

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ
СВЕРХЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ
ИСКУССТВЕННОЙ АНИЗОТРОПИИ
И ФАРАДЕЕВСКОГО ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ

*Н. М. Галактионова, А. А. Мах, О. А. Орлов,
А. П. Хюппенен*

Показано, что применение одночастотных твердотельных ОКГ, обладающих стабильной частотой и мощностью излучения позволяет осуществить измерение наведенной анизотропии величиной до $10^{-10} - 10^{-11}$ λ и оптической активности до $10^{-6} - 10^{-7}$ угловых *сек.*

Исследование кинетики излучения высокостабильных твердотельных лазеров показало [1, 2], что такие лазеры обладают высокой чувствительностью к модуляции потерь резонатора на частоте релаксационных колебаний ω_p . Коэффициент модуляции излучения m_p в этом случае может быть определен решением нестационарных скоростных уравнений, и при малых возмущениях одномодовой генерации в 4-х уровневой системе

$$m_p = \frac{\Delta \sigma \tau}{2 L_p n} \quad (1)$$

$\Delta\sigma$ — амплитуда модуляции потерь резонатора на двойной проход; c — скорость света; L_p — оптическая длина резонатора; n — превышение накачки над пороговой; τ — время жизни возбужденного уровня.

Эта особенность может быть использована, в частности, для измерения весьма малых величин искусственной анизотропии и фарадеевского вращения плоскости поляризации. С другой стороны, появляется возможность измерения оптических постоянных, характеризующих данные явления.

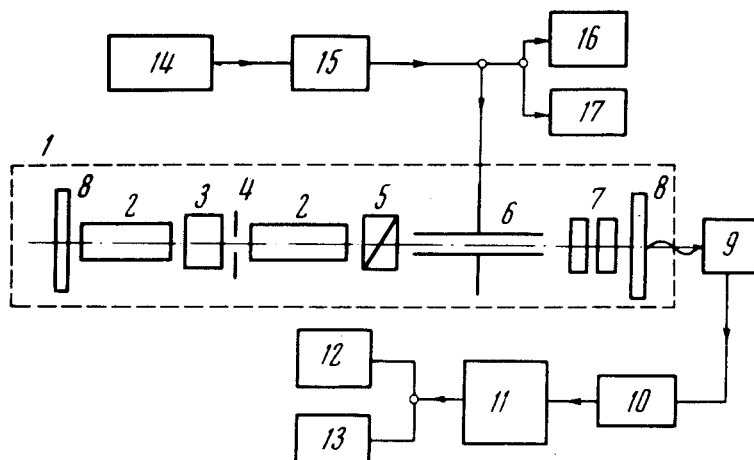


Схема экспериментальной установки для измерения анизотропии воздуха под действием электрического поля: 1 — лазер на JAG:Nd^{3+} ; 2 — активные элементы; 3 — 90° -вращатель поляризации; 4 — диафрагма; 5 — поляризатор; 6 — воздушный конденсатор; 7 — фазовая пластинка с регулируемой величиной анизотропии; 8 — зеркала резонатора; 9 — фотодиод; 10 — полосовой пропускающий фильтр; 11 — измерительный усилитель; 12, 13, 16, 17 — приборы контроля формы и уровня сигнала; 14 — звуковой генератор; 15 — усилитель мощности

Определим чувствительность лазерного поляриметра, использующего эту особенность, на примере измерения анизотропии воздуха, наведенной электрическим полем. Схема такого поляриметра представлена на рисунке. В резонатор лазера вводились поляризатор и ячейка Керра таким образом, что вектор напряженности поля в ячейке составлял угол $\pi/4$ к плоскости колебаний электрического вектора, пропускаемого поляризатором. Дополнительная разность фаз в пластинке 7 обеспечивала увеличение чувствительности схемы. Величина фазового сдвига пластинкой 7 калибровалась по величине потерь, вносимых в резонатор. К воздушному конденсатору прикладывалось переменное напряжение на частоте $\omega_p/2$, что вызывало модуляцию потерь резонатора с частотой ω_p . Амплитуда $\Delta\sigma$ в такой схеме равна

$$\Delta\sigma = 0,64\pi B d E^2 = 0,64\pi \frac{(\kappa\ell - \kappa_0) d}{\lambda}, \quad (2)$$

где d — длина воздушного конденсатора; λ — длина волны генерации; B — постоянная Керра; E — амплитуда напряженности поля в конден-

саторе; κ_e , κ_o — показатели преломления для волн поляризованных параллельно и перпендикулярно \vec{E} ; численный коэффициент определяется величиной потерь, вносимых фазовой пластинкой 7 и равный в условиях эксперимента 0,64.

Подстановкой (2) в (1) можно получить выражение для определения чувствительности способа измерений

$$\frac{\kappa_e - \kappa_o}{\lambda} d = \frac{m_p L_p n}{0,32 \pi c \tau} \quad (3)$$

Используя соответствующие численные значения величин $L_p = 72$ см; $n = 1,15$; $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек; $\tau = 2 \cdot 10^{-4}$ сек; $m_p = 10^{-3}$ — уровень шумов излучения лазера на частоте ω_p , $d = 13$ см, получаем

$$(\kappa_e - \kappa_o) d = 1,4 \cdot 10^{-8} \lambda \quad (4)$$

Применение в схеме измерений синхронного детектора позволяет увеличить чувствительность еще на два — три порядка. Таким образом, можно полагать, что при генерации одного продольного типа колебаний и стабилизации частоты излучения имеется реальная возможность измерения искусственной анизотропии величиной до $(\kappa_e - \kappa_o) d = (10^{-10} - 10^{-11}) \lambda$. Аналогичная оценка для измерения оптической активности дает чувствительность измерений угла поворота плоскости поляризации магнитным полем $\phi \sim 10^{-6} - 10^{-7}$ угловых секунд. Чувствительность же фотоэлектрических поляриметров, используемых ранее для этих целей, приблизительно на пять порядков ниже.

Чувствительность способа проверялась на установке, показанной на рисунке, путем измерения постоянной Керра B воздуха. Измеренная величина постоянной Керра при $t = 30^\circ\text{C}$ $\lambda = 1,06$ мк, $E = 4 \cdot 10^3$ в/см оказалась равной $(1,1 \pm 0,5) \cdot 10^{-11}$ ед. CGSE. Приведенное в [3] значение B для азота и $\lambda = 0,564$ мк равно $4 \cdot 10^{-11}$ ед. CGSE. Чувствительность экспериментальной установки без применения метода синхронного детектирования составила величину, соответствующую выражению (4).

Высокая чувствительность метода может обеспечить исследования таких явлений в газах, как например, обратного эффекта Зеемана в слабых линиях поглощения по фарадеевскому вращению плоскости поляризации, а также найти применение при разработке новых методов стабилизаций частоты твердотельных ОКГ.

Авторы благодарны Г.Е.Новикову и В.И.Поповой за помощь в проведении эксперимента.

Государственный
оптический институт

Поступила в редакцию
10 сентября 1973 г.

Литература

- [1] Г.Н.Винокуров, Н.М.Галактионова, В.Ф.Егорова, А.А.Мак, Б.М.Седов, Я.И.Ханин. ЖЭТФ, 60, 489, 1971.

- [2] Н.М.Галактионова, В.В.Гершун, А.А.Мак, А.П.Хюппенен. Тезисы докладов на 2-й Междунар. конф. по лазерам и их применению, г. Дрезден (ГДР), 1973.
- [3] Г.С.Ландсберг. Оптика, Гос. изд-во технико-теоретической литературы, Москва, 1940.
-