

НОВЫЙ МЕТОД НАБЛЮДЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СВЕТА

В.Ф.Орлик

Давление света экспериментально было исследовано П.Н.Лебедевым в 1900 г. [1]. Его опыты были повторены в последние несколько лет В.Б.Брагинским с сотрудниками в Московском университете [2]. Ими же был предложен абсолютный измеритель энергии светового луча по его давлению.

Следует отметить, что в основе измерения давления как в первом, так и во втором случае лежит возбуждение свободных колебаний маятника, состоящего из очень тонкой металлической пластины, подвешенной соответствующим образом. В настоящей работе предлагается метод наблюдения давления света с помощью системы, показанной на рис. 1. Вместо одного из зеркал интерферометра Майкельсона укрепляется элемент, чувствительный к давлению света. Этот элемент состоит из слюдяной пластины (толщиной 50–100 мк) с отверстием, покрытым пленкой нитроцеллюлозы. На обе стороны пленки вакуумным напылением наносится слой (пленка) Ag толщиной 100–200 Å. Этот элемент при тол-

щине пленки нитроцеллюлозы $\sim 1000 \text{ \AA}$ чувствителен к малым давлениям, так как при хорошей юстировке интерферометра фотоприемник может зарегистрировать прогиб пленки $\sim 10^{-10} \text{ см}$. Чувствительность прибора проверялась с помощью давления струи сетевого воздуха, направленной после соответствующей редукции на элемент.

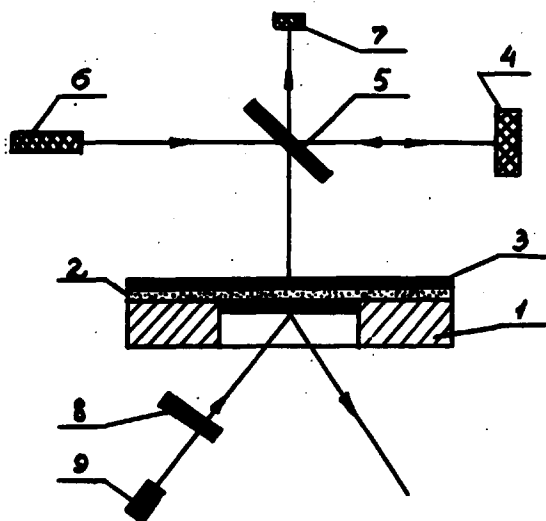


Рис. 1. Схема опыта: 1 — слюда, 2 — пленка нитроцеллюлозы, 3 — пленка серебра, 4 — зеркало, 5 — полупрозрачное зеркало, 6 — лазер, 7 — фотоприемник, 8 — механический модулятор, 9 — осветитель

Было установлено, что для прогиба пленки на величину $\lambda / 4$ (λ — длина волны света, равная $0,63 \text{ мкр}$) достаточно давление порядка 10^{-3} дин . Легко проверить, что световой луч мощностью 1 см производит давление $\sim 6 \cdot 10^{-4} \text{ дин}$, т. е. чувствительность описываемого прибора вполне достаточна для измерения давления света.

Основным вопросом при подобных измерениях является устранение мешающих эффектов. В кандидатской диссертации В.Н.Руденко (Московский университет) достаточно подробно описываются эти эффекты и методы их устранения. В основном помехи возникают из-за различной температуры поверхностей пластины, воспринимающей световой импульс. В нашем случае вследствие малой толщины пленок температура обеих сторон практически одинакова и поэтому все эти помехи должны быть значительно меньшими. Однако в данном случае имеет место тепловой эффект, связанный с различным коэффициентом теплового расширения серебра и нитроцеллюлозы. В случае, когда серебро покрывает только одну сторону пленки нитроцеллюлозы, при освещении фиксируются прогибы гораздо большие, чем они должны быть из-за давления света. Напыление серебра на обе стороны делает систему симметричной и тепловой эффект или отсутствует (в случае абсолютной симметрии) или

настолько мал, что возможно наблюдать давление света. Кроме того следует отметить, что пленка нитроцеллюлозы после покрытия слюды натягивается, что дает возможность работать со светом, модулированным с частотой несколько сот герц. На этих частотах все тепловые эффекты значительно снижаются.



Рис. 2. Частотные кривые модуляции света: 1 – модуляция при освещении снизу, 2 – модуляция при освещении сверху, 3 – электромеханическая модуляция, 4 – частотная характеристика газонаполненного болометра

На рис. 2 представлены частотные кривые 1, 2 модуляции лазерного луча света с помощью модулированного (механическим модулятором) света лампочки накаливания, освещающей чувствительный элемент. В случае кривой 1 пленка освещается снизу, в случае кривой 2 – сверху. У некоторых элементов обе кривые совпадают. Указанные кривые интерпретируются следующим образом: в случае, когда элемент не полностью симметричен (например, неодинаковые толщины пленок Ag) имеет место так же и тепловой эффект. При тепловом эффекте (было проверено) пленки прогибаются в одну сторону при любом направлении освещения. Поэтому при одном направлении освещения тепловой эффект и пондеромоторный (давление света) имеют разный знак. Если тепловой эффект при увеличении ω спадает быстрее пондеромоторного, то при некоторой ω прогиб вообще исчезает. В действительности, по-видимому, будет иметь место минимум, что и наблюдается. Кривая 3 представляет собой механическую характеристику элемента; через элемент, помещенный в магнитное поле, пропускался ток частоты ω , фотоприемник регистрировал механические колебания пленки. Сравнение кривых 1, 2, 3 показывает, что при $\omega > 200$ гц, по-видимому, колебания пленок происходят вследствие давления света. Кривая 4 является частотной характеристикой висмутового болометра, в основе работы которого лежат тепловые процессы. Поскольку конструкция этого болометра абсолютно аналогична нашему элементу, то, по-видимому,

кривая 4 описывает так же и тепловые эффекты в нашем случае. Эта кривая показывает, что тепловые процессы спадают с частотой быстрее механических.

Все выше сказанное позволяет предполагать, что при $\omega > 200$ тг описанный элемент может быть применен для наблюдения давления электромагнитного излучения.

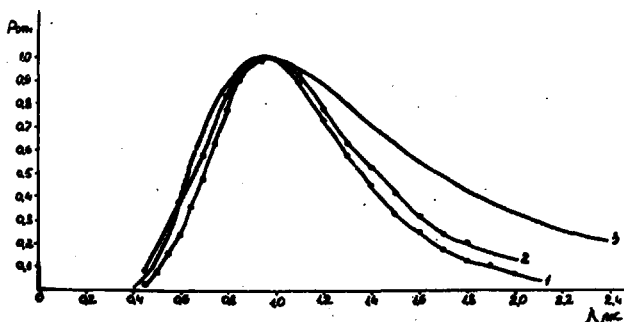


Рис. 3. Спектральные кривые давления излучения вольфрамовой лампы: 1 – экспериментальная кривая, 2 – кривая давления с учетом зависимости коэффициента отражения света от λ , 3 – теоретическая кривая

В качестве примера, показывающего новые возможности метода, на рис. 3 (кривая 1) представлена спектральная кривая давления излучения вольфрамовой лампы ($T = 3000^\circ\text{K}$), снятая описанным методом с использованием монохроматора ЗМР-3. На этом же рисунке приведена эта же кривая, рассчитанная по формуле Планка. Как видно, кривые несколько отличаются. Предварительные исследования показали, что в этой области спектра коэффициент отражения света от серебра, напыленного на пленку нитроцеллюлозы, зависит от длины волны. Кривая 2 получена из 1 с учетом этой зависимости. Отличие кривой 2 от кривой 3 в области $\lambda > 1$ мк возможно является результатом неучтенных поглощений в оптической системе.

В заключение отметим, что применение радиотехнического метода измерения колебания пленок возможно намного расширит возможности предлагаемого метода.

Автор выражает благодарность Е. Савальской за приготовление пленок и Е. Ф. Кущенко за техническую помощь.

Литература

[1] П.Н.Лебедев. Давление света. М., Госизд. 1922 г.

[2] В.Б.Брагинский, И.И.Минакова, П.М.Степунин. Приборы и техника эксперимента. №3, 183, 1965.
