

Н. Р. БАТАРЧУКОВА

## ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ СТРОГО МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 3 VI 1947)

Как известно, наибольшая разность хода, при которой еще наблюдается интерференция, зависит от ширины применяемой спектральной линии. Уширение спектральных линий в источниках света при сравнительно невысоком давлении и потенциале горения обуславливается главным образом тепловым движением излучающих атомов — явлением Доплера-Физо. Кроме ширины линии, на отчетливость интерференционной картины в сильной степени влияет сверхтонкое строение спектральных линий, связанное со сложным изотопическим составом элементов и моментами атомных ядер. Практически до настоящего времени мы не имеем таких источников света, которые излучали бы спектральные линии, не обладающие этими особенностями. Даже красная линия кадмия, возбуждаемая в трубке Майкельсона при стандартных условиях и служащая в спектроскопии с 1907 г. в качестве первичной нормали длины волны, имеет значительную доплеровскую ширину и сверхтонкое строение<sup>(1)</sup>. В 1937 г. на заседании Международного комитета мер и весов было решено проводить в метрологических институтах работы по созданию кадмиевых и криптоновых источников света, исключаяющих, по возможности, явление Доплера (посредством молекулярного пункта или посредством охлаждения) и влияние сверхтонкой структуры путем выделения соответствующих отдельных изотопов<sup>(2)</sup>. За последние годы появился ряд работ, посвященных этим вопросам. В 1941 г. нами также были начаты работы по выделению отдельных составляющих сверхтонкой структуры оптическим методом. С этой целью были проведены первые предварительные опыты над зеленой линией 5086 Cd. Выбор пал на зеленую линию кадмия потому, что составляющие ее сверхтонкой структуры достаточно далеко отстоят друг от друга и могут быть легко разрешены, в то время как разрешение сверхтонкого строения красной линии Cd сопряжено с большими трудностями. В основе примененного оптического метода „уничтожения“ (погашения) составляющих сверхтонкой структуры линий лежит принцип интерференционного фильтрования. Характер интерференционной картины — колец равного наклона, получающихся в интерферометре Фабри и Перо, дает возможность геометрическим путем (диафрагмированием) выделять отдельные интерференционные максимумы. Устанавливая в плоскости изображения колец диафрагму с круглым отверстием, можно выделить центральное пятно, соответствующее основной линии или любой из составляющих, для которых порядок интерференции равен целому числу. Расходящийся пучок света, выходящий из отверстия диафрагмы, соответствует отфильтрованному монохроматическому излучению и

может быть применен для наблюдения интерференции обычными методами.

В качестве фильтра была взята плоско-параллельная пластинка из плавленого оптического кварца. Пластинка была посеребрена с обеих сторон методом катодного распыления ( $R=94\%$ ) и представляла собой интерференционный эталон Фабри и Перо. Толщина этой пластинки была подобрана таким образом, чтобы структура линии 5086 Cd одновременно разрешалась полностью. Небольшие изменения толщины пластинки, необходимые для того, чтобы центральное пятно интерференционной картины соответствовало максимуму основной линии, наиболее интенсивной в случае линии 5086 Cd, достигались изменением

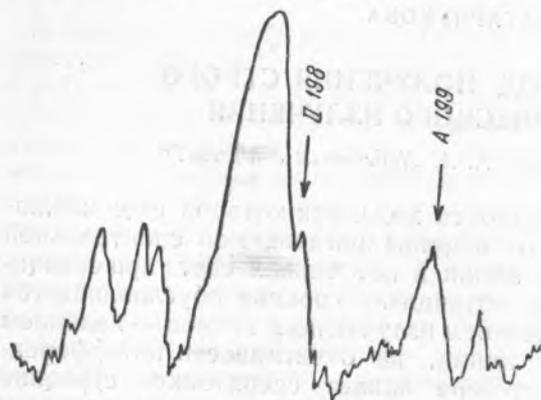


Рис. 1. Микрофотограммы интерференционной картины линии 5461Hg

температуры, для чего эталон помещался в специальный термостат. Для исследования отфильтрованного излучения световой пучок направлялся на раздвижной интерферометр Фабри и Перо и интерференционная картина фотографировалась при различных разностях хода. Был получен ряд снимков, исследование которых установило, что предел видимости интерференционной картины при применении „фильтра“ значительно увеличивается. Если без „фильтра“ отчетливая картина прекращалась при 200 мм, то с „фильтром“ интерференционные кольца были видны при 340 мм разности хода на пределе раздвижения нашего интерферометра.

Получив довольно простой метод выделения светового пучка, соответствующего одной из составляющих сверхтонкой структуры, естественно было перейти к более рациональному выбору линий, пригодных для интерференционных измерений при больших разностях хода. Линии должны быть достаточно интенсивными, иметь при комнатной температуре как можно меньшую доплеровскую ширину, т. е. излучаться более тяжелыми элементами, и, наконец, соответствовать выгодным энергетическим условиям возбуждения. Подобные линии могут оказаться за пределами видимой области спектра (3). В видимой области этим условиям удовлетворяют: зеленая линия ртути 5461 и зеленая линия Ti I 5351. Особенно подробно была исследована линия 5461 Hg. Как известно, эта линия обладает чрезвычайно сложной сверхтонкой структурой. Она имеет до 12 составляющих (4-6). Такое большое число составляющих трудно полностью разрешить просгым эталоном Фабри и Перо, как это было в случае кадмия. Поэтому пришлось для разрешения составляющих использовать более сложный прибор, представляющий видоизмененный мультиплексный интерференционный спектроскоп (7). Вместо двух кварцевых пластинок различной толщины, расположенных на большом расстоянии друг от друга, как это принято, в нашем распоряжении имелся интерференционный эталон с кварцевым кольцом ( $d=4,575$  мм), одно из зеркал которого заменялось стеклянной плоско-параллельной пластинкой ( $d=4,16$  мм) с параллельностью до  $0,005 \lambda$  и качеством плоскости того же порядка, посеребренной с обеих сторон методом катодного распыления ( $R=93\%$ , пропускание  $\sim 5\%$ ). Толщина кольца и стеклянной пластинки подобраны

согласно обычному соотношению толщин кварцевых пластин для мультиплексного интерференционного спектрографа (8). Оптическая схема опыта была той же, что и в случае кадмия, только роль пластинки „фильтра“ в этом случае играл мультиплексный интерференционный спектрограф. Для исследования распределения составляющих в зеленой линии Hg в интерференционной картине мультиплексного интерференционного спектрографа была снята микрофотограмма этой картины, приведенная на рис. 1. Из микрофотограммы видно, что не все составляющие центральной группы, благодаря значительной ширине линии в ртутной дуге, разрешаются полностью. Поэтому выделение центрального максимума не представляет интереса и вместо основной линии выгоднее пользоваться любой из интенсивных, полностью разрешенных составляющих.

В частности, были исследованы составляющие ( $-60 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$  и  $-320 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ ), обладающие в дуге достаточной интенсивностью и отмеченные на рисунке стрелкой. Согласно Бюргеру и Ван-Ситтергу (9), эти составляющие отвечают изотопу 198 и составляющей изотопа 199 (5). Для того чтобы выделить требуемую составляющую, необходимо поддерживать определенную температуру „фильтра“ с точностью, не превышающей  $0,2-0,3^\circ \text{ C}$ , что осуществлялось применением весьма примитивного термостата.

Для сравнения отфильтрованного излучения с обычным ртутным излучением были сделаны фотографии интерференционных картин при различных разностях хода для обеих выделенных составляющих с разделенным полем. Разделение поля зрения достигалось посредством включения в схему бипризмы Френеля так, чтобы половина поля зрения освещалась светом непосредственно от ртутной дуги, а вторая половина освещалась светом, пропущенным через „фильтр“. В качестве примера одна из таких фотографий при разности хода в 10 мм для составляющей  $-60 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$  приведена на рис. 2. Фотографии с разделенным полем и микрофотограммами с них показывают, что из чрезвычайно сложной линии получается простая линия, не обнаруживающая сверхтонкой структуры ни при одной из разностей хода, даже при чрезмерных экспозициях (порядка нескольких минут). Для контроля качества полученного монохроматического излучения были сделаны фотографии интерференционных колец при разностях хода 100, 200 и 300 мм, последняя из которых приведена на рис. 3. Из

Рис. 3. Интерференционные кольца равного наклона для отфильтрованных линий при разности хода в 300 мм

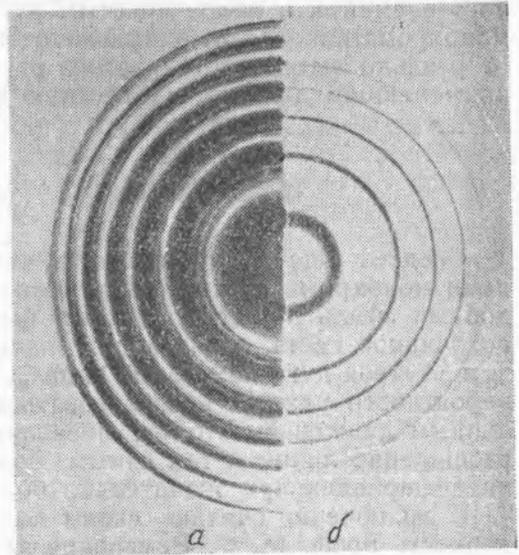


Рис. 2. Интерференционная картина с разделенным полем при разности хода в 100 мм. а — без фильтра, б — с фильтром  $\lambda - 60 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$

соотношения интенсивностей интерференционных максимумов и минимумов для разностей ходов 200 и 300 мм было подсчитано, что предел видимости интерференционной картины наступает для обеих отфиль-

трованных составляющих при около 500 мм разности хода. Интенсивность отфильтрованной линии достаточно велика для фотографирования интерференционных колец на пластинках средней чувствительности с экспозициями порядка 1—3 мин. С тем же самым „фильтром“ аналогичные спектрограммы были сняты с линией 5351 Тl I, которые также подтверждают возможность получения строго монохроматического излучения, вполне пригодного для точных интерференционных измерений. Приведенные снимки для линии 5461 Hg показывают, что с помощью „фильтра“ оказалось возможным выделять составляющие сверхтонкой структуры, соответствующие отдельным изотопам данного элемента, и более простым путем получать излучение, по своей монохроматичности не уступающее излучению, полученному в 1940 г. от реально выделенного изотопа ртути Hg<sup>198</sup> Винсом и Альваресом (10), применявшим для этого известную ядерную реакцию:



Следует еще раз подчеркнуть, что интенсивность отфильтрованного нами монохроматического излучения еще настолько велика, что подобный „фильтр“ вполне может быть использован при применении источников света, обладающих значительно меньшей интенсивностью, чем ртутная дуга или лампа типа „Озира“. В частности, им по всей вероятности удастся воспользоваться при источниках света с направленным движением атомов, позволяющих уменьшить доплеровское расширение линий и тем самым получить возможность наблюдения интерференции при значительно больших разностях хода.

В заключение считаю своим долгом принести искреннюю благодарность проф. М. Ф. Романовой за предложенную тему и за постоянное руководство настоящей работой.

Всесоюзный научно-исследовательский  
институт метрологии  
им. Д. И. Менделеева

Поступило  
3 VI 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> М. Романова и А. Ферхман, ДАН, № 2 (1933). <sup>2</sup> Proc. verb. Comité Int. Poids et Mesures, 18, 59 (1937). <sup>3</sup> Л. Б. Позниовский, Природа, № 2, 27 (1945). <sup>4</sup> E. Lau, Ann. Phys., 12, 66 (1932). <sup>5</sup> H. Schüler u. I. E. Keyston, Z. f. Phys., 72, 423 (1931). <sup>6</sup> H. Schüler u. E. G. Jones, ibid., 74, 631 (1932). <sup>7</sup> E. Gehrke u. E. Lau, Phys. Z., 31, 973 (1930). <sup>8</sup> H. C. Bürger u. P. H. van Cittert, Physika, 2, 87 (1935). <sup>9</sup> H. C. Bürger u. P. H. van Cittert, ibid., 5, No. 3, 177 (1938). <sup>10</sup> I. Wiens and L. Alvarez, Phys. Rev., 58, 1005 (1940). <sup>11</sup> I. Wiens, ibid., 70 No. 12, 910 (1946).