

УСТРОЙСТВО ВВОДА ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ НЕКОГЕНТНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА В СВЕТОД ОСВЕТИТЕЛЬНОГО КАНАЛА МЕДИЦИНСКОГО ЭНДСКОПА

Кирин И.Г., д-р техн. наук, профессор
Оренбургский государственный университет

Важнейшей задачей дальнейшего совершенствования медицинских эндоскопов является уменьшение диаметров их осветительного и наблюдательного каналов [1-3]. Одним из аспектов этой проблемы связан с уменьшением диаметра осветительного канала, что в свою очередь предполагает разработку и внедрение осветительных систем медицинских эндоскопов построенных не на базе волоконных жгутов, а на базе световодов [5,6]. Соответственно возникает задача разработки таких устройств ввода излучения от некогерентных источников света в световоды которые обеспечивают на исследуемой медицинскими эндоскопами поверхности освещенности, которую создают осветительные каналы эндоскопов, построенные на базе волоконных жгутов.

Один из способов решения проблемы состоит в формировании из светового потока некогерентного источника света квазипараллельного пучка, ввод излучения этого пучка через градиентные стержневые линзы в промежуточные световоды которые далее в один [9].

На рис. 1 представлена разработанная оптическая схема такого устройства ввода излучения от некогерентного источника света в световод осветительного канала медицинского эндоскопа. Устройство рассчитано на использование галогенной лампы. Устройство содержит: 1, сферическое зеркало 2, линзу с эллипсоидальной поверхностью 3, светофильтр 4, блок градиентных стержневых линз 5, У-ветвители 6, световод 7.

В предлагаемой оптической схеме из диаграммы направленности излучения некогерентного источника света формируется квазипараллельный пучок света. С той целью предлагаемой схеме содержатся установленные на одной оптической оси и оптически связанные зеркало, источник некогерентного оптического излучения, линзу, линза имеет эллипсоидальную поверхность и установлена в боковое отверстие зеркала, выполненного в виде полого шара с внутренним зеркальным покрытием. Источник некогерентного оптического излучения расположен внутри полого шара так, что оптический центр источника некогерентного оптического излучения совпадает с центром зеркала. Далее сформированный таким образом квазипараллельный пучок света проходит через светофильтр, отсекающий ИК часть спектра, и попадает на блок градиентных стержневых линз. Далее пройдя блок стержневых линз оптическое излучения поступает в промежуточные световоды объединенные далее в один, который соединяется со световодом осветительного канала медицинского эндоскопа. В предлагаемой оптической схеме блок градиентных стержневых линз, У-ветвители и световод расположены вплотную друг за другом, а светофильтр расположен перед блоком градиентных стержневых линз.

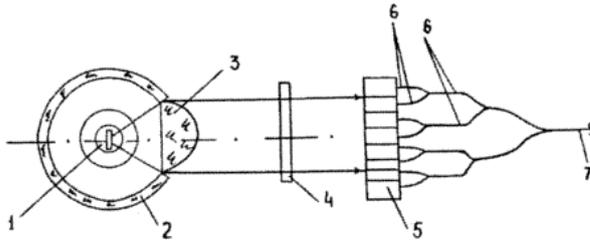


Рис.1. Оптическая схема устройства ввода излучения от некогерентного источника света в световод осветительного канала медицинского эндоскопа

1, сферическое зеркало 2, линзу с эллипсоидальной поверхностью 3, светофильтр 4, блок градиентных стержневых линз 5, Y-ветвители 6, световод 7. Стрелками показан ход световых лучей.

Коэффициент ввода излучения лампы по одному из сформированных градиентной линзой и промежуточным световодом каналу ввода некогерентного излучения в осветительный медицинский эндоскопа канал предлагаемой схемы, определяется соотношением [7,8, 11]:

$$\eta = \eta_s \cdot \eta_\kappa, \quad (1)$$

$$\eta_s = \frac{S_B}{S_{II}} \quad \text{— коэффициент ввода излучения по площади;}$$

$$\eta_\varphi = \frac{\int_0^{\Theta_{KP}} Q_v(\Theta) \sin \Theta d\Theta}{\int_0^{\pi/2} Q_v(\Theta) \sin \Theta d\Theta} \quad \text{— коэффициент ввода излучения по углу; } S_B \text{ — площадь, поперечного сечения волокна; } S_{II} \text{ — площадь излучающей площадки диода; } Q_v(\Theta) \text{ - световая энергия; } \Theta \text{ - угол.}$$

Учитывая, что в предлагаемой оптической схеме использованы фоконы, при расчете коэффициента ввода излучения по углу необходимо принимать во внимание не числовую апертуру световода, а числовую апертуру фокона. Входная и выходная апертуры фокона в соответствии с теоремой Лагранжа - Гельмгольца связаны соотношением [10-12]

$$NA_{\text{вых}} = (S_1/S_2)^{1/2} NA_{\text{вх}} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right) NA_{\text{вх}}. \quad (2)$$

При $D_1 < D_2$ апертура светового пучка на выходе фокона меньше входной. Таким образом, использование фоконов в оптической схеме позволяет расширить апертурный угол той части диаграммы направленности излучения источника света которая выделяется системой «зеркало – линза» и соответственно увеличить световой поток, поступающий в промежуточные световоды [4].

Кроме того, при расчете мощности излучения от источника света в осветительный канал медицинского эндоскопа необходимо учитывать потери энергии на поглощение в оптических элементах устройства ввода.

Таким образом, с использованием [13-15] световой лоток от лампы, поступающий по одному из каналов оптической системы может быть рассчитан по формуле

$$\Phi_{\text{ФОК}} = \frac{\Phi_{\text{л}} \pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{\omega f_1} \left(1 - \frac{l_{\text{л}}^2 - 3\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{8f_1}\right) k \frac{\pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{l_{\text{л}} d_{\text{л}} L_{1,2}^2} \tau_1 \tau_2 \times \\ \times \exp(-\alpha_1 h_1) \exp(-\alpha_B L_{1,2}) \exp(-\alpha_2 h_2);$$

(3)

где: $\Phi_{\text{ФОК}}$ и $\Phi_{\text{л}}$ - световые потоки лампы и на торце фоконя; f_1, d_1 - фокусное расстояние линзы, расположенной ближе к лампе и ее диаметр; $l_{\text{л}}, d_{\text{л}}$ - длина светящегося элемента лампы и его диаметр лампы; ω - телесный угол, под которым центр лампы виден из первой линзы; τ_1 и τ_2 - светопропускание линз; h_1 и h_2 - длина пути светового потока в линзах; α_1 и α_2 - коэффициенты поглощения стекол линз; k - коэффициент отражения сферического зеркала; α_B - коэффициент поглощения воздуха; $L_{1,2}$ - расстояние между линзами.

Поток оптического излучения Φ поступивший в световод осветительного канала медицинского эндоскопа:

$$\Phi = N \Phi_{\text{ФОК}} \quad (4)$$

где N - число стержневых линз установленных в поперечном сечении сформированного линзой и зеркалом предлагаемой оптической системы квазипараллельного пучка.

Оценки, проведенные по формуле (4) для ксеноновой лампы, показывают, что по одному из каналов оптической системы удастся ввести в световод ~85 % оптического излучения от некогерентного источника света. Таким образом, при использовании N каналов с учетом потерь при объединении промежуточных световодов в один и потерь при его сочленении со световодами волоконно-оптического канала передачи энергии можно ввести ~75% излучения лампы с учетом того что площадь поперечного сечения квазипараллельного пучка лишь частично занята площадью торцов стержневых линз.

Список литературы

1. Хацевич Т.Н. Эндоскопы : Учеб. пособие / Т.Н. Хацевич, И.О. Михайлов - Новосибирск: СГГА, 2002. -196 с.
2. Марков П.И., Кеткович А.А., Саттаров Д.С. Волоконно-оптическая интроскопия / П.И Марков, А.А Кеткович., Д.С. Сатаров - Москва: Машиностроение, Ленингр. отд., 1987. - 286 с.
3. Васильева В.И., Петровский Г.Т., Черных В.Д. Гибкие регулярные волоконные элементы для эндоскопии // Оптический журнал. - 1994. - № 12. -С. 55-57.

4. Дьяконов С.Ю., Королев А.В. Расчет оптических систем сверхтонких медицинских эндоскопов, построенных на основе градиентных элементов // Мед. техника.- 1994. - № 5. - С. 19-24.
5. Дьяконов С.Ю. Современные сверхтонкие медицинские эндоскопы на основе градиентной оптики: состояние вопроса и перспективы использования в медицинской практике // Мед. техника. 1993. № 3. С. 43-45.
6. Антонова И.В., Васин Л.Н., Клецкая М.А. и др. Особо тонкий гибкий эндоскоп для урологии // Оптический журнал. -1994. - № 12. - С. 85-87.
7. Кирин И.Г. Фотозлектронные трансформаторы / И.Г. Кирин - М.: Университетская книга. 2013. -136 с. -ISBN 978-5-98699-151-1/
8. Кирин И.Г. Устройства электропитания с использованием световодов // Электротехника . 1990. N8. С. 29-35.
9. Патент 2625633 Российской Федерации. Устройство ввода некогерентного излучения в световод / Кирин И.Г.; заявл10.03.16; опубл. 17.07.17,Бюл. N20.
10. Капани Н. Волоконная оптика / Н.Капани. - Москва: Мир, 1969.- 464 с.
11. Саттаров Д.К. Волоконная оптика / Саттаров Д.К. - Л.: Машиностроение, 1973.- 280 с.
12. Вейнберг В.Б., Саттаров Д.С. Оптика световодов / В.Б Вейнберг., Д.С. Сатаров. - Л.: Машиностроение, 1977.- 320 с.
13. Справочник конструктора оптико-механических приборов / Под ред. В.А. Панова. Л.: Машиностроение, 1980.-744 с.
14. Вычислительная оптика: Справ. / Под ред. М.М. Русинова. Л.: Машиностроение, Лен. отд., 1984. 320 с.
15. Кнорринг Г.Г. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения / Г.Г. Кнорринг.- Москв-Ленинград: Энергия, 1973.-351 с.