, для количественного анализа малых примесей свинца в серебре, является линия Pb 2833,1 Å. Поэтому в дальнейшем количественные измерения в дуге и в искре производились по линии свинца Pb 2833,1 Å. В качестве линий

э
н

сравнения были взяты линии серебра: Ag_1 2852 Å и Ag_2 2786,5 Å.

Р
т

В искре съемка спектрограмм производилась при следующих условиях: напряжение 15 000 в, емкость — 0,01 μ F, самоиндукция — 0,0002 гм, экспозиция 5 мин., расстояние между электродами 2,5 мм. В обрывной дуге условия, при которых получались наиболее воспроизводимые результаты, были следующие: сила тока 6–7 а, напряжение 20 в, экспозиция 30 сек.

Р
р

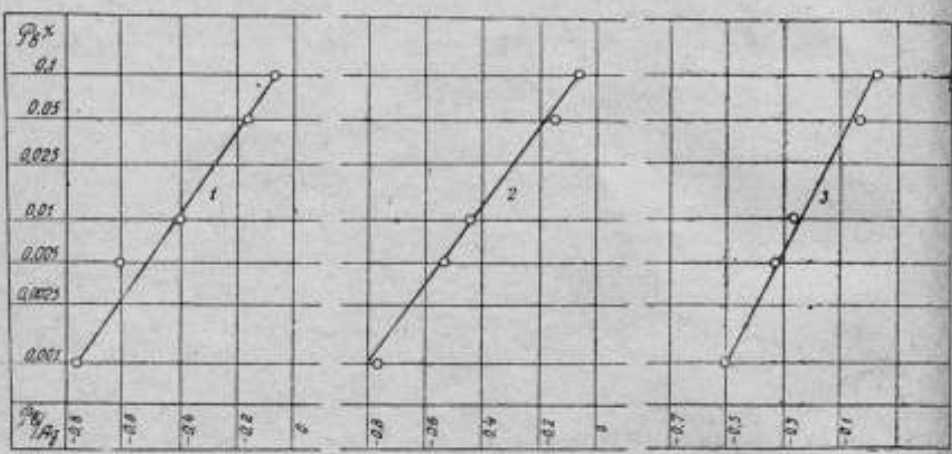


Рис. 3.

Спектрограммы фотометрировались на микрофотометре, по полученным данным строились кривые, устанавливающие связь между концентрацией примеси и интенсивностью спектральных линий. При построении кривых мы пользовались методом, предложенным Б. А. Ломакиным [4].

Таблица 1

№ пп	Длина волны, в Å	Интенсивность	
		дуга	искра
1	3639,58	6 R	10 R
2	2833,1	5 .	10 .
3	2802,0	5 .	10 .

Таблица 2

№ пп	Концентрация свинца в %	$\lg \frac{n_{Pb}}{n_{Ag}}$
1	0,1	-0,07
2	0,05	-0,16
3	0,01	-0,40
4	0,005	-0,60
5	0,001	-0,75

На рис. 3 приведены кривые для определения концентрации по линии свинца Pb 2833,1 Å и линиям сравнения Ag_1 2852 и Ag_2 2786,5 Å. По оси ординат отложены концентрации в логарифмическом масштабе, а по оси абсцисс — логарифмы отношения отбросов гальванометра для спектральных линий свинца и серебра.

Кривая 1 получена для однократной съемки в искре (табл. 2); кривая 2 получена для трехкратной съемки на одной пластинке, также в искре (табл. 3). Для этих кривых линией сравнения являлась Ag_1 2852 Å. Кривая 3 (табл. 4) получена для трех-

Таблица 3

№ пп	Концентрация свинца в %	$lg \frac{Pb}{Ag_1}$
1	0,1	-0,06
2	0,05	-0,15
3	0,01	-0,45
4	0,005	-0,54
5	0,001	-0,75

Таблица 4

№ пп	Концентрация свинца в %	$lg \frac{Pb}{Ag_2}$
1	0,1	-0,07
2	0,05	-0,12
3	0,01	-0,36
4	0,005	-0,42
5	0,001	-0,60

Таблица 5

№ пп	Концентрация свинца в %	$lg \frac{Pb}{Ag_1}$
1	0,1	+0,03
2	0,05	-0,04
3	0,01	-0,35
4	0,005	-0,45
5	0,001	-0,62

Таблица 6

№ пп	Концентрация свинца в %	$lg \frac{Pb}{Ag_1}$
1	0,1	+0,01
2	0,05	-0,06
3	0,01	-0,31
4	0,005	-0,46
5	0,001	-0,61

кратной съемки на той же пластинке, с другой линией сравнения Ag_2 2786,5 Å. На рис. 4 приводятся кривые 4, 5 и 6 для пары Pb 2833,1 Å и Ag_1 2852 Å, полученные в обрывной дуге. Кривая 4 (табл. 5) получена для однократной съемки, а кривая 5 (табл. 6) для трехкратной съемки, на разных пластинках, но при одних и тех же условиях (сила тока 6—7 а, напряжение 20 в, экспозиция 30 сек.). Кривая 6 получена в обрывной дуге при силе тока 4—5 а, напряжении 30 в и экспозиции 1 мин.

Кривые для определения концентрации (рис. 3 и 4), полученные в искре и в обрывной дуге при различных условиях возбуждения, дают зависимость, выражающуюся прямыми линиями с одинаковым наклоном.

Подсчеты показывают, что вероятная погрешность для однократной съемки в искре — 15%, для трехкратной съемки — 8,5%, а в обрывной дуге соответственно 18% и 10,5%.

Из кривых для определения концентрации свинца в серебре видно, что можно пользоваться данными образцами сплавов для количественного анализа свинца в серебре в пределах концентраций от 0,1 до 0,001%.

Количественный анализ свинца в серебре по линии Pb 2833,1 Å в обрывной дуге может проводиться и для меньших концентраций, так как эта линия остается еще довольно резкой при концентрации 0,001%.

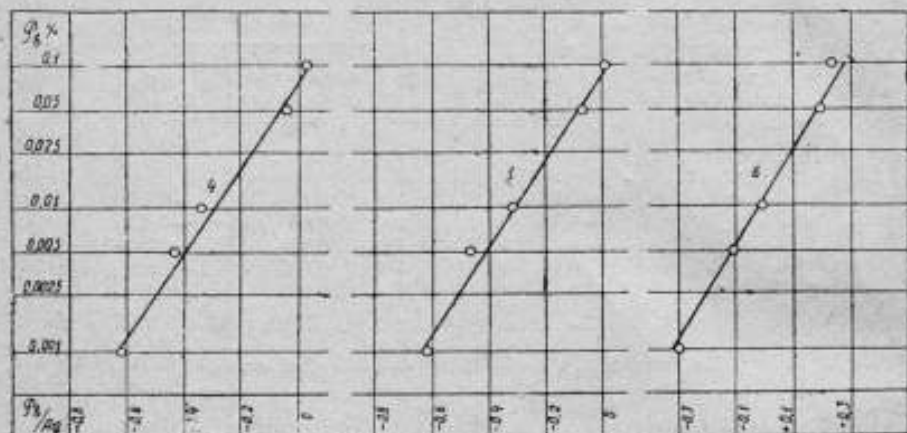


Рис. 4.

4. Определение железа в серебре

В сплавах серебра и железа был предварительно исследован характер изменения интенсивности в зависимости от концентрации железа для ряда спектральных линий (см. табл. 7). Источником света в этих исследованиях служили как искра, так и обрывная дуга при различных условиях возбуждения.

Таблица 7

№ оп	Длина волны в Å	Интенсивность		Примечание
		дуга	искра	
1	3134,1	5	1	Ee I
2	3020,6	6	3	Ee I
3	2749,3	7	10	Ee I
4	2746,5	7	10	Ee II
5	2739,6	9	10	Ee II
6	2632,3	4	1	Ee
7	2611,9	8	10	Ee II
8	2607,1	7	10	Ee II
9	2599,4	6	10	Ee II
10	2585,9	7	10	Ee II
11	2493,0	—	8	Ee II
12	2483,3	5	1	Ee I
13	2292,5	5	—	Ee

Был обнаружен значительный разброс точек. Особенно большое отклонение давал сплав с 0,01% железа. Спектрограммы, полученные при одних и тех же условиях, не всегда давали повторяемые кривые. Это вызвало сомнение в правильности изго-

товления наших сплавов, тем более, что в литературе имеются указания на трудности, возникающие при их изготовлении [5] и [6].

В дальнейшем оказалось, что разброс точек частично зависит от способа, применявшегося при чистке электродов. Сна-

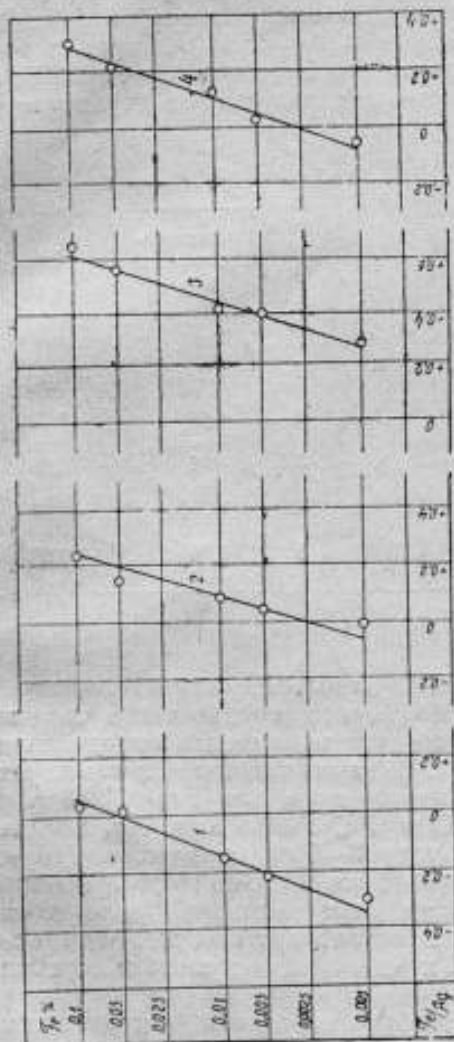


Рис. 5.

Таблица 8

№ пп	Концентрация железа в %	$\lg \frac{Fe_2}{Ag_2}$
1	0,1	+0,65
2	0,05	+0,56
3	0,01	+0,42
4	0,005	+0,40
5	0,001	+0,30

Таблица 9

№ пп	Концентрация железа	$\lg \frac{Fe_1}{Ag_1}$
1	0,1	+0,31
2	0,05	+0,22
3	0,01	+0,12
4	0,005	+0,03
5	0,001	-0,07

Таблица 10

№ пп	Концентрация железа	$\lg \frac{Fe_3}{Ag_3}$
1	0,1	-0,18
2	0,05	-0,12
3	0,01	-0,06
4	0,005	-0,05
5	0,001	+0,03

чала очистка производилась на наждачном круге и наждачной бумагой. После того как стали производить очистку электродов с помощью закаленного резца, разброс точек значительно уменьшился и воспроизводимость кривых стала лучшей, однако, указанный выше сплав в 0,01% пришлось совершенно отбросить и заменить новым.

После преодоления этих трудностей удалось получить кривые для определения концентрации железа в серебре, приведенные на рис. 5 и 6.

На рис. 5 приведены кривые, полученные в конденсированной искре, при напряжении 15000 в, емкости 0,01 μ F, самоиндукции, 0,0002 гн, экспозиции 6 мин. Кривая 1 (рис. 5) соответствует паре Fe_1 , 2749,3, Å и Ag_1 , 2688 Å, кривая 2— Fe_2 , 2739,6 Å и Ag_2 , 2688 Å, кривая 3— Fe_3 , 2493 Å и Ag_3 , 2553 Å (табл. 8). Все эти кривые получены в результате двукратной

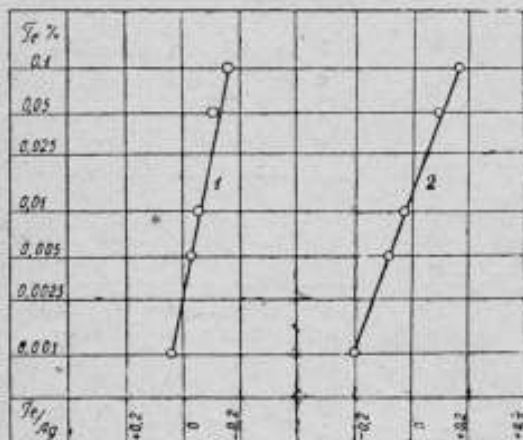


Рис. 6.

съемки, за исключением кривой 4 (табл. 9), соответствующей паре Fe_2 , 2739,6 Å и Ag_2 , 2688 Å, при трехкратной съемке на другой пластинке. В обрывной дуге кривые для определения концентрации, как видно из рис. 5, дают такой же наклон, как и в искре. Две кривых в обрывной дуге для Fe_2 , 2739,6 Å и Ag_3 , 2681,4 Å (табл. 10, рис. 6) и Fe_4 , 2292,5 Å и Ag_4 , 2279 Å (табл. 11) получены при силе тока 8—9 а, напряжении 15 в, экспозиция для кривой 1 была равна 30 сек и для кривой 2—45 сек. Съемки спектрограмм при меньшей силе тока показали, что характер кривых остается такой же. При построении кривых для изменения концентрации железа в серебре учитывался фон.

Для примеси железа в серебре вероятная погрешность измерений, полученных с искрой, 12% для кривой 4 (рис. 5), 16% для кривой 3 (рис. 5), а в дуге для кривой 1 (рис. 6)—10% и для кривой 2 (рис. 6)—16%.

Таким образом, изготовленные нами сплавы указанных концентраций железа в серебре могут быть применены для проведения количественного анализа.

Для большей уверенности в правильности определения концентрации мы предполагаем провести ряд добавочных исследо-

Таблица 11

№ пп	Концентрация железа в %	$\lg \frac{Fe_4}{Ag_4}$
1	0,1	+0,16
2	0,05	+0,08
3	0,01	-0,04
4	0,005	-0,10
5	0,001	+0,20

ваний, в частности химический анализ имеющихся у нас сплавов, изготовление новых сплавов и их спектральное исследование с помощью наших образцов. В результате этой работы, вероятно, удастся выяснить также причины, вызывающие малый наклон кривых для определения концентрации железа в серебре.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Roeser & Dahn, „Ber. of Stand. of Res.“ 10, 661, 1933.
2. Б. А. Ломакин, Научно-исследовательские работы в области химии Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии и стандартизации, под редакцией Л. В. Залуцкого, Госхимтехиздат, 1932, Л.
3. А. Л. Осташенская, См. статью в настоящем сборнике, стр. 29.
4. Б. А. Ломакин, „Zs. anorg. Allg. Chem.“ 187, 1, 1930; „Труды Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии и стандартизации“, выпуск 18, 139, 1932.
5. G. Petrenko, „Zs. f. anorg. Chem.“ 53, 212, 1907.
6. G. Tammann u. W. Oelsen, „Zs. f. anorg. u. allg. Chem.“ 186, 257, 1930.



СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	2
М. Ф. Романова, Г. В. Варлих, А. И. Карташев и Н. Р. Батарчукова. Сравнение длины прототипа метра с длиной волны красной линии кадмия (предварительное сообщение)	3
Г. В. Варлих и А. И. Карташев. К вопросу об эффективных длинах волн спектральных линий криптона при разности хода в 200 мμ	9
Н. Р. Батарчукова. Исследование сверхтонкой структуры зеленой линии кадмия 5086 Å в различных источниках света	17
А. И. Карташев. Относительный метод измерения плоскопараллельных концевых мер длиной до 1000 мм	23
А. Л. Осташевская. Количественный спектральный анализ серебра на примеси меди и золота	29
С. М. Катченков. Количественное определение свинца и железа в серебре методом спектрального анализа	37

Отв. редактор *Г. М. Крупицкий*

М36439

Подписано к печати 19/II 1941 г.

Печ. л. 27/4

Авт. л. 33/4

Тираж 1000

48.000 г. экз. в 1 п. л.

Зак. № 5173

Типография ПК, Ленинград, пр. Володарского, 58

ТРУДЫ ВНИИМ

Вышли из печати:

1. **Микроанометры. Анемометры**, № 20(36), под редакцией проф. Доброхотова А. Н. Цена 5 р.
2. **Электрические исследования и измерения**, № 21(37), под ред. проф. Маренина Н. А. Цена 4 р.
3. **Исследования в области измерения длины**, № 22(38), под ред. проф. Баринаова В. А. Цена 10 р.
4. **Исследования в области светометрических ламп и световых измерений**, № 23(39), под ред. проф. Тиходеева П. М. Цена 12 р.
5. **Исследования в области электрических измерений**, № 24(40), под ред. проф. Маренина Н. А. Цена 10 р.
6. **Исследования в области рентгенометрии**, № 25(41), под ред. проф. Поройкова И. В. Цена 4 р.
7. **Исследования в области радиологии**, № 26(42), под ред. проф. Богоявленского Л. Н. Цена 4 р.
8. **Магнитные исследования и измерения**, № 1(43), под ред. проф. Шрамкова Е. Г. Цена 8 р.
9. **Механические измерения**, № 2(44), под ред. проф. Доброхотова А. Н. Цена 5 р.
10. **Высоочастотные исследования и измерения**, под ред. проф. Кьяндского Г. А. Цена 7 р.
11. **Потенциометры**. Кротова В. И. Монография. Ц. 9 р. 75 к.
12. **Эталон времени**. Россовская В. А. Монография. Ц. 1 р.
13. **Современное состояние эталонов длины и методы точного измерения длины**. Проф. Баринов В. А. Монография. Цена 11 р.
14. **Краткий обзор важнейших научно-исследовательских работ лабораторий ВНИИМ** (бесплатно).

Печатаются:

1. Исследования в области измерения длин и качества обработки поверхности, под ред. проф. Баринаова В. А.
2. Исследования в области тепловых измерений, под ред. проф. Кондратьева Г. М.
3. Исследования в области химии, под ред. проф. Лилина С. В.
4. Исследований в области светометрических ламп под ред. проф. Тиходеева П. М.
5. Точные измерения в приборо-и машиностроении под ред. проф. Баринаова В. А.
6. Исследования в области термометрии, под ред. проф. Кондратьева Г. М.

Заказы на сборники и отчеты о научно-исследовательских работах, указанных в вышедшем из печати „Кратком обзоре важнейших научно-исследовательских работ лабораторий ВНИИМ“, направлять в Ленинград, 5, Междунородный пр., 19, Планово-производственный отдел ВНИИМ.

Цена 3 руб.

СКЛАД ИЗДАНИЙ

Ленинград. Международный проспект, 19. ВНИИМ

