

НОВЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

© И.А.Зеленин, П.Г.Кашерининов, В.Е.Харциев

Применение лазерного излучения в науке и технике связано, как правило, с точным дозированием его энергии. В то же время сам вопрос управления энергией лазерного излучения является сложной, мало изученной проблемой, решается в настоящее время путем регулирования интенсивности излучения и времени экспозиции и встречает большие трудности при управлении излучением с неизвестной или изменяющейся во времени интенсивностью. В работе рассматривается способ управления энергией лазерного излучения, основанный на анализе прошедшей через устройство энергии излучения, независимо от ее интенсивности и формы светового импульса. Предлагаемый способ обеспечивает:

а) получение заданной энергии излучения на выходе устройства независимо от энергии и интенсивности излучения на входе,

б) управляемую нелинейную зависимость между энергией излучения на входе и выходе устройства.

Предлагаемый способ осуществляется пропусканием управляемого излучения через нелинейную оптическую среду на фоторефрактивном кристалле, в которой оно испытывает частичное фотоактивное поглощение. Поглощенная часть энергии излучения преобразуется в этой среде в электрический заряд, который, накапливаясь в оптической среде, изменяет ее электрооптические характеристики.

Нелинейная среда представляет собой двуслойную структуру: электрооптический–неэлектрооптический слой с непроходимой для носителей тока границей раздела между слоями, размещенной между скрещенными поляризаторами (структуры типа диэлектрик–полупроводник) (МДП), фотоприемник–жидкий кристалл (ФП–ЖК). К структуре прикладывается постоянное напряжение ($V = V_0$), сосредоточенное в отсутствие освещения в электрооптическом слое. Лазерное излучение пропускается через структуру параллельно направлению электрического поля (продольный эффект Поккельса). Электрический заряд, созданный поглощенной частью энергии излучения в электрооптическом слое, собирается в структуре на границе раздела сло-

ев, вытесняя электрическое поле из электрооптического слоя в неэлектрооптический [1]. Когда падение напряжения на электрооптическом слое становится равным нулю ($V_\theta = 0$), непоглощенная часть светового потока перестает проходить через устройство, так как задерживается выходным поляризатором. Если энергия излучения на входе устройства (H) превышает некоторое критическое значение (h_{cr} , $H > H_{cr}$), вызывающее изменение падения напряжения на электрооптическом слое структуры до нуля, то через устройство проходит энергия излучения ($W = W_0$), определяемая только величиной приложенного напряжения (V_0) и не зависящая от энергии излучения на входе (H) и его интенсивности (I_{00}).

Если энергия излучения на входе устройства меньше этого критического значения ($H < H_{cr}$), то энергия излучения на входе (W_t) будет нелинейной функцией энергии излучения на входе $W_t = f(H_t)$, зависящей от величины приложенного напряжения (V_0).

Аналитические выражения для передаточной характеристики такого устройства ($W_t = f(H_t)$) и величины W_0 получены на основании изучения временной зависимости интенсивности излучения на выходе устройства $I(t)$. Зависимость $I(t)$ исследовалась в МДП-структуре ($\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ -слюда) при облучении устройства стационарным излучением ($\lambda = 0.63$ мкм) различной интенсивности (I_{00}) при различном приложенном к структуре напряжении. Показано, что такая зависимость хорошо аппроксимируется выражением

$$qI(t) = I_0(V_0) \exp(-kt), \quad (1)$$

причем $\frac{I_0}{k} = \text{const}$ при всех интенсивностях световых потоков на входе (I_{00}) при $V_0 = \text{const}$. Энергия излучения, прошедшая через устройство в случае $h > H_{cr}(W_0)$ описывается выражением

$$W_0 = \int_0^{\infty} I(t) dt = I_0 \int_0^{\infty} \exp(-kt) dt = \frac{I_0}{k} \quad (2)$$

и также является величиной постоянной, не зависящей от интенсивности излучения (при фиксированном напряжении (V_0)).

Зависимость $W_0(V_0)$ для световых потоков различной интенсивности описывается соотношением $W_0 = a \cdot V_0^n$ ($n = 2.5-2.7$) (рис. 1, в). В режиме ($H > H_{cr}$) с помощью такого устройства можно осуществлять стабилизацию энергии световых потоков на выходе (W_0) при ее изменении на входе, создавать управляемые дозные фотозатворы.

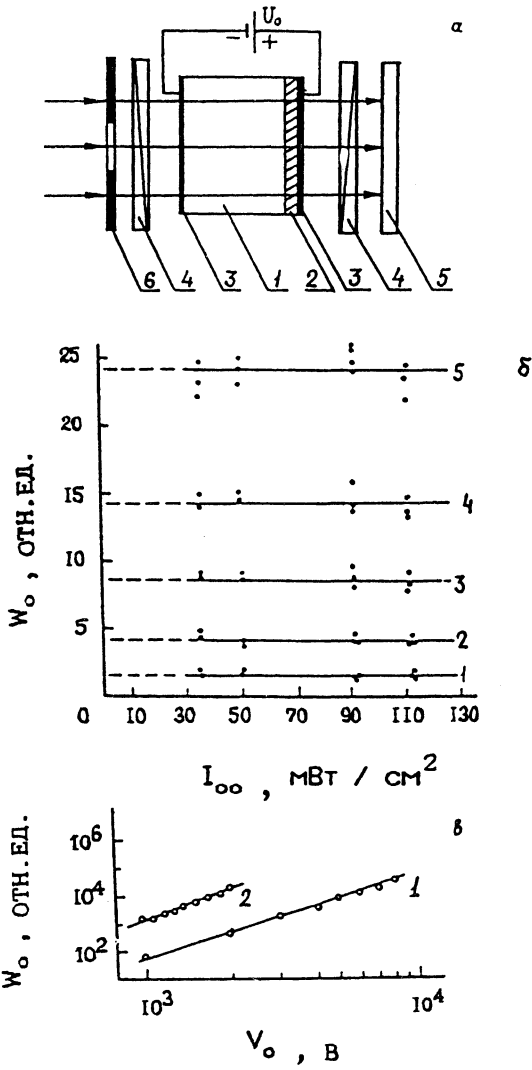


Рис. 1. Управление энергией лазерного излучения устройством в режиме ($H > H_{cr}$): а — принципиальная схема устройства: 1 — фоторефрактивный кристалл, 2 — слой диэлектрика, 3 — прозрачные металлические электроды, 4 — поляризаторы, 5 — регистрирующая среда, 6 — фотозатвор; б — зависимость энергии прошедшего через устройство лазерного излучения (W_0) от интенсивности стационарного излучения на входе (I_{00}) при величине приложенного напряжения V_0 (кВ): 1 — 3, 2 — 4, 3 — 5, 4 — 6, 5 — 7; в — зависимость $W_0(V_0)$ для лазерного излучения с длиной волны λ (мкм): 1 — 0.63, 2 — 0.488.

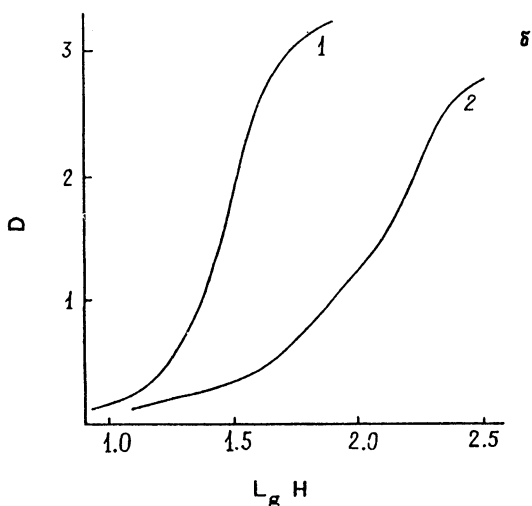
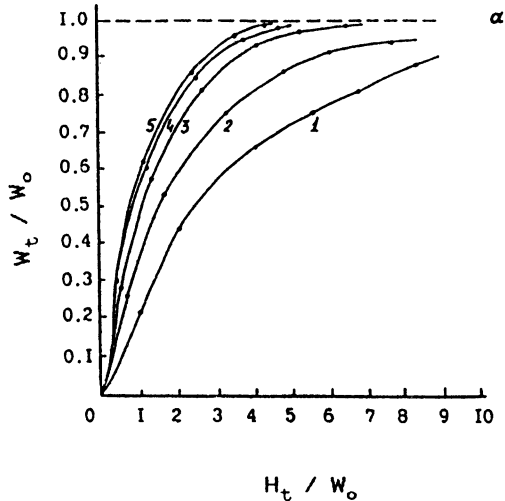


Рис. 2. Передаточная характеристика устройства в режиме ($H < H_{cr}$): а — расчетная в соответствии с выражением (3) для V_0 (кВ): 1 — 4, 2 — 5, 3 — 6, 4 — 7, 5 — 8 ($V_{\lambda/2} = 9$ кВ); б — диапазон регистрируемой энергии падающего излучения на фотопленке ("МИКРАТ-300"), размещенной на выходе устройства при приложенном напряжении V_0 (кВ): 1 — 0, 2 — 6.

Передаточная характеристика устройства $W_t(H_t)$ в случае ($H < H_{cr}$) имеет вид (рис. 2, а):

$$\frac{W_t}{W_0} = 1 - \exp \left[-\frac{H_t}{W_0} \sin^2 \left(\frac{\pi}{2} \frac{V_0}{V_{\lambda/2}} \right) \right]. \quad (3)$$

Как видно из этого выражения (рис. 2, а), диапазон изменения энергии светового потока на входе устройства шире диапазона изменения энергии на его выходе. Экспериментально исследована возможность использования такого устройства в этом режиме ($H < H_{cr}$) для выравнивания оптического контраста изображения и расширения динамического диапазона регистрирующей среды с целью увеличения объема передаваемой оптическим путем информации. Для этого на регистрирующую среду с оптической шириной (L) (фотопленка "МИКРАТ-300") через устройство проецировалось изображение ступенчатого денситометрического клина, в котором разность оптических плотностей наиболее и наименее плотных ступеней (ΔD) $\Delta D = D_{max} - D_{min}$ значительно превышала фотографическую широту регистрирующей среды (L) ($\Delta D \gg L$). Анализировалась информативность изображения клина на этой регистрирующей среде при передаче его изображения на эту среду через устройство во включенном ($V_0 = 6$ кВ) и выключенном ($V_0 = 0$) состоянии.

На рис. 2, б по оси абсцисс отложены оптические плотности ступеней денситометрического клина, характеризующие логарифмы энергии светового потока, падающего на вход устройства ($\lg H$). По оси ординат отложены экспериментально измеренные на денситометре плотности почернения изображения соответствующих ступеней клина на фотопленке (D). Зависимость плотности почернения изображения клина на регистрирующей среде (фотопленке) в зависимости от энергии падающего светового потока при фотографировании клина через устройство при $V_0 = 0$ достаточно хорошо совпадает с характеристической кривой этой фотопленки ("МИКРАТ-300") (рис. 2, б(1)) [2].

Видно (рис. 2, б(2)), что при $V_0 = 6$ кВ диапазон регистрируемой на фотопленке энергии падающего светового потока существенно расширяется, а ее коэффициент контрастности уменьшается; при этом существенно увеличивается объем передаваемой оптическим путем информации.

Таким образом, с помощью такого устройства на любой регистрирующей среде можно существенно увеличить объем регистрируемой информации.

Список литературы

- [1] Зеленин И.А., Кацавец Н.И., Кашерининов П.Г., Леонов Е.И., Ярошецкий И.Д. Дозирование энергии световых потоков неизвестной интенсивности / Препринт 1423. Физико-технический ин-т им. А.Ф.Иоффе АН СССР. СПб, 1990.
- [2] Гороховский Ю.Н., Баранова В.П. Свойства черно-белых фотографических пленок. Сенситометрический справочник. М.: Наука, 1970. С. 344.

Поступило в Редакцию
13 декабря 1995 г.
