



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011112024/07, 30.03.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.03.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.03.2011

(45) Опубликовано: 10.02.2012 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2237931 C1, 10.10.2004. RU 2371780 C1, 27.10.2009. RU 2214058 C1, 10.10.2003. RU 2237916 C2, 16.10.2004. RU 2265969 C1, 10.12.2005. RU 2121926 C1, 20.11.1998. JP 2009170114 A, 02.06.1987. US 5428912 A, 04.07.1995. WO 9920937 A1, 29.04.1999. US 5835648 A, 10.11.1998.

Адрес для переписки:

107045, Москва, Сретенский б-р, 5, а/я 97,
Н.З. Мазур

(72) Автор(ы):

**Герасев Виктор Федорович (RU),
Семенов Александр Васильевич (RU),
Сигалаев Сергей Константинович (RU),
Алексахин Алексей Николаевич (RU),
Проценко Игорь Викторович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной
ответственностью "Новые энергетические
технологии" (RU)****(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА И ОСВЕТИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР**

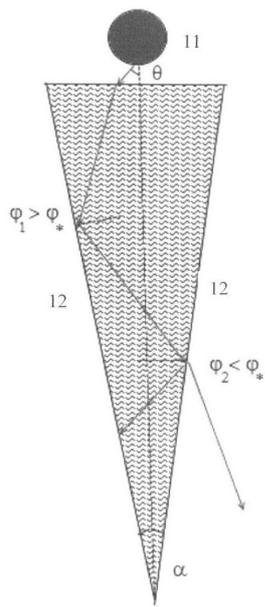
(57) Реферат:

Изобретение относится к осветительной технике. Техническим результатом является обеспечение преобразования световых пучков от источников в один или несколько выходящих световых пучков большего поперечного сечения при более равномерной яркости выходящих пучков по сечению с высоким КПД по вводу-выводу светового излучения и в заданных направлениях выходящих пучков. Этот результат достигается в способе формирования светового потока, согласно которому: изготавливают световодный элемент удлиненной формы, имеющий в, по меньшей мере, одном продольном сечении основание и две боковые стороны, сужающиеся от основания к вершине, при этом основание каждого из продольных

сечений расположено на торце световодного элемента. Подают световой поток от, по меньшей мере, одного направленного светового источника в торец световодного элемента, при этом выбирают угол между направлением светового потока от направленного светового источника и направлением удлинения световодного элемента в таком диапазоне, чтобы световой поток испытывал, по меньшей мере, одно полное внутреннее отражение от сужающихся боковых сторон в, по меньшей мере, одном продольном сечении световодного элемента и выходил через одну из этих сужающихся боковых сторон после, по меньшей мере, одного из полных внутренних отражений. 2 н. и 18 з.п. ф-лы, 11 ил.

RU 2 442 073 C1

RU 2 442 073 C1



Фиг. 1

RU 2442073 C1

RU 2442073 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011112024/07, 30.03.2011

(24) Effective date for property rights:
30.03.2011

Priority:

(22) Date of filing: 30.03.2011

(45) Date of publication: 10.02.2012 Bull. 4

Mail address:

107045, Moskva, Sretenskij b-r, 5, a/ja 97, N.Z.
Mazur

(72) Inventor(s):

Gerasev Viktor Fedorovich (RU),
Semenenko Aleksandr Vasil'evich (RU),
Sigalaev Sergej Konstantinovich (RU),
Aleksakhin Aleksej Nikolaevich (RU),
Protsenko Igor' Viktorovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
"Novye ehnergeticheskie tekhnologii" (RU)(54) **METHOD FOR FORMING LIGHT FLUX AND ILLUMINATION DEVICE**

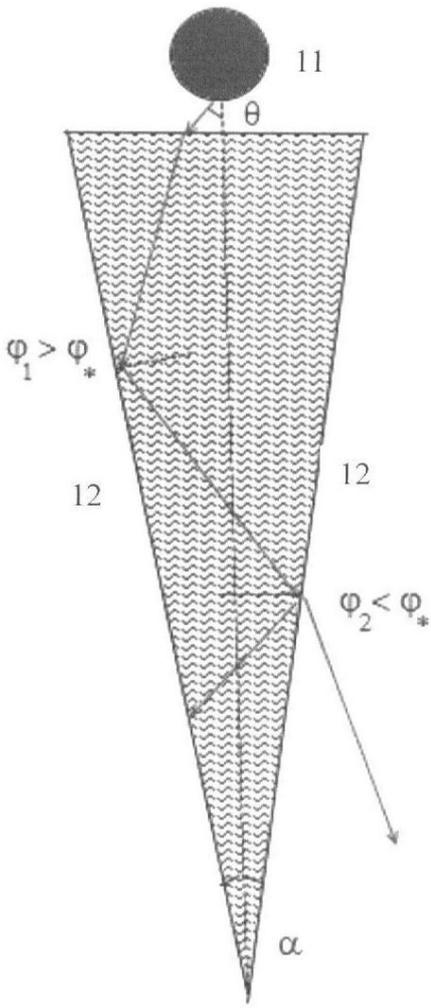
(57) Abstract:

FIELD: lighting technology.

SUBSTANCE: according to the method, an elongated light guide is used, which has in at least one axial section a base and two lateral sides tapering from the base to the top, furthermore, the base of each axial section is positioned on the end face of the light guide. The light flux is sent from at least one directional light source to the end face of the light guide, and the angle between the light flux going from the source and the light guide's elongation is taken from such a range where the light flux undergoes a total internal reflection from the tapering sides at least once in at least one axial section of the light guide, and the light flux must come out of one of the tapering sides after at least one total internal reflection.

EFFECT: transforming light fluxes into one or many light fluxes of greater cross section; more even brightness; high efficiency light input-output.

20 cl, 11 dwg



Фиг. 1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к осветительной технике, в частности к способу формирования светового потока и осветительному прибору, которые позволяют получить экономичные, комфортные для восприятия глазом, однородные световые потоки при использовании светодиодных источников света для освещения жилых, технологических и технических помещений.

Уровень техники

В настоящее время известны световые приборы, в которых используются светодиодные источники света, в которых для обеспечения более равномерного светового потока применяется диффузионное рассеяние света. См., к примеру, патенты РФ на полезную модель №95886 (опубл. 10.07.2010) и №93929 (опубл. 10.05.2010), а также заявку на патент США №2011/0042700 (опубл. 24.02.2011).

Недостаток таких технических решений состоит в наличии рассеивающих частиц в материале световодного элемента, пропускающего свет от светодиодов.

Известна также фокусировка светового потока различными линзами, как, например, в патенте РФ на полезную модель №95181 (опубл. 10.06.2010). Однако такая фокусировка, хотя при ней не используются светорассеивающие частицы в материале световодного элемента, не в состоянии обеспечить равномерное освещение вследствие присущих любым линзам искажений (аббераций).

Раскрытие изобретения

Таким образом, цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы обеспечить:

- преобразование световых пучков от источников в один или несколько выходящих световых пучков большего поперечного сечения;
- более равномерную яркость выходящих пучков по сечению;
- высокий КПД по вводу-выводу светового излучения; и
- заданное направление (направления) выходящих пучков.

Для достижения указанной выше цели в первом объекте настоящего изобретения предложен способ формирования светового потока, заключающийся в том, что: изготавливают световодный элемент удлиненной формы, имеющий в по меньшей мере одном продольном сечении основание и две боковые стороны, сужающиеся от основания к вершине, при этом основание каждого из продольных сечений расположено на торце световодного элемента; подают световой поток от по меньшей мере одного направленного светового источника в торец световодного элемента; при этом выбирают угол между направлением светового потока от направленного светового источника и направлением удлинения световодного элемента в таком диапазоне, чтобы световой поток испытывал по меньшей мере одно полное внутреннее отражение от сужающихся боковых сторон в по меньшей мере одном продольном сечении световодного элемента и выходил через одну из этих сужающихся боковых сторон после по меньшей мере одного из полных внутренних отражений.

Особенность способа по настоящему изобретению состоит в том, что коэффициент преломления материала световодного элемента, а также пределы углов между сужающимися боковыми сторонами в тех из продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока, и диапазон углов, под которыми световой поток входит в световодный элемент, могут выбирать так, чтобы световой поток выходил через одну и ту же из сужающихся боковых сторон.

Еще одна особенность способа по настоящему изобретению состоит в том, что световодный элемент могут выполнять изогнутым так, что в по меньшей мере одном

из продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется плавно сужающаяся фигура с выпуклостью в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

5 При этом световодный элемент могут выполнять в виде плавно изогнутой пластины, полученной параллельным переносом плавно сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, и размещают на торце световодного элемента множество направленных световых источников. Либо световодный элемент могут выполнять в виде тела вращения, полученного вращением 10 плавно сужающейся фигуры вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца, и размещают на торце световодного элемента множество направленных световых источников.

15 Еще одна особенность способа по настоящему изобретению состоит в том, что световодный элемент могут выполнять изогнутым так, что в по меньшей мере одном из продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется многосторонняя сужающаяся фигура, ограниченная ломаными линиями, имеющими выпуклость в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

20 При этом световодный элемент могут выполнять в виде изогнутой с изломами пластины, полученной параллельным переносом многосторонней сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, и размещают на торце световодного элемента множество направленных световых источников. Либо световодный элемент могут выполнять в виде тела вращения, полученного вращением 25 многосторонней сужающейся фигуры вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца, и размещают на торце световодного элемента множество направленных световых источников.

30 Еще одна особенность способа по настоящему изобретению состоит в том, что направленные световые источники могут размещать на торце световодного элемента равномерно.

Наконец, еще одна особенность способа по настоящему изобретению состоит в том, что в качестве по меньшей мере одного направленного светового источника могут использовать светодиод.

35 Для достижения той же цели во втором объекте настоящего изобретения предложен осветительный прибор, содержащий световодный элемент, изготовленный удлиненной формы и имеющий в по меньшей мере одном продольном сечении основание и две боковые стороны, сужающиеся от основания к вершине, при этом основание каждого 40 из продольных сечений расположено на торце световодного элемента, и направленный световой источник, расположенный на торце световодного элемента для направления светового потока в этот торец, при этом угол между направлением светового потока от направленного светового источника и направлением удлинения световодного элемента выбран в таком диапазоне, чтобы световой поток испытывал 45 по меньшей мере одно полное внутреннее отражение от упомянутых сужающихся боковых сторон в по меньшей мере одном продольном сечении световодного элемента и выходил через одну из этих сужающихся боковых сторон после по меньшей мере одного из полных внутренних отражений.

50 Особенность осветительного прибора по настоящему изобретению состоит в том, что коэффициент преломления материала световодного элемента, а также пределы углов между сужающимися боковыми сторонами в тех из продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока, и диапазон углов, под

которыми световой поток входит в световодный элемент, могут быть выбраны так, чтобы световой поток выходил через одну и ту же из сужающихся боковых сторон.

Еще одна особенность осветительного прибора по настоящему изобретению состоит в том, что световодный элемент может быть выполнен изогнутым так, что в по меньшей мере одном из продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется плавно сужающаяся фигура с выпуклостью в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

При этом световодный элемент может быть выполнен в виде плавно изогнутой пластины, полученной параллельным переносом плавно сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, а на торце световодного элемента может быть размещено множество направленных световых источников. Либо световодный элемент может быть выполнен в виде тела вращения, полученного вращением плавно сужающейся фигуры вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца, а на торце световодного элемента может быть размещено множество направленных световых источников.

Еще одна особенность осветительного прибора по настоящему изобретению состоит в том, что световодный элемент может быть выполнен изогнутым так, что в по меньшей мере одном из продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется многосторонняя сужающаяся фигура, ограниченная ломаными линиями, имеющими выпуклость в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

При этом световодный элемент может быть выполнен в виде изогнутой с изломами пластины, полученной параллельным переносом многосторонней сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, а на торце световодного элемента могут быть размещены множество направленных световых источников. Либо световодный элемент может быть выполнен в виде тела вращения, полученного вращением многосторонней сужающейся фигуры вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца, а на торце световодного элемента может быть размещено множество направленных световых источников.

Еще одна особенность осветительного прибора по настоящему изобретению состоит в том, что направленные световые источники могут быть размещены на торце световодного элемента равномерно.

Наконец, еще одна особенность осветительного прибора по настоящему изобретению состоит в том, что в качестве по меньшей мере одного направленного светового источника может быть использован светодиод.

Краткое описание чертежей

Изобретение иллюстрируется сопровождающими чертежами.

Фиг.1 представляет вид в поперечном сечении световодного элемента в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг.2 показывает схему распространения лучей в эллипсе с отношением длин полуосей $a/b=2$.

Фиг.3 иллюстрирует исходное распределение светового потока от точечного источника.

Фиг.4 показывает долю η излучения, выходящего наружу из эллипса в зависимости от угла φ наклона пучка света относительно оси, соединяющей фокусы эллипса; указаны точки 1-4, соответствующие углам наклона, при которых наружу

выходит 15% полной мощности источника.

Фиг.5 демонстрирует участки A_1B_1 и A_2B_2 поверхности эллиптической линзы из стекла, через которые наружу выходит 0,15 мощности источника в фокусе 1.

Фиг.6 представляет схему построения участка A_2B_2 нижней (нерабочей) поверхности световодного элемента с полным внутренним отражением; фокусы 1 большого и малого эллипсов совпадают.

Фиг.7 показывает углы падения лучей пучка на поверхность A_2B_2 по Фиг.6.

Фиг.8 иллюстрирует угловые функции распределения светового пучка в световодном элементе по Фиг.6.

Фиг.9 дает условный вид световодного элемента с фиксированной мощностью (15% от общей), выходящей при каждом отражении светового пучка от верхней (рабочей) поверхности, при не выходе излучения через нижнюю поверхность (угловые соотношения сохранены точно) согласно настоящему изобретению.

Фиг.10 показывает исходную (0) и угловые функции распределения после каждого отражения 1-11 в световодном элементе по Фиг.9.

Фиг.11 демонстрирует световодный элемент согласно возможному варианту осуществления настоящего изобретения.

Подробное описание вариантов осуществления изобретения

Осветительный прибор согласно настоящему изобретению содержит световодный элемент и по меньшей мере один направленный световой источник. Для начала рассмотрим световодный элемент с сужающимися от основания боковыми сторонами (11) в поперечном сечении, которое условно показано на Фиг.1. Это может быть клиновидный либо конусовидный световодный элемент, то есть изготовленный удлиненной формы и имеющий в по меньшей мере одном продольном сечении основание и две боковые стороны, сужающиеся от основания к вершине, при этом основание каждого из упомянутых продольных сечений расположено на торце световодного элемента.

В световодном элементе с поперечным сечением по Фиг.1 луч от светового источника (12), расположенный на торце световодного элемента для направления светового потока в этот торец и имеющий угол θ относительно продольной оси световодного элемента, испытывает первое отражение под углом $\varphi_1 = \pi/2 - \theta - \alpha/2$, от левой рабочей поверхности световода и проходит дальше. После второго отражения (отражения от правой рабочей поверхности) $\varphi_2 = \pi/2 - \theta - 3\alpha/2$, после k -го отражения угол будет равен $\varphi_k = \pi/2 - \theta - \alpha(k-1/2)$, т.е. φ_k уменьшается с каждым отражением. Таким образом, при некотором отражении $k_*(\theta)$ (на Фиг.1 $k_*(\theta) = 2$) окажется, что

$\varphi_{k_*} < \varphi_* = \arcsin(1/n)$, где φ_* - угол полного внутреннего отражения для материала световода с показателем преломления n . При отражении k_* и последующих свет начнет выходить из световода наружу. Таким образом, на начальном этапе распространения света, при $k < k_*(\theta)$ происходит его перенос вдоль направления удлинения световода без выхода наружу, а затем при $k \geq k_*(\theta)$ - и перенос и выход излучения наружу. Лучи источника с большим углом θ относительно продольной оси световода будут выходить ближе к входному торцу световода, а лучи с меньшим θ - дальше от этого торца.

То есть угол между направлением светового потока от направленного светового источника и направлением удлинения световодного элемента выбран в таком диапазоне, чтобы световой поток испытывал по меньшей мере одно полное внутреннее отражение от упомянутых сужающихся боковых сторон в упомянутом по

меньшей мере одном продольном сечении световодного элемента и выходил через одну из этих сужающихся боковых сторон после по меньшей мере одного из упомянутых полных внутренних отражений. Таким образом, обеспечивают равномерность выхода излучения с боковых поверхностей световода.

Если теперь коэффициент преломления материала световодного элемента, а также пределы углов между сужающимися боковыми сторонами (11) в тех продольных сечениях, где происходит распространение светового потока, а также диапазон углов, под которыми световой поток входит в световодный элемент, выбрать так, чтобы световой поток выходил через одну и ту же из сужающихся боковых сторон (11), получится световодный элемент с излучением только с одной стороны. Указанный подбор коэффициента преломления и соответствующих углов представляет собой достаточно сложную задачу, которая в каждом конкретном случае решается с помощью математического моделирования.

Приведенный на Фиг.1 световодный элемент можно изогнуть так, что хотя бы в одном из продольных сечений, где происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется плавно сужающаяся фигура с выпуклостью в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

Рассмотрим теперь случай, когда изогнутые линии в продольном сечении такого световодного элемента представляют собой отрезки эллипсов. Для простоты сначала обратимся к Фиг.2, где точечный источник (12) света, дающий световой поток в пределах угла $2\theta_0$, помещен в одном из фокусов эллипса. Эллипс выполнен из материала с показателем преломления n_1 , снаружи находится материал с показателем преломления $n_2 < n_1$. Направление пучка источника (12) относительно поверхности эллипса определяется углом φ наклона правой границы пучка относительно горизонтальной оси, соединяющей фокусы эллипса.

Некоторый луч из пучка имеет угол $\varphi + \theta$ относительно горизонтальной оси.

Соответствующий этому лучу отраженный луч имеет угол $\varphi' + \theta'$, где φ' - угол наклона, относительно горизонтальной оси, крайнего в пучке слева отраженного луча, а θ' отсчитывается от этого луча. Поскольку углы φ одинаковы, угол падения выбранного луча

$$\alpha = \frac{\pi - (\varphi + \theta + \varphi' + \theta')}{2} \quad (0)$$

Чтобы определить связь между углами θ и θ' , воспользуемся уравнением эллипса в полярных координатах [1]

$$\rho = \frac{p}{1 - e \cdot \cos(\varphi + \theta)}, \quad \rho' = \frac{p}{1 - e \cdot \cos(\varphi' + \theta')} \quad (1)$$

$$e = \sqrt{1 - b^2/a^2}, \quad p = a(1 - e^2).$$

Как видно из Фиг.2, для каждого луча в пучке источника выполняется соотношение $\rho \cos(\varphi + \theta) + \rho' \cos(\varphi' + \theta') = 2ae$. Тогда, подставляя в это соотношение выражение (1), находим

$$\cos(\varphi' + \theta') = F(\varphi + \theta), \quad F(\theta) = \frac{2e - (e^2 + 1)\cos(\theta)}{1 + e^2 - 2e^3 \cos(\theta)} \quad (2)$$

где, как следует из Фиг.2,

$$\cos(\varphi') = F(\varphi + 2\theta_0).$$

Выражение (2) устанавливает связь между θ и θ' .

Для определенности предположим, что световодный элемент (и эллипс на Фиг.2) сделаны из стекла $n_1 \equiv n = 1.55$, вокруг которого находится воздух с $n_2 = 1$. Источник (12)

создает световой поток в пределах угла $2\theta_0=30^\circ$, с гауссовым угловым распределением излучаемой мощности

$$f(\theta) = F_0 \exp\left[\frac{-(\theta - \theta_0)}{2\Delta\theta^2}\right], \quad (3)$$

дисперсия $\Delta\theta=\theta_0/3=5^\circ$, $F_0 = \int_0^{2\theta_0} \exp\left[\frac{-(\theta - \theta_0)}{2\Delta\theta^2}\right] d\theta$ (см. Фиг.3).

Относительная часть мощности излучения источника (12), вышедшая в среду 2, определяется по формуле:

$$\eta(\varphi) = 1 - \int_0^{2\theta_0} R[\alpha(\theta, \varphi)] f(\theta) d\theta, \quad (4)$$

где угол падения $\alpha=\alpha(\theta, \varphi)$ определяется (0) с учетом выражения (2). Коэффициент отражения (по интенсивности) неполяризованного излучения

$$R(\theta) = \frac{1}{2} [r_0^2(\theta) + r_1^2(\theta)], \quad \theta < \theta_*, \quad (5)$$

$R(\theta)=1, \theta > \theta_*$, θ_* - угол полного внутреннего отражения, $\sin\theta_* = \frac{n_2}{n_1}$,

$$r_0(\theta) = \frac{n_2 \cos \theta - n_1 \cos \theta_2}{n_2 \cos \theta + n_1 \cos \theta_2}, \quad r_1(\theta) = \frac{n_1 \cos \theta - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta + n_2 \cos \theta_2}, \quad - \text{известные френелевские}$$

коэффициенты отражения по амплитуде поля,

$$\cos \theta_2 = \sqrt{1 - (n_1/n_2)^2 \sin^2 \theta}.$$

На Фиг.4 показана доля $\eta(\varphi)$ излучения, выходящего наружу из эллипса с аспектным отношением $a/b=2$.

Участки с $\eta(\varphi)=0$ соответствуют полному внутреннему отражению. Указаны углы наклона $\varphi_1=73.2^\circ$ и $\varphi_2=357.6^\circ$ (соответствующие точкам 1 и 2 на графике), при которых наружу выходит $\eta=0.15$ мощности источника. Точки 4 и 3 отвечают углам $2\pi - (\varphi_1+2\theta_0)=256.8^\circ$ и $4\pi - (\varphi_2+2\theta_0)=332.4^\circ$ для пучков, симметричных пучкам $\varphi_{1,2}$ относительно горизонтальной оси. Участки поверхности эллипсоида, через которые проходит 0,15 мощности источника, указаны на Фиг.5.

Следует отметить, что относительно небольшое изменение углов приводит к заметному изменению энергии, выходящей из эллипса. Например, если φ_1 уменьшить до $\varphi_1=71.8^\circ$, т.е. на 1.4° , то оказывается $\eta=0.1$, а если φ_1 увеличить до $\varphi_1=74.2^\circ$, т.е. на 1° , то $\eta=0.2$. Это связано с тем, что коэффициент отражения (5) существенно зависит от угла падения θ только для углов, близких к θ_* . Таким образом, при жестком требовании на заданную мощность (с погрешностью менее 5%) выходного излучения форма поверхности световодных элементов (а также положение источника света и угловое распределения его мощности) должны быть выдержаны и известны достаточно точно.

Световодный элемент на Фиг.6 включает в себя источник 1 и участок A_1V_1 рабочей поверхности с показанной ориентацией друг относительно друга. После отражения от участка A_1V_1 , с частичным выходом наружу, пучок сфокусируется и будет распространяться по направлению к фокусу 2 эллипса. Чтобы вновь дефокусировать пучок и направить его вдоль световодного элемента, часть его поверхности, от которой произойдет второе отражение пучка, должна быть дефокусирующей (т.е. вогнутой относительно направления распространения пучка) эллиптической линзой.

При этом углы падения лучей пучка на поверхность этой линзы должны быть больше угла полного внутреннего отражения, тогда излучение не будет выходить наружу из световодного элемента. Очевидно, что вторая поверхность в виде эллипса с тем же эксцентриситетом e , что и для первой поверхности, не подходит, т.к. углы падения лучей на нее будут такими же, как и на первую, т.е. меньше угла полного внутреннего отражения, и часть излучения выйдет из световодного элемента наружу (т.е. внутрь эллипса). Таким образом, необходимо либо изменить (увеличить) аспектное отношение для эллипса, соответствующего второй поверхности, либо повернуть этот эллипс относительно его фокуса так, чтобы при падении лучей на его поверхность все они испытывали полное внутреннее отражение. Очевидно, что если в качестве второй поверхности взять часть эллипса с длиной большей полуоси 3,3 и аспектным отношением 2,2, как Фиг.6 (аспектное отношение для большего эллипса на Фиг.6 равно 2, а длина его большей полуоси - 4), то каждый луч из пучка будет испытывать на этой поверхности полное внутреннее отражение, и свет не выйдет наружу. Действительно, определим, как видно из Фиг.6, углы φ_1' и φ_1'' согласно (2)

$$\cos(\varphi_1') = F(\varphi_1 + 2\theta_0) \text{ и } \cos(\varphi_1'') = F(\varphi_1) \quad (5a)$$

Угол падения пучка на участок A_2B_2 поверхности - один и тот же, для пучка, падающего на участок снаружи или изнутри меньшего эллипса на Фиг.6 определяется выражением, аналогичным (0), $\alpha_2(\varphi) = \frac{\pi - \{\varphi + \arccos[F(\varphi)]\}}{2}$, где φ изменяется от

φ_1' до φ_1'' . Зависимость $\alpha_2(\varphi)$, $\varphi_1' < \varphi < \varphi_1''$ показана на Фиг.7. Как видно из Фиг.7, $\alpha_2(\varphi) > \theta_*$, т.е. излучение не выходит из световодного элемента через участок A_2B_2 . При этом отметим, что минимальное аспектное отношение, при котором $\alpha_2(\varphi) > \theta_*$, равно 2,16. Для внутреннего эллипса на Фиг.6 можно взять аспектное отношение $a/b > 2,16$, можно также изменять размеры эллипса, сохраняя аспектное отношение, что поможет оптимизировать взаимное расположение участков поверхности.

Для того, чтобы при третьем отражении пучка от границ световодного элемента, т.е. от участка A_3B_3 на Фиг.6, наружу выходила бы заданная часть полной мощности излучения источника (например, те же 15%, как и при отражении от участка A_1B_1) форма поверхности участка A_3B_3 должна отличаться от формы участка поверхности большого эллипса. Но даже если, по случайному совпадению, окажется, что из участка A_3B_3 большого эллипса выходит около 15% полной мощности источника, то после третьего отражения, в этом случае, ход лучей станет трудно описывать, т.к. пучок, отражающийся от A_3B_3 , исходит из точки 2 на Фиг.6, не являющейся фокусом большого эллипса. Таким образом, форму участка поверхности A_3B_3 следует изменить так, чтобы она соответствовала некоторому эллипсу с фокусом в точке 2 (он же - фокус малого эллипса на Фиг.6). Геометрические параметры этого третьего эллипса должны обеспечивать вывод наружу заданной доли (15%) мощности света.

Также необходимо отметить, что угловое распределение мощности источника при переходе от него к участку A_3B_3 изменяется, как за счет выхода части излучения через участок A_1B_1 наружу, так и из-за фокусировки и дефокусировки пучка при отражении от поверхностей световодного элемента.

Найдем функцию распределения после первого отражения. До фокусировки $\tilde{f}_1(\theta) = R[\alpha(\theta, \varphi_1)]F(\theta)$, (6)

где $\alpha(\theta, \varphi_1)$ определяется (0) с учетом выражения (2). После фокусировки мощность в малом интервале углов

$$\tilde{f}_1(\theta)d\theta = f_1(\theta')d\theta', \quad (7)$$

где θ и θ' связаны выражением (2). Из уравнения (7) следует функция распределения после первого отражения

$$f_1(\theta') = \tilde{f}_1[\theta(\theta')] \left| \frac{d\theta(\theta')}{d\theta'} \right|. \quad (8)$$

5 Определим $\theta(\theta')$. Поскольку выражение (2) симметрично относительно $\varphi'+\theta'$ и $\varphi+\theta$, т.е. $\cos(\varphi+\theta)=F(\varphi'+\theta')$, то $\theta(\theta') = \arccos[F(\varphi_1'+\theta')] - \varphi_1$, (9)

10 θ' изменяется от 0 до $\varphi_1''-\varphi_1'$, а φ_1'' , φ_1' определяются из выражения (5a). На Фиг.8 показаны угловые функции распределения: начальная для источника - кривая 1, после первого отражения до фокусировки - кривая 2, после первого отражения и фокусировки - кривая 3, для сравнения приведена кривая 4, соответствующая фокусировке при 100% отражении.

15 Аналогичным образом определяется угловая функция распределения $f_2(\theta')$ после второго (полного внутреннего) отражения - она представлена на Фиг.8 кривой 5,

$$f_2(\theta') = \tilde{f}_1[\theta(\theta')] \left| \frac{d\theta(\theta')}{d\theta'} \right|. \quad (10)$$

При расчетах следует взять эксцентриситет малого эллипса на Фиг.6 $e = e_2 \equiv \sqrt{1 - 2 \cdot 2^{-2}} = 0.891$. Угол θ' меняется от 0 до $2\theta_2 = \varphi_2'' - \varphi_2' = 29.1^\circ$, где $\varphi_2'' = \arccos[F(\varphi_1'')]$, $\varphi_2' = \arccos[F(\varphi_1')]$, $\theta(\theta') = \arccos[F(\varphi_2'' + \theta')] - \varphi_1'$. Как видно из Фиг.6, после второго отражения произошла небольшая фокусировка пучка по сравнению с исходным пучком. Можно убедиться в том, что при выбранных элементах границ световодного элемента пучок после второго отражения содержит 85% энергии исходного пучка: $\int_0^{2\theta_2} f_2(\theta) d\theta = 0.85$.

30 Чтобы определить следующий участок поверхности световодного элемента, следует решить уравнение, аналогичное (4)

$$\eta = \int_0^{2\theta_2} \{1 - R[\alpha(\theta, \varphi_2')]\} f_2(\theta) d\theta \quad (11)$$

35 где $\alpha = \frac{\pi - (\varphi_2 + \varphi_3)}{2}$, (12)

и $\varphi_2 = \varphi_2' + \theta$, $\varphi_3 = \arccos[F(\varphi_2)]$. В качестве переменной в выражении (2) для F выберем эксцентриситет e , а длину большей полуоси третьего эллипса можно подобрать так, чтобы геометрически сопрячь третий участок поверхности световодного элемента с первым. Таким образом, требуется решить уравнение (11) $\eta(e) = 0.15$ относительно e , которое входит в выражение для φ_3 . Решение последнего уравнения дает $e = e_3 = 0.723$, что определяет аспектное отношение $\frac{a}{b} = (1 - e_3^2)^{-1/2} = 1.499$. Для третьего

45 участка поверхности световодного элемента можно выбрать эллипс с длиной большей полуоси $a = 3.911$, меньшей полуоси $b = 2.7$, причем левый фокус третьего эллипса совпадает с левым фокусом второго.

Аналогичным образом могут быть построены (различными способами) последующие элементы поверхности световодного элемента. На Фиг.9 показан, например, световодный элемент, участки поверхности которого получены путем определения эксцентриситетов соответствующих эллипсов и (или) путем наклона осей эллипсов относительно горизонтали. Такой световодный элемент выполнен так, что в его поперечном сечении образуется многосторонняя сужающаяся фигура,

ограниченная ломаными линиями, имеющими выпуклость в сторону выхода светового потока из световодного элемента. Источник излучения располагают на торце (наиболее широкой части поперечного сечения) упомянутого световодного элемента.

5 На Фиг.9 световодный элемент выполнен из семи боковых граней, которые образуют выпуклую эллипсоидальную поверхность для вывода излучения от упомянутого источника излучения, и семи боковых граней, которые образуют
10 вогнутую эллипсоидальную поверхность для отражения излучения от упомянутого источника излучения соответственно. Через участки поверхности, отмеченные на выпуклой части световодного элемента, выходит 15% полной мощности излучения, а отражения света от участков, отмеченных на вогнутой части световодного элемента, происходят без выхода излучения наружу.

15 На Фиг.10 представлены исходная и угловые функции распределения излучения после каждого отражения.

Все вышеприведенное рассмотрение было сделано для случая плоского поперечного сечения. Реальный световодный элемент может быть изготовлен по-
20 разному. К примеру, световодный элемент, имеющий в поперечном сечении сужающуюся фигуру по Фиг.1, 6 или 9, может быть выполнен в виде пластины, полученной параллельным переносом этой сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры. На торце такого световодного элемента размещают множество направленных световых источников, например светодиодов.

25 Другой пример световодного элемента показан на Фиг.11. Такой световодный элемент выполнен в виде тела вращения, полученного вращением сужающейся фигуры по Фиг.1, 6 или 9 вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца. На торце световодного элемента также размещают множество направленных световых источников, например светодиодов.

30 Также возможно выполнение световодного элемента таким образом, что в по меньшей мере одном из продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется многосторонняя сужающаяся фигура, ограниченная ломаными линиями, имеющими выпуклость в сторону выхода светового потока из световодного элемента. Причем световодный элемент может
35 быть выполнен как в виде изогнутой с изломами пластины, полученной параллельным переносом упомянутой многосторонней сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, так и в виде тела вращения, полученного вращением упомянутой многосторонней сужающейся фигуры вокруг
40 оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца.

Размещение светодиодов или иных направленных световых источников на торце любого световодного элемента по настоящему изобретению целесообразно
производить равномерно, если необходимо получить полный световой поток с
равномерно распределенной плотностью. Тогда формируемый световой поток в
45 случае выполнения световодного элемента в виде изогнутой пластины будет направлен в одну сторону, а в случае выполнения световодного элемента в виде тела вращения - во все стороны.

Понятно, что при ином выполнении световодного элемента, например в виде
50 выпуклого тела, подобного показанному на Фиг.11, но не сферической, а эллипсоидной формы в сечении, перпендикулярном вертикальной оси, - световой поток может иметь различную плотность в разных направлениях.

Настоящее изобретение может быть использовано в демонстрационных вывесках,

указателях различной информации, световых рекламах, осветительных устройствах для медицинских применений и прочих световых устройствах.

Таким образом, настоящее изобретение обеспечивает достижение поставленной цели путем преобразования световых пучков от источников в один или несколько выходящих световых пучков большего поперечного сечения, дающих более равномерную яркость выходящих пучков по сечению с высоким КПД по вводу-выводу светового излучения и в заданных направлениях выходящих пучков.

Формула изобретения

1. Способ формирования светового потока, заключающийся в том, что изготавливают световодный элемент удлиненной формы, имеющий в, по меньшей мере, одном продольном сечении основание и две боковые стороны, сужающиеся от основания к вершине, при этом основание каждого из упомянутых продольных сечений расположено на торце световодного элемента;

подают световой поток от, по меньшей мере, одного направленного светового источника в упомянутый торец световодного элемента;

при этом выбирают угол между направлением светового потока от направленного светового источника и направлением удлинения световодного элемента в таком диапазоне, чтобы световой поток испытывал, по меньшей мере, одно полное внутреннее отражение от упомянутых сужающихся боковых сторон в упомянутом, по меньшей мере, одном продольном сечении световодного элемента и выходил через одну из этих сужающихся боковых сторон после, по меньшей мере, одного из упомянутых полных внутренних отражений.

2. Способ по п.1, в котором выбирают коэффициент преломления материала световодного элемента, а также пределы углов между упомянутыми сужающимися боковыми сторонами в тех из упомянутых продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока, и упомянутый диапазон углов, под которыми световой поток входит в световодный элемент, чтобы световой поток выходил через одну и ту же из сужающихся боковых сторон.

3. Способ по п.2, в котором световодный элемент выполняют изогнутым так, что в, по меньшей мере, одном из упомянутых продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется плавно сужающаяся фигура с выпуклостью в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

4. Способ по п.3, в котором световодный элемент выполняют в виде плавно изогнутой пластины, полученной параллельным переносом упомянутой плавно сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, и размещают на торце световодного элемента множество направленных световых источников.

5. Способ по п.3, в котором световодный элемент выполняют в виде тела вращения, полученного вращением упомянутой плавно сужающейся фигуры вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца, и размещают на торце световодного элемента множество направленных световых источников.

6. Способ по п.2, в котором световодный элемент выполняют изогнутым так, что в, по меньшей мере, одном из упомянутых продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется многосторонняя сужающаяся фигура, ограниченная ломаными линиями, имеющими

выпуклость в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

7. Способ по п.6, в котором световодный элемент выполняют в виде изогнутой с изломами пластины, полученной параллельным переносом упомянутой многосторонней сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, и размещают на торце световодного элемента множество направленных световых источников.

8. Способ по п.6, в котором световодный элемент выполняют в виде тела вращения, полученного вращением упомянутой многосторонней сужающейся фигуры вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца, и размещают на торце световодного элемента множество направленных световых источников.

9. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором направленные световые источники размещают на торце световодного элемента равномерно.

10. Способ по п.9, в котором в качестве, по меньшей мере, одного направленного светового источника используют светодиод.

11. Осветительный прибор, содержащий световодный элемент, изготовленный удлиненной формы и имеющий в, по меньшей мере, одном продольном сечении основание и две боковые стороны, сужающиеся от основания к вершине, при этом основание каждого из упомянутых продольных сечений расположено на торце световодного элемента, и направленный световой источник, расположенный на торце световодного элемента для направления светового потока в этот торец, при этом угол между направлением светового потока от направленного светового источника и направлением удлинения световодного элемента выбран в таком диапазоне, чтобы световой поток испытывал, по меньшей мере, одно полное внутреннее отражение от упомянутых сужающихся боковых сторон в упомянутом, по меньшей мере, одном продольном сечении световодного элемента и выходил через одну из этих сужающихся боковых сторон после, по меньшей мере, одного из упомянутых полных внутренних отражений.

12. Прибор по п.11, в котором коэффициент преломления материала световодного элемента, а также пределы углов между упомянутыми сужающимися боковыми сторонами в тех из упомянутых продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока, и упомянутый диапазон углов, под которыми световой поток входит в световодный элемент, выбраны так, чтобы световой поток выходил через одну и ту же из сужающихся боковых сторон.

13. Прибор по п.12, в котором световодный элемент выполнен изогнутым так, что в, по меньшей мере, одном из упомянутых продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется плавно сужающаяся фигура с выпуклостью в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

14. Прибор по п.13, в котором световодный элемент выполнен в виде плавно изогнутой пластины, полученной параллельным переносом упомянутой плавно сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, а на торце световодного элемента размещено множество направленных световых источников.

15. Прибор по п.13, в котором световодный элемент выполнен в виде тела вращения, полученного вращением упомянутой плавно сужающейся фигуры вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца, а на торце световодного элемента размещено множество направленных световых

источников.

16. Прибор по п.12, в котором световодный элемент выполнен изогнутым так, что в, по меньшей мере, одном из упомянутых продольных сечений, в которых происходит распространение светового потока в световодном элементе, образуется
5 многосторонняя сужающаяся фигура, ограниченная ломаными линиями, имеющими выпуклость в сторону выхода светового потока из световодного элемента.

17. Прибор по п.16, в котором световодный элемент выполнен в виде изогнутой с изломами пластины, полученной параллельным переносом упомянутой
10 многосторонней сужающейся фигуры в направлении, перпендикулярном плоскости этой фигуры, а на торце световодного элемента размещено множество направленных световых источников.

18. Прибор по п.16, в котором световодный элемент выполнен в виде тела
15 вращения, полученного вращением упомянутой многосторонней сужающейся фигуры вокруг оси, лежащей в плоскости этой фигуры и вне этой фигуры вблизи ее острого конца, а на торце световодного элемента размещено множество направленных световых источников.

19. Прибор по любому из пп.11-18, в котором направленные световые источники
20 размещены на торце световодного элемента равномерно.

20. Прибор по п.19, в котором в качестве, по меньшей мере, одного направленного светового источника использован светодиод.

25

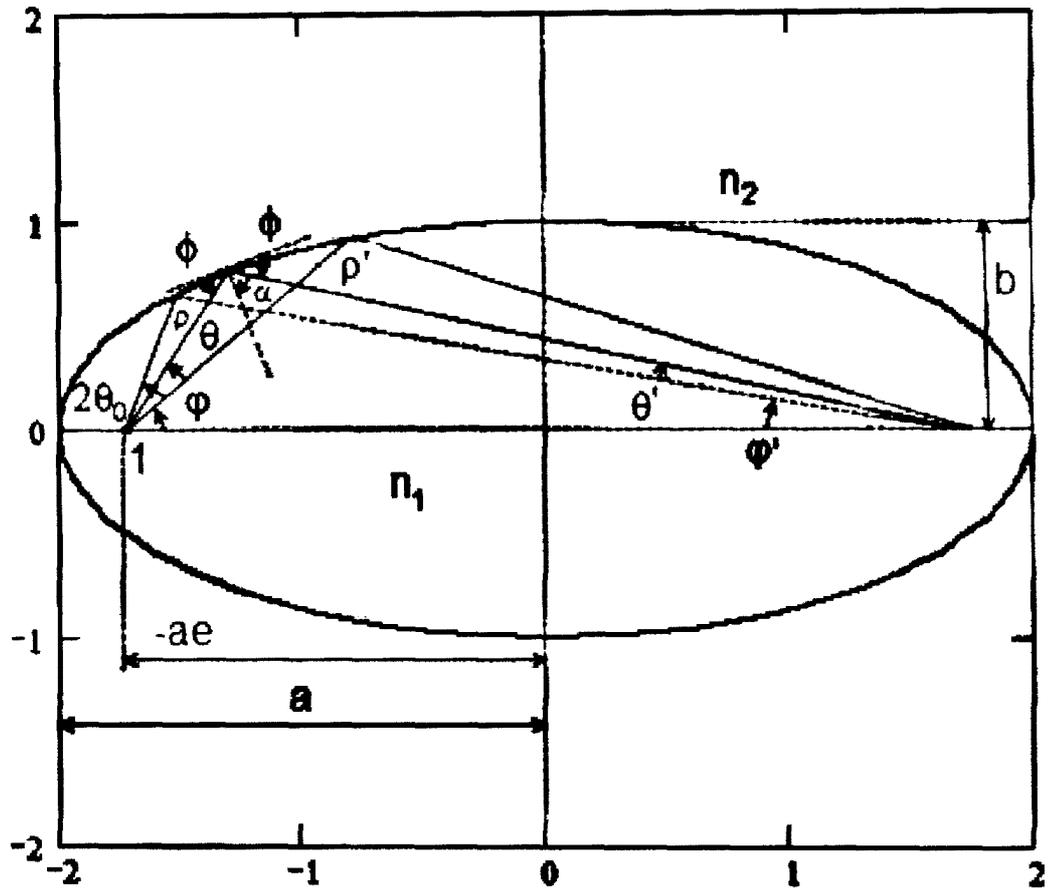
30

35

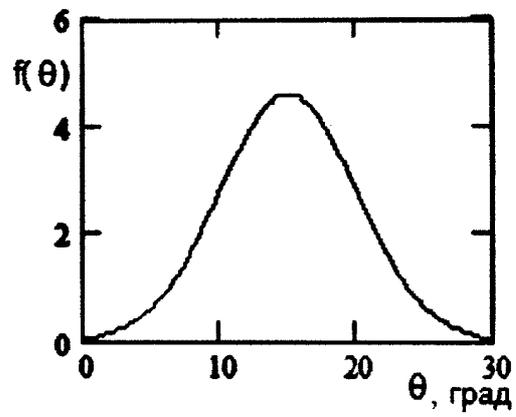
40

45

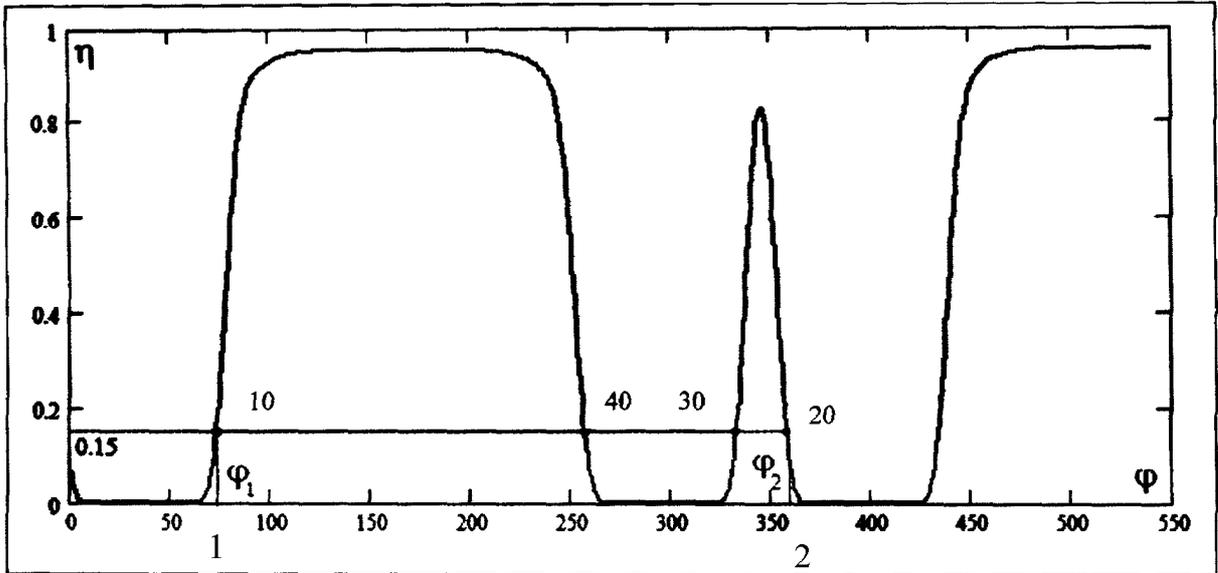
50



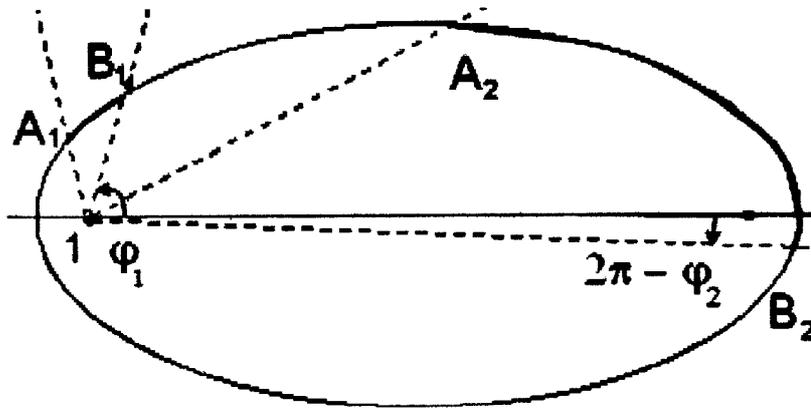
Фиг. 2



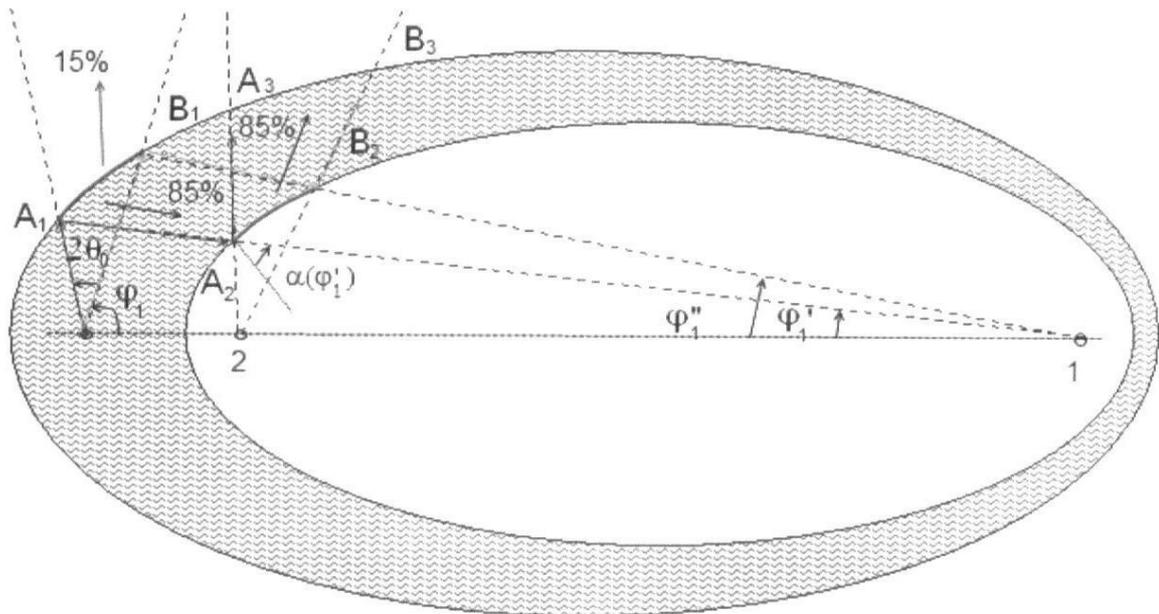
Фиг. 3



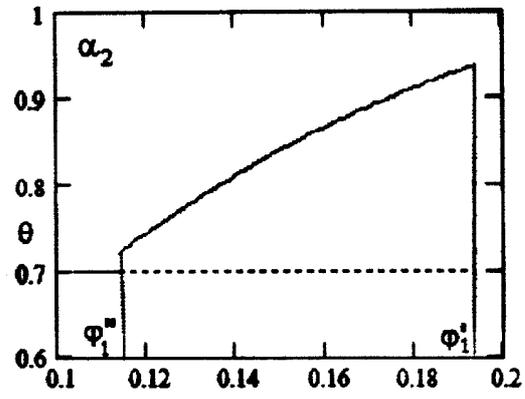
Фиг. 4



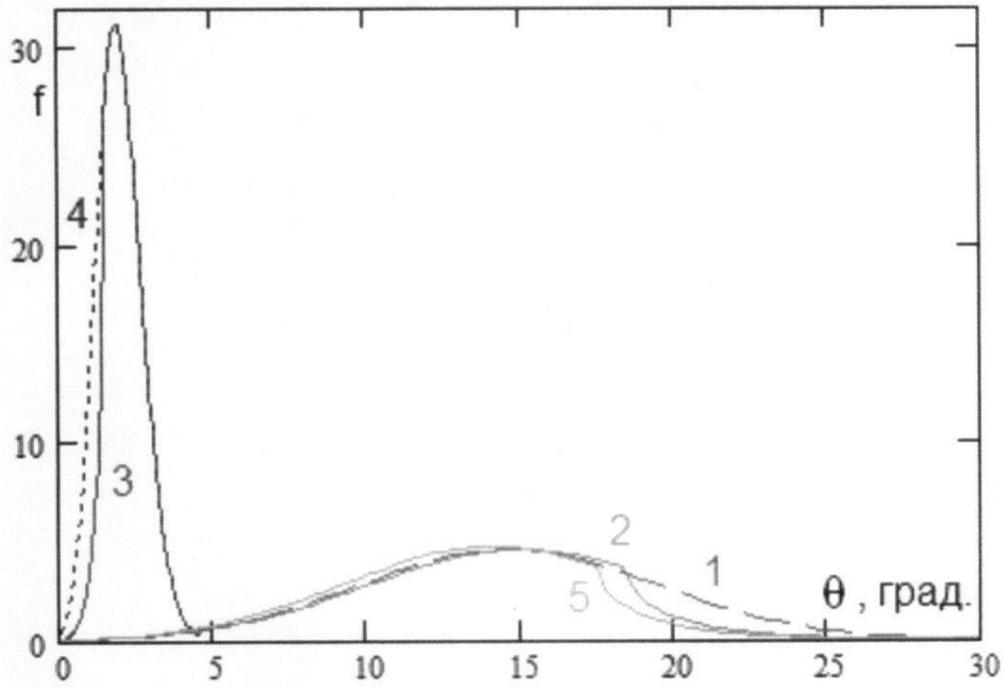
Фиг. 5



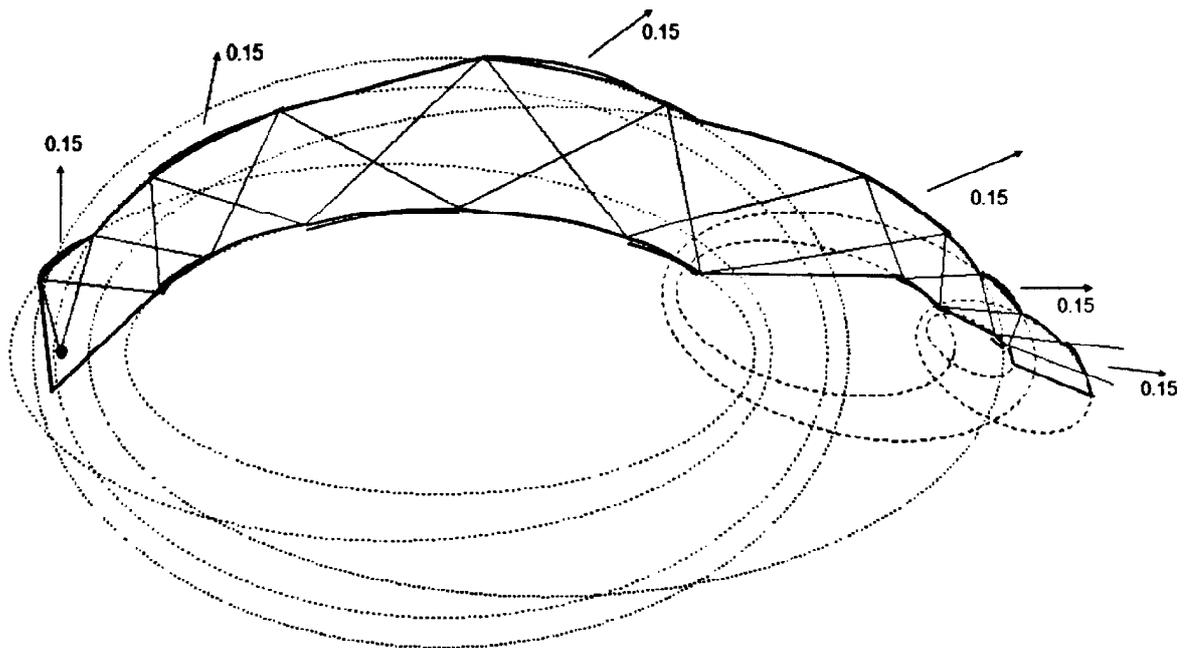
Фиг. 6



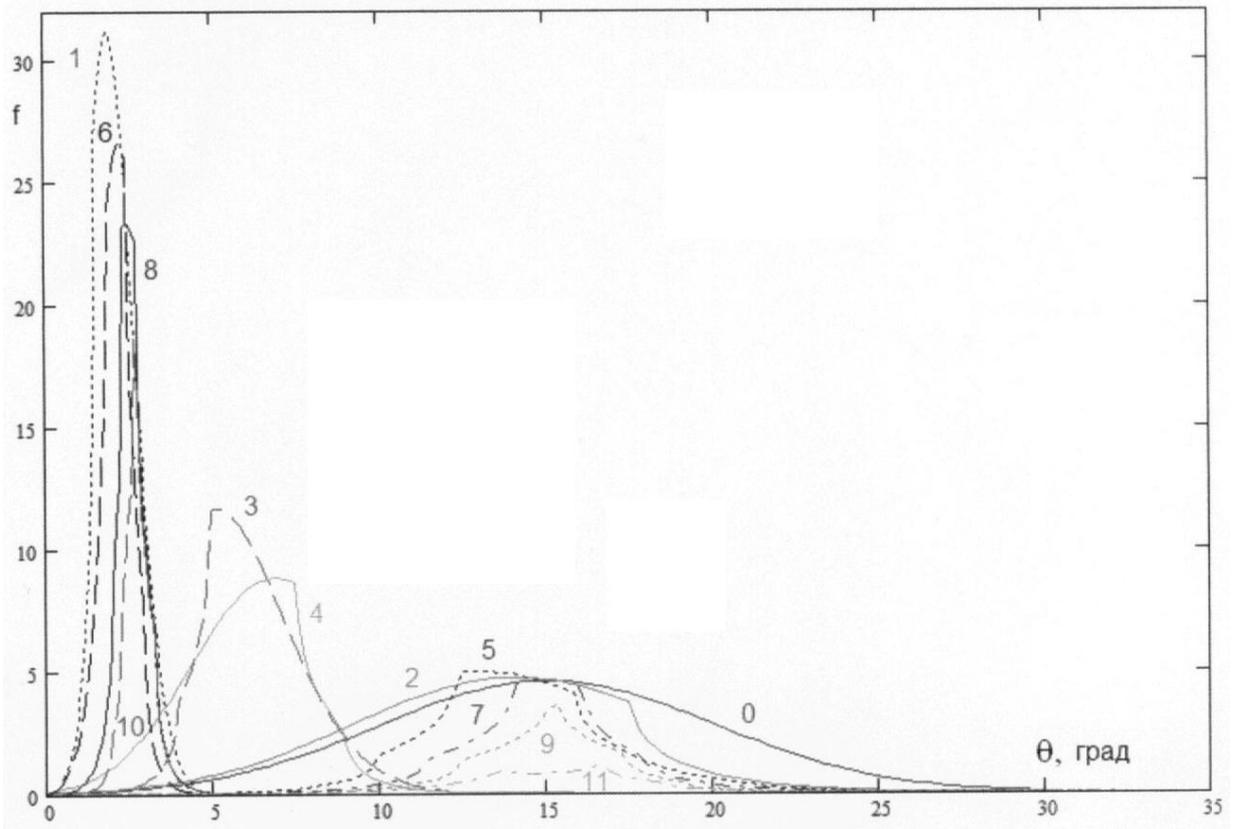
Фиг. 7



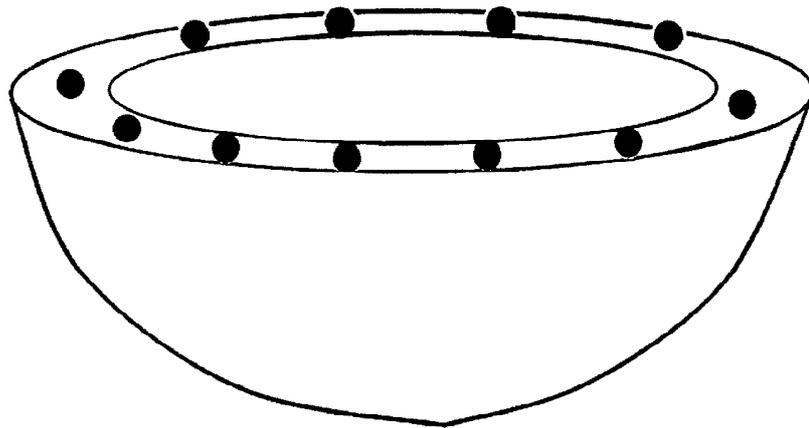
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11