



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(21)(22) Заявка: 2014111110/12, 24.03.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.03.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.03.2014

(45) Опубликовано: 20.02.2015 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 7021797 B2, 04.04.2006 . RU 2502919 C2, 27.12.2013 . SU 402718 A1, 19.10.1973. RU 2303800 C1, 27.07.2007 . US 20050286251 A1, 29.12.2005 . US 7329029 B2, 12.02.2008

Адрес для переписки:

394044, г. Воронеж, ул. Электровозная, 8, кв. 86,  
Козубов Вячеслав Николаевич

(72) Автор(ы):

Козубов Вячеслав Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

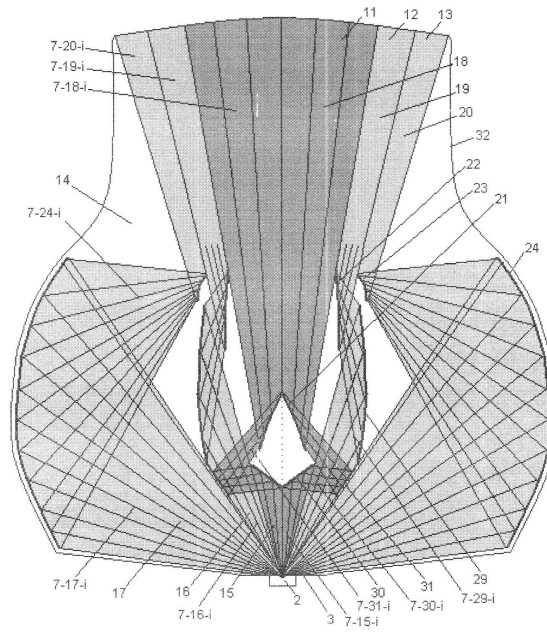
Козубов Вячеслав Николаевич (RU)

## (54) СПОСОБ УПЛОТНЕНИЯ СВЕТООВОГО ПОТОКА СВЕТОИЗЛУЧАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области светотехники и используется для формирования равномерного светового потока в заданном телесном угле для уплотнителя светового потока «точечного» источника излучения, например, светодиода. Способ характеризуется тем, что в объеме прозрачного тела уплотнителя создают световодные сектора, в каждом секторе

размещают объемные кольцевые зеркала двойного отражения светового потока, поступающего от источника излучения. Равномерное уплотнение светового потока формируют кривизной, фокусировкой и расфокусировкой зеркал. В центральном секторе используют промежуточное тонкое кольцевое зеркало. , 1 табл., 12 ил.



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F21V 14/00* (2006.01)  
*F21V 13/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

*According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.*

(21)(22) Application: **2014111110/12, 24.03.2014**  
(24) Effective date for property rights:  
**24.03.2014**  
Priority:  
(22) Date of filing: **24.03.2014**  
(45) Date of publication: **20.02.2015** Bull. № 5  
Mail address:  
**394044, g. Voronezh, ul. Ehlektrovoznaja, 8, kv. 86,**  
**Kozubov Vjacheslav Nikolaevich**

(72) Inventor(s):  
**Kozubov Vjacheslav Nikolaevich (RU)**  
(73) Proprietor(s):  
**Kozubov Vjacheslav Nikolaevich (RU)**

(54) **METHOD OF CONCENTRATING LIGHT FLUX FROM LIGHT-EMITTING ELEMENT**

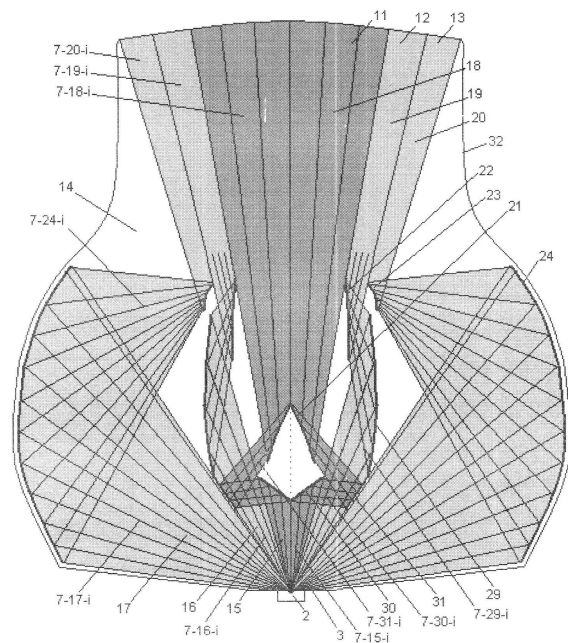
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method includes forming, within the transparent body of a concentrator, light guide sectors, placing in each sector volumetric annular mirrors for double reflection of light flux coming from the radiation source. Uniform concentration of the light flux is generated by the curvature, focusing and defocusing of the mirrors. An intermediate thin annular mirror is used in the central sector.

EFFECT: generating uniform light flux in a given solid angle for a light flux concentrator of a point radiation source.

1 tbl, 12 dwg



Фиг. 3

RU 2 541 632 C1

RU 2 541 632 C1

Изобретение относится к области светотехники и касается способов проектирования излучателей с равномерным световым потоком в заданном телесном угле. В частности, способ предназначен для промежуточной стыковки диаграммы направленности мощного светодиода с формированием шаровой диаграммы направленности этого светодиода.

Известные светодиодные формирователи и светодиодные оптические насадки не обеспечивают равномерного светового потока в заданном телесном угле.

Задачей данного изобретения является обеспечение равномерного светового потока на входе формирователя шаровой диаграммы направленности светодиода в заданном телесном угле.

Известен способ, реализованный в устройстве RU 2242778, «Устройство для сжатия-расширения оптического пучка», по которому для уплотнения светового потока используют две призмы с промежуточным зеркалом. Этот способ не позволяет сформировать расходящийся уплотненный световой поток от мощного светодиода и предполагает громоздкую конструкцию.

Известен способ, реализованный в устройстве А.С. 402718, «Оптическая система прожектора с трубчатыми лампами большой мощности», по которому для уплотнения светового потока используют систему зеркал. Этот способ предполагает громоздкую конструкцию, не предназначенную для формирования расходящегося под определенным телесным углом светового потока мощного светодиода.

Наиболее близким решением к поставленной задаче является способ, примененный в устройстве RU 2070683, «Устройство для освещения транспортного средства», по которому для уплотнения светового потока используют параболический отражатель и фокон, собирающую систему волоконно-оптических световодов. Этот способ не предназначен для формирования расходящегося под определенным телесным углом светового потока мощного светодиода, а использование волоконно-оптических световодов для светодиодов удорожают возможное решение поставленной задачи с их применением.

Предлагаемый способ позволяет преодолеть этот принципиальный недостаток.

Технический результат - уплотнение светового потока достигается тем, что для создания заданного телесного угла равномерного потока излучения от светоизлучающего элемента в объеме прозрачного тела, условно разделенном на сектора помещают объемные зеркала, преобразующие в каждом секторе неравномерный световой поток в равномерный по соответствующему закону уплотнения путем двойного отражения светового потока от светоизлучающего элемента, а в центральном секторе используют промежуточное кольцевое тонкое зеркало, помещенное по пути следования излучения светового потока. При реализации в изделиях совместно с формирователями шарообразной формы излучения для мощных светодиодов изобретение позволяет заменить лампочки накаливания лампочками с энергосберегающими светодиодами в светильниках и люстрах без изменения их конструкций.

По предлагаемому способу вначале в сечении предполагаемого прозрачного тела излучения задают количество объемных световодных секций излучения, размер входящего окна излучения и его расстояние от точечного источника излучения. В выходящем окне определяют радиусы выходящих границ секций в выходящем окне по равенству плотности светового потока секций относительно плотности светового потока в центральной секции.

В секциях прозрачного тела формируют объемные концентрические световоды, для лучей исходящие от источника излучения. В каждой секции используют двойное

зеркальное отражение лучей источника излучения. Кривизну объемных зеркал световодов для каждой секции проектируют таким образом, чтобы входящие лучи источника излучения для каждой секции, отражаясь от зеркал, равномерно уплотнялись на выходе уплотнителя в зоне каждой секции. В центральной секции применяют

5 промежуточное кольцевое тонкое зеркало, помещенное по пути следования лучей источника излучения.

В таблице 1 с градацией в  $5^\circ$  в сечении приведены данные  $h$  - величин отклонения амплитуд силы света лучей в диаграмме направленности по Ламберту и  $S_i$  - площадей между ними.

10 Способ уплотнения светового потока светоизлучающего элемента показан на чертежах, где:

на фиг.1 совмещено, в сечении показаны диаграмма направленности излучения по Ламберту, раскрыв лучей излучения уплотнителя и пристыкованный к уплотнителю шаровой формирователь диаграммы направленности излучения светодиода.

15 На фиг.2 показано нормированное распределение лучей (их фокусировка и расфокусировка) в каждом секторе излучателя на выходных зеркалах уплотнителя.

На фиг.3 показан один из вариантов построения всех зеркал уплотнителя светового потока.

20 На фиг.4 в увеличенном масштабе в третьем секторе уплотнителя показан первый пример формирования выходного зеркала.

На фиг.5 в увеличенном масштабе в третьем секторе уплотнителя показан второй пример формирования выходного зеркала.

На фиг.6 в увеличенном масштабе во втором секторе уплотнителя показан первый пример формирования двойного отражения зеркал.

25 На фиг.7 в увеличенном масштабе во втором секторе уплотнителя показан второй пример формирования двойного отражения зеркал.

На фиг.8 в увеличенном масштабе во втором секторе уплотнителя показан третий пример формирования двойного отражения зеркал.

30 На фиг.9 в увеличенном масштабе в центральном секторе уплотнителя показан первый пример формирования двойного отражения зеркал с использованием тонкого кольцевого промежуточного зеркала во втором секторе.

На фиг.10 в увеличенном масштабе в центральном секторе уплотнителя показан второй пример формирования двойного отражения зеркал с использованием тонкого кольцевого промежуточного зеркала во втором секторе.

35 На фиг.11 в увеличенном масштабе в центральном секторе уплотнителя показан третий пример формирования двойного отражения зеркал с использованием тонкого кольцевого промежуточного зеркала в третьем секторе.

На фиг.12 также в сечении показан возможный вариант лампы, «Ярилко», в сборе с уплотнителем и шарообразным формирователем 8 светового потока.

40 Способ осуществляют следующим образом. Примем допущение, что по Ламберту (фиг.1), диаграмма направленности 1 излучения от точечного источника 2, ограниченного плоскостью 3, соответствует окружности 4, касающейся этой плоскости 3. Представим, что это показанный в сечении шаровой сосуд 5 с несжимаемой жидкостью, соответствующей излучаемой энергии этого источника 2 излучения. Пусть

45 этот сосуд 5 в разрезе (фиг.1) выполнен с переборками 6, соответствующими лучам излучения 7, с градацией, допустим, с шагом по  $\alpha_i=5^\circ$ , с эффективным раскрытием излучения в  $85^\circ$  (фиг.1). Пусть под наш предполагаемый формирователь 8 шарового излучения с минимальным количеством объемных световодов 9 во входящем окне 10

требуется три concentрических выхода 11, 12, 13 уплотнителя 14 с одинаковой принимающей излучение площадью. Пусть площадь центрального выхода 11 уплотнителя 14 равна

$$S_0 = \pi \cdot r_0^2$$

Тогда площадь второго выхода 12

$$S_1 = \pi \cdot (r_1^2 - r_0^2) = \pi \cdot r_0^2$$

$$r_1^2 = 2 \cdot r_0^2$$

$$r_1 = 2^{1/2} \cdot r_0$$

Для третьего выхода 13

$$S_2 = \pi \cdot (r_2^2 - r_1^2) = \pi \cdot r_0^2$$

$$r_2^2 = 2 \cdot r_0^2 + r_0^2$$

$$r_2 = \sqrt{3} \cdot r_0$$

Относительно третьего радиуса соотношения радиусов будут

$$\rho_0 = r_0/r_2 = 0,577; \rho_1 = r_1/r_2 = 0,8165; \rho_2 = 1$$

Пусть источник 2 расположен от входящего окна 10 формователя шарового излучения 8 на расстоянии  $L$  с раскрывом входящих лучей углом  $\alpha_1$  от излучателя 2 в  $17,5^\circ$ .

С допустимой погрешностью устанавливаем, что для диаграммы направленности 1 по Ламберту по равенству светового потока для трех секций 15, 16, 17 углы раскрыва от центра излучения  $\alpha_2$  и  $\alpha_3$  соответственно равны  $16^\circ$  и  $34^\circ$ .

Лучи 7-15-й центрального сектора (фиг.1) в разрезе образуют треугольник со сторонами  $a, b, c$ . Площадь центрального сектора 15 определим по известной формуле треугольника, описанного окружностью:

$$S_{\Delta 1} = (a \cdot b \cdot c) / (4 \cdot R);$$

$$a = 2 \cdot R \cdot \sin \alpha_2; b = 2 \cdot R \cdot \cos \alpha_2; c = 2 \cdot R;$$

$$S_{\Delta 1} = 2 \cdot R^2 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \sin \alpha_2 = R^2 \cdot \sin 2\alpha_2 = \pi \cdot R^2 / 6;$$

$$\sin 2\alpha_2 = \pi / 6; 2\alpha_2 = 31,574; \alpha_2 = 15,787 \approx 16^\circ;$$

Второй сектор 16 в разрезе образует треугольник со сторонами  $a', b', c'$ .

$$a' = 2 \cdot R \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha_2; b' = 2 \cdot R \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha_2; c' = 2 \cdot R \cdot \cos \alpha_2;$$

$$S_{\Delta 2} = 2 \cdot R^2 \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta \cdot \cos^3 \alpha_2 = R^2 \cdot \sin 2\beta \cdot \cos^3 \alpha_2 = \pi \cdot R^2 / 6;$$

$$\sin 2\beta = \pi \cdot R^2 / 6 \cos^3 \alpha_2;$$

$$\cos 15,787^\circ = 0,9623; \cos^3 \alpha_2 = 0,8910; \sin 2\beta = 0,5876;$$

$$2 \cdot \beta = 35,99; \beta = 17,995 \approx 18^\circ;$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \beta = 16^\circ + 18^\circ = 34^\circ.$$

Установив выходы уплотнителя 14 по вычисленным границам на расстоянии  $L = 2 \cdot R$  от источника излучения 2, определим углы раскрыва лучей излучения для соответствующих выходов секторов 18, 19, 20 уплотнителя 14. Они распределятся для данного уплотнителя 14 для  $\Gamma_0$  сектора 18 угол  $\alpha_4 = \rho_0 \cdot \arctg \alpha_1 = 10^\circ$ , для  $r_1$  сектора 19 угол  $\alpha_5 = \rho_1 \cdot \arctg \alpha_1 = 14,4^\circ$ , для  $r_2$  сектора 19 угол  $\alpha_1 = 17,5^\circ$ .

Пусть в данном случае соотношение радиуса  $\Gamma_2$  выхода 13 и расстояния  $L = 2 \cdot R$  от

источника излучения

$$\operatorname{tg} \alpha_i = r_2 / L = 5,36 / 17 = 0,3153.$$

Тогда при сжатии нашего «Ламбертового» сосуда 5 (фиг.1) с единичной величиной радиуса  $R=1$  в шаре сосуда 5 объем «жидкости» -  $V_{\text{ламб}}$ , т.е. энергии света:

$$V_{\text{ламб}} = (4 \cdot \pi \cdot R^3) / 3.$$

Объем конуса уплотнителя 14

$$V_{\text{упл}} = (\pi \cdot r_2^2 \cdot L) / 3; r_2 = L \cdot \operatorname{tg} \alpha_1; V_{\text{упл}} = (\pi \cdot L^3 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_1) / 3;$$

$$L = (3 \cdot V_{\text{ламб}}) / (\pi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_1)^{1/3} = (4 / \operatorname{tg}^2 \alpha_1)^{1/3}; L = 3,4268,$$

т.е. сила света увеличится примерно в 3,4 раза.

Для формирования равномерного светового потока выходящих окон 11, 12, 13 каждой секции 18, 19, 20 для формирователя 8 требуется различная степень сжатия «переборок» 6 «Ламбертового» сосуда 5. А именно в сечении должны сжать для центральной секции 18 уплотнителя 14 с радиусом  $r_0$  с  $\alpha_2 = 16^\circ$  в секции 15 в

«Ламбертовом» сосуда 5 в уплотнителе 14 до  $\alpha_4 = 10^\circ$ , в 1,6 раза. Для второй секции 19 уплотнителя 14 с выходной площадью  $\pi \cdot (r_1^2 - r_0^2)$  с разности  $(\alpha_3 - \alpha_2) = 34^\circ - 16^\circ$  для секции 16 в «Ламбертовом» сосуда 5 в уплотнителе 14 в секции 19 до разности  $(\alpha_5 - \alpha_4) = 14.4^\circ - 10^\circ$ , т.е.  $18^\circ$  в  $4.4^\circ$ , примерно в 4,1 раза. И в последнем секторе 20 с выходной в уплотнителе 14 площадью  $\pi \cdot (r_2^2 - r_1^2)$  в «Ламбертовом» сосуда 5 в секции 17 с разности  $(\alpha_1 - \alpha_5) = 85^\circ - 34^\circ$  в уплотнителе 14 в секции 20 до разности  $17.5^\circ - 14.4^\circ$ , т.е.  $51^\circ$  в  $3.1^\circ$ , почти в 16 раз.

Плотность входных потоков для отражения лучей 7-й от зеркал 21, 22, 23 соответствующих секторов 18, 19, 20 уплотнителя 14, как видно из фиг.2, значительно меняется от центра к краю выходов уплотнителя 14. И внутри третьего сектора 17 плотность светового потока убывает к краю почти до нуля и необходимо принять меры для компенсации этого явления до формирования равномерной плотности светового потока по всей выходной площади третьего сектора 20. Этого можно добиться только соответствующим сжатием, т.е. грубо, соответствующей фокусировкой и расфокусировкой светового потока на выходное отражающее зеркало 23 третьего сектора 20. Для этого определим закономерности формирования светового потока с диаграммой направленности по Ламберту. Из фиг.1 видим, что в зависимости от отклонения лучей 7-й излучателя 2 от центра излучения амплитуда излучения  $I$  падает с увеличением угла  $\alpha_1$  отклонения

$$I = 2 \cdot R \cdot \cos \alpha_i.$$

Можно предположить, что при сжатии перегородок 6 в Ламбертовом сосуда 5 сжатие до среднего уровня будет происходить быстрее там, где в его сечении меньше занимаемая площадь  $S$ , между перегородками, т.е. лучами 7-й-1, 7-й-2. Эта площадь  $S_i$  треугольников между лучами при шаге в  $\alpha_i = 5^\circ$  будет определяться из выражения

$$S_i = (h \cdot c) / 2,$$

где  $h$  - раскрыв между лучами 7-й-1 и 7-й-2 в Ламбертовом сосуда 5,  
 $c = 2 \cdot R \cdot \cos \alpha_i$ ,  $h = 2 \cdot R \cdot \cos \alpha_i \cdot \sin \alpha_i$ ,

и, соответственно,

$$S_i = R^2 \cdot \cos \alpha_i \cdot \cos \alpha_i \cdot 2 \cdot \sin \alpha_i,$$

при  $R=1$  и  $\alpha_i=5^\circ$  получаем

$$S_i = \cos n5^\circ \cdot \cos n5^\circ \cdot 2 \cdot \sin 5^\circ.$$

При  $2 \cdot \sin 5^\circ = 0,1736$  данные  $h$  и площадей  $S_i$  с градацией в  $5^\circ$  приведены в таблице 1.

5 Для оценки неравномерности светового потока излучателя 2 округляем границы секторов Ламбертового сосуда 5 как  $0^\circ-15^\circ$ ;  $15^\circ-35^\circ$ ;  $35^\circ-85^\circ$ . Это приведет к некоторой погрешности, но в данном случае это неважно. И относительно каждого значения  $S_i$  к суммарному значению площадей  $S_j$ , т.е. площадей каждого сектора 15, 16, 17, в процентном выражении определим место положения каждой «перегородки» 6 для  
10 формирования равномерного потока по площадям излучения на выходах 11, 12, 13 каждого сектора 18, 19, 20 уплотнителя 14.

На фиг.2 показано нормированное распределение лучей (их фокусировка и расфокусировка) в каждом секторе излучателя на выходных зеркалах 21, 22, 23  
15 уплотнителя 14. Отклонения в центральном секторе 18 незначительны относительно среднего значения  $33,33\%$  -  $+0,69\%$  и  $-0,65\%$ , практически можно пренебречь. Во втором секторе 19 отклонения более заметны относительно среднего значения  $25\% \pm 3\%$ , для практического применения в лампах шарового излучения «ярилко» также можно пренебречь. Однако для третьего сектора 20 эти отклонения значительны, и их  
20 необходимо учитывать для формирования равномерного потока излучения на выходе 13 уплотнителя 14.

Построение зеркал 21, 22, 23 уплотнителя 14 начинаем на совмещенных картинах Ламбертова сосуда 5 и уплотнителя 14 (фиг.3). Лучше всего начинать с формирования  
25 зеркала 23, т.к. от его положения в секторе 20 уплотнителя 14 зависит будущий объем всего уплотнителя 14 из-за положения и размеров зеркала 24, отражающего исходящие  
30 лучи 7-17-й от источника 2 излучения лучи 7-24-й к зеркалу 23, формирующего равномерный поток излучения из выходящего окна 13. Высоко ставить зеркало 23 нежелательно, т.к. зеркало 24 может слишком далеко выйти за пределы Ламбертового сосуда 5, а слишком низко - приведет к неоправданному уменьшению всех зеркал  
уплотнителя 14 и к возможному перекрытию зеркалом 23 путей излучения для зеркал  
30 других секторов 19, 18. Поэтому выберем положение зеркала 23 в секторе 20 на уровне не превышающем границы между секторами 17 и 18 в Ламбертовом сосуда 5.

Выберем точку 25 фокуса отражения лучей 7-24-й на границе секторов 20, 19  
уплотнителя 14. По точкам 25 и точкой излучения излучателя 2, являющимся центрами эллипса, на расстоянии не превышающем границы между секторами 17, 18 в  
35 Ламбертовом сосуда 5, по эллипсной траектории строим зеркало 24. Фиксируем положение сходящихся лучей 7-24-й в точке 25. В секторе 20 уплотнителя 14 в  
увеличенном масштабе (фиг.4), в районе точки 25 фиксируем по таблице 1 положение отраженных лучей 7-23-й от будущего зеркала 23. В местах пересечения приходящих 7-  
40 24-й и «отраженных» 7-23-й лучей строим мини-зеркала 23-z-й отдельно для каждого луча 7-24-й. В укрупненном масштабе лучше всего воспользоваться, исходя из таблицы 1, нормированным положением по параметрам  $h$  входящих лучей 7-24-й и по параметрам  $S$ , отраженных лучей 7-23-й. Параллельным смещением мини-зеркал 23-z-й относительно их приходящих лучей 7-24-й от нижнего луча аппроксимируем кривую зеркала 23 и фиксируем направления входящих лучей 7-24-й. По изменившимся положениям лучей  
45 7-24-й к зеркалу 23 корректируем кривую зеркала 24 по пересечениям 7-24-й и исходящих лучей 7-17-й от источника 2 излучения. Это первый вариант построения зеркал 23, 24.

По второму варианту строим линию отраженного луча 7-24-0 с границы секторов 17, 18 к границе секторов 19, 20. Фиксируем угол между этой границей 19, 20, (7-23-0),



и лучом 7-24-0, например,  $70^\circ$  (фиг.5). На этой линии выбираем точку 27. Относительно этой линии с точки 27 на ней к воображаемой линии 28, на которой из таблицы 1 отложены нормированные значения  $h$  для положения на ней лучей 7-24- $i$ , строим сходящиеся линии 7-24- $i$ . В секторе 20 в укрупненном масштабе в нормированном виде проводим линии 7-23- $i$  отражения от будущего зеркала 23. В месте пересечения линий 7-23-0 и 7-24-0 строим мини-зеркало 23-z-0 до пересечения с линией 7-23-1. Параллельным смещением линии 7-24-1 соответствующей аппроксимацией линии мини-зеркала 23-z-0 и нового мини-зеркала 23-z-1 находим его пересечение с линией луча 7-23-1. Фиксируем положение луча 7-24-1 и продолжаем линию мини-зеркала 23-z-1 до пересечения с линией луча 7-23-2 и повторяем аналогичные операции до фиксации остальных лучей 7-24- $i$ . В результате получаем траекторию зеркала 23. Далее, продолжая линии 7-24- $i$  до пересечения соответствующих линий исходящих лучей 7-17- $i$  от источника 2 в третьем секторе 17, по соответствующим точкам аппроксимацией строим зеркало 24.

Третий вариант рассматриваем на примерах построения зеркал 22 и 29 во втором секторе 19 уплотнителя 14 и в секторе 16 излучателя 2 соответственно (фиг.6-8).

Для начала (фиг.6) зададим угол положения мини-зеркала 29-z-0 относительно луча 7-16-0 для отражения луча 7-29-0 от приходящего луча 7-16-0. Пусть это будет, например, порядка  $40^\circ$  и построим мини-зеркало 22-z-0 отражения луча 7-19-0 до пересечения с лучом 7-19-1. Из этой точки пересечения или ниже по линии луча 7-19-1 строим мини-зеркало 22-z-1 с таким расчетом, чтобы пересечение линии мини-зеркала 22-z-1 с линией мини-зеркала 22-z-0 не выходило за пределы луча 7-19-0, а луч 7-29-1 своим мини-зеркалом 29-z-1 пересекался с мини-зеркалом 29-z-0, не выходя за пределы луча 7-16-0. В следующем мини-зеркале 22-z-2 выбираем место пересечения с мини-зеркалом 22-z-1 внутри зоны луча 7-19-1 и наклон отражения луча 7-19-2 таким образом, чтобы приходящий луч 7-29-2 своим мини-зеркалом 29-z-2 пересекался с мини-зеркалом 29-z-1 внутри зоны луча 7-16-1. Аналогичные операции произведем для остальных мини-зеркал 22-z- $i$ , лучей 7-29- $i$  и мини-зеркал 29-z- $i$ . В результате по точкам отражения лучей 7-19- $i$  и 7-29- $i$  соответствующих мини-зеркал 22-z- $i$  и 29-z- $i$  со своими приходящими лучами 7-19- $i$  и 7-16- $i$  соответственно аппроксимацией строим зеркала 22 и 29.

На фиг.7 показан пример при задании положения мини-зеркала 29-z-0 в  $55^\circ$  относительно луча 7-16-0.

На фиг.8 показан пример при задании положения мини-зеркала 29-z-0 в  $70^\circ$  относительно луча 7-16-0.

В данном случае выбираем первый пример построения зеркал 22 и 29, т.к. необходимо еще оставить достаточное место для построения следующих зеркал для формирования светового потока центрального сектора 18 уплотнителя 14.

В прозрачном теле, соблюдая законы оптики, мы можем размещать зеркала с тонким покрытием в любом требуемом месте. Если требуется, и по пути следования лучей, т.к. из-за малой толщины они не будут оставлять ощутимых теней. Поэтому для построения зеркала 21 в секторе 18 уплотнителя 14 и зеркала 30 в секторе 15 Ламбертова сосуда 5 выберем положение промежуточного зеркала 31 на границе секторов 16, 17 в Ламбертовом сосуде 5 по пути следования разноименного луча 7-15-0 или 7-16-п. Выберем точку положения луча 7-15-3, отразившегося луча 7-30-3 от будущего зеркала 30 к зеркалу 31 под углом, к примеру,  $70^\circ$  градусов, и под таким же углом отразившего луч 7-31-3 к будущему зеркалу 21, отразившему луч 7-21-3. Строим мини-зеркало 21-z-3 до пересечения с нормированным по таблице 1 лучом 7-21-2. Зададим условие сходимости пучков 7-31- $i$  и 7-30- $i$  в  $6^\circ$ , это разница углов пучка 7-15- $i$  и выходящих пучков лучей 7-21- $i$ ,  $16^\circ$ - $10^\circ$ . Соблюдая это условие, отклоним в данном случае на  $2^\circ$

относительно луча 7-31-3 луч 7-31-2 параллельным смещением от места пересечения луча 7-21-2 с мини-зеркалом 21-z-3 и построим мини-зеркало 21-z-2 до пересечения с нормированным лучом 7-21-1 так, чтобы оно пересекалось с линией мини-зеркала 21-z-3 в зоне лучей 7-21-3 и 7-21-2. Далее строим луч 7-30-2 до пересечения с лучом 7-15-2 и строим мини-зеркало 30-z-2 с условием пересечения линии мини-зеркала 30-z-3 в зоне лучей 7-15-3 и 7-15-2. Если этого не произойдет, то потребуется изменение начального угла луча 7-30-3. Аналогично достраиваем положение лучей 7-31-1, 7-30-1 и 7-31-0, 7-30-0. При этом должно соблюдаться условие, чтобы луч 7-15-3 пересекался с лучом 7-30-0 вне зоны пучка лучей 7-15-и. По точкам пересечения лучей 7-21 -i с 7-31-i и 7-30-i с 7-15-i аппроксимацией строим соответственно зеркала 21 и 30.

Однако можно строить зеркала 21 и 30 в параллельных пучках лучей 7-30-i и 7-31-i. Для этого нужно подобрать соответствующий угол луча 7-30-3 к зеркалу 31 и аналогично предыдущим операциям для фиг.9 строить зеркала 21, 30 в фиг.10. В этом случае свобода маневра весьма ограничена. В данном примере этот угол получился равным 68°.

На фиг.11 показана дополнительная возможность построения зеркал 21, 30 в параллельных пучках лучей 7-31-i, 7-30-i. Это достигается тем, что при заданном параллельном пучке лучей 7-31-i выбираем место промежуточного зеркала 31 для размещения на одном из лучей 7-17-i до соблюдения условий параллельности пучка отраженных лучей 7-30-i от зеркала 30 приходящих к нему пучка лучей 7-15-i. В этом случае значение угла падения 7-30-3 оказалось близким к предыдущему и равным 70°. Однако надо иметь в виду, что для реализации этого примера потребуется организация нового сектора и, соответственно, новой формы, чтобы сформировать это зеркало в прозрачном теле. Поэтому выбираем первый пример. В итоге на фиг.3 показан вариант построения всех зеркал уплотнителя светового потока. Для защиты зеркал от внешних воздействий уплотнитель 14 с зеркалами в прозрачном теле помещаем в оболочку 32.

Показанные примеры построения зеркал носят оценочный характер проектирования. Для точного изготовления форм для литья секторов уплотнителя их можно использовать для создания соответствующих программ для станков с программным управлением.

На фиг.12 также в сечении показан возможный вариант лампы 33, «Ярилко», в сборе с уплотнителем 14 и шарообразным формирователем 8 светового потока.

Литература

1. RU 2242778, «Устройство для сжатия-расширения оптического пучка».
2. RU 2070683, «Устройство для освещения транспортного средства».
3. А.С. 402718, «Оптическая система прожектора с трубчатыми лампами большой мощности».
4. М.Я. Выгодский, «Справочник по элементарной математике», Москва: «Наука», 1986 г., 317 с.

40

Таблица 1

$$\alpha_i=5^\circ, 2\sin \alpha_i=0,1743, h=\cos(n \alpha_i) 2\sin \alpha_i, S_i=h \cos (n\alpha_i)$$

n	$\alpha_i^0$	$\cos n\alpha_i$	h	$\Sigma h$	h%	$\Sigma h\%$	$S_i$	$\Sigma S_i$	$S_i \%$	$\Sigma S_i \%$
0	0	1	0,1736		33,9	33,9	0,1736		34,1	34,1
1	5	0,9962	0,1716	0,513	33,5	67,4	0,1709	0,508	33,4	67,5
2	10	0,9848	0,1683		32,6	100	0,1658		32,5	100
3	15	0,9659	0,1638		26,6	26,6	0,1582		27,9	27,9
4	20	0,9397	0,1579	0,615	25,7	52,3	0,1484	0,567	26,2	54,1
5	25	0,9063	0,1509		24,5	76,8	0,1368		24,1	78,2
6	30	0,8660	0,1427		23,2	100	0,1236		21,8	100
7	35	0,8191	0,1335	0,779	17,1	17,1	0,1094	0,485	22,6	22,6

45

8	40	0,7660	0,1232		15,8	32,9	0,0944		19,4	42,0
9	45	0,7071	0,1120		14,4	47,3	0,0792		16,3	58,3
10	50	0,6428	0,1000		12,9	60,2	0,0642		13,3	71,6
11	55	0,5736	0,0871		11,2	71,4	0,0500		10,4	82,0
12	60	0,5	0,0736		9,4	80,8	0,0368		7,5	89,5
13	65	0,4226	0,0596		7,6	88,4	0,0252		5,2	94,7
14	70	0,3420	0,0450		5,8	94,2	0,0154		3,2	97,9
15	75	0,2582	0,0302		3,9	98,1	0,0078		1,6	99,5
16	80	0,1736	0,0152		1,9	100	0,0026		0,5	100
17	85	0,0871	0,0000				0,0000		0,0	-

10

### Формула изобретения

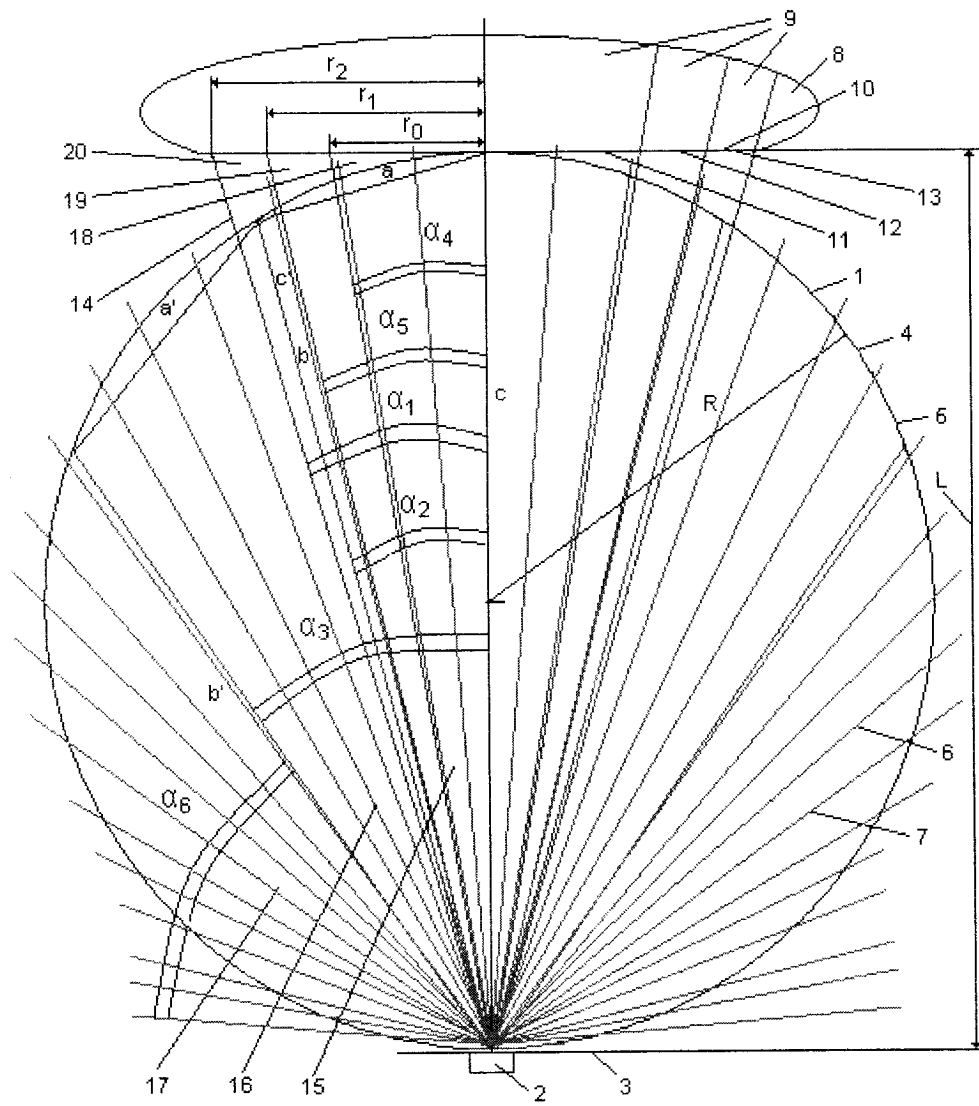
Способ уплотнения светового потока светоизлучающего элемента, характеризующийся тем, что для формирования телесного угла излучения на выходе уплотнителя создают в объеме прозрачного тела световодные сектора, в каждом секторе прозрачного тела помещают объемные кольцевые зеркала двойного отражения светового потока от светоизлучающего элемента, причем зеркалом, отражающим исходящие лучи от источника излучения, его кривизной, фокусировкой и расфокусировкой на выходном зеркале формируют равномерное уплотнение светового потока, а с помощью выходного зеркала, его кривизной, создают нормированное распределение лучей и формирование соответствующего телесного угла излучения на выходе сектора уплотнителя светового потока, дополнительно для формирования телесного угла равномерного излучения на выходе из центрального сектора на границах других секторов по пути следования излучения светового потока вводят тонкое промежуточное кольцевое зеркало, отражающее от зеркала в центральном секторе исходящие лучи от источника излучения.

30

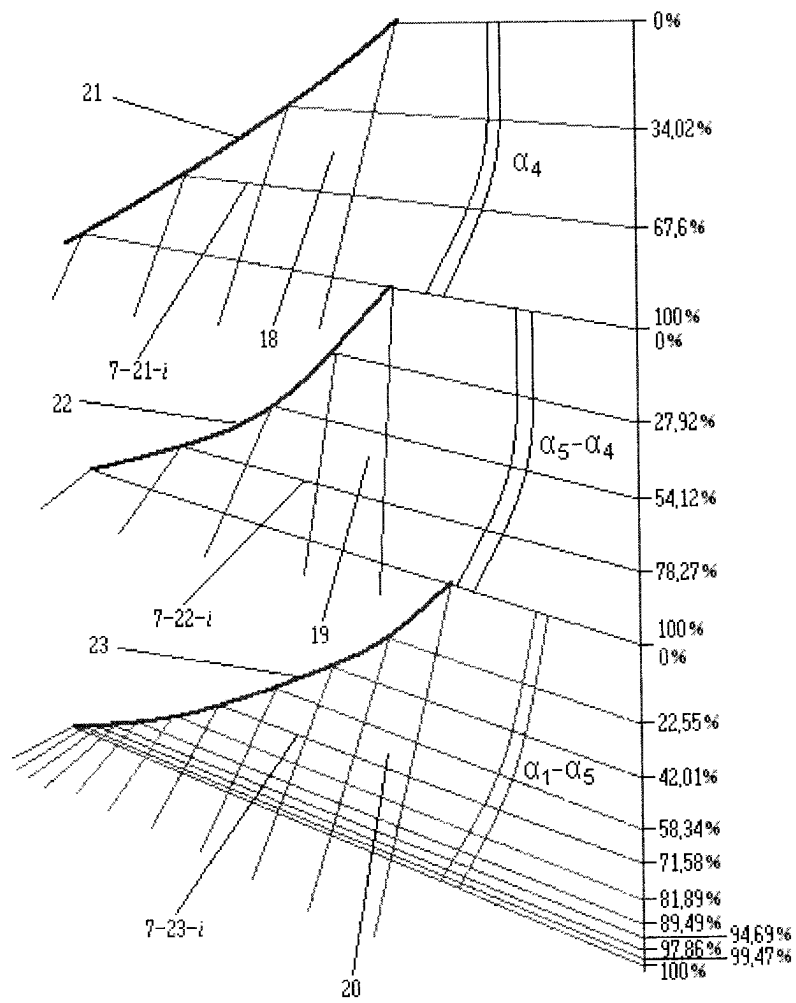
35

40

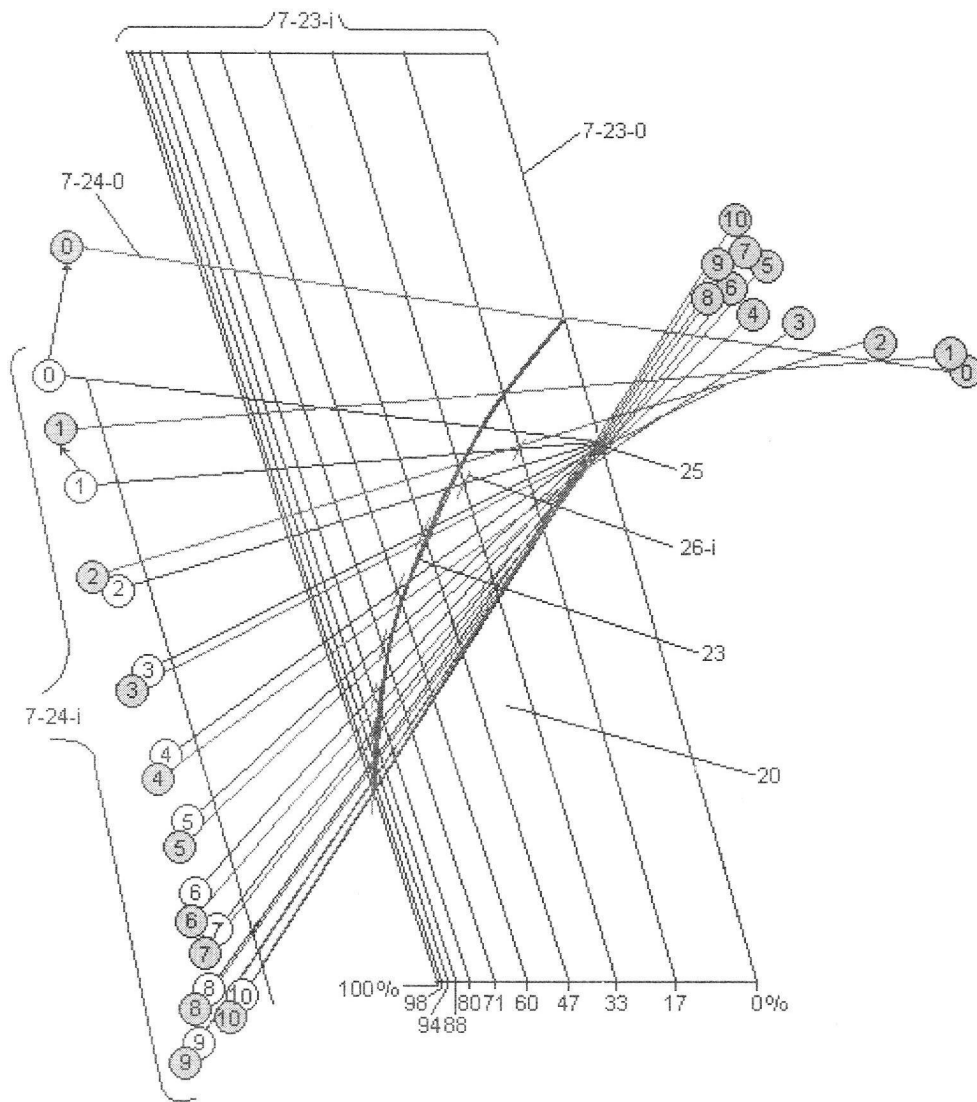
45



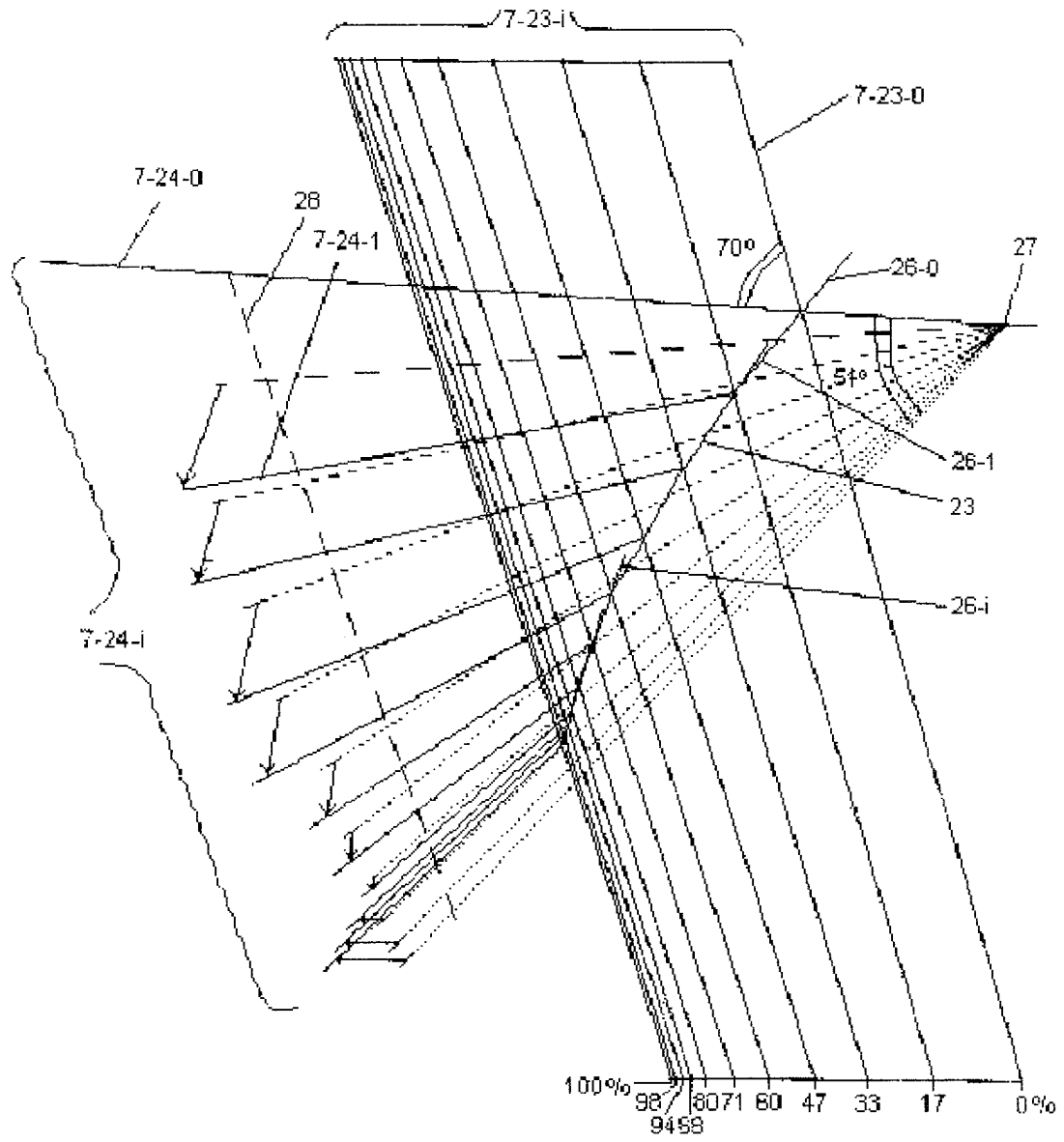
Фиг. 1



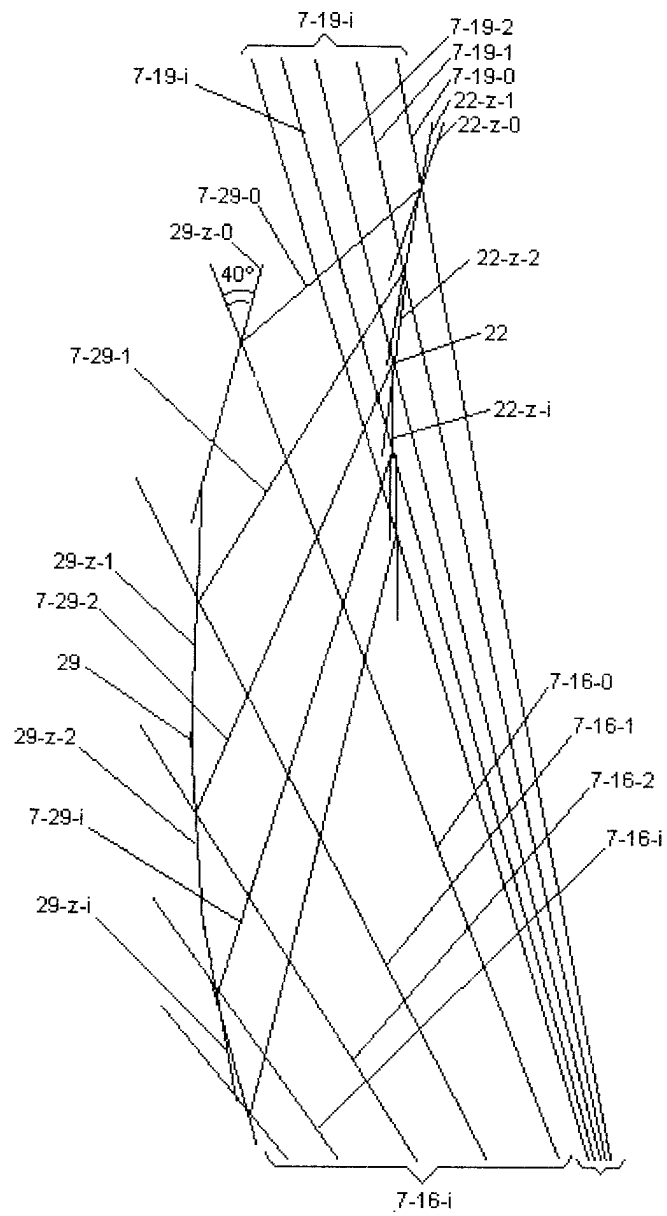
ФИГ. 2



ФИГ.4

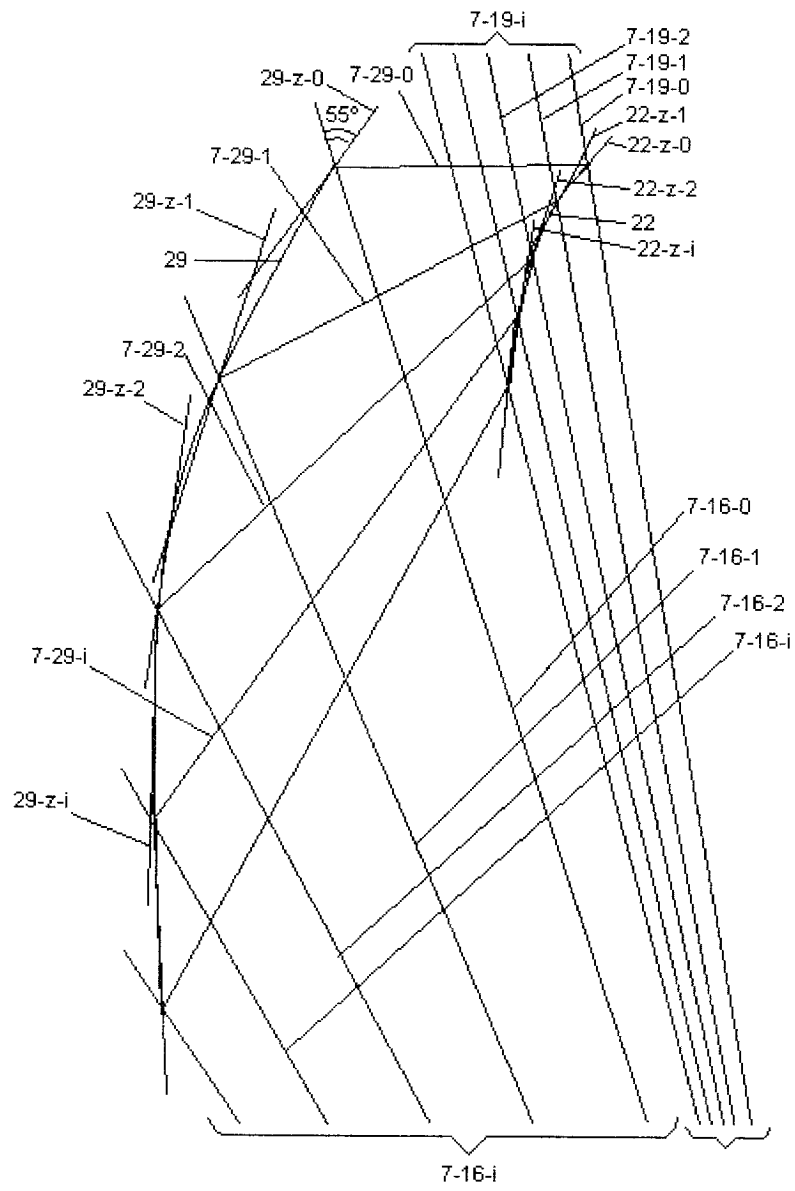


Фиг.5

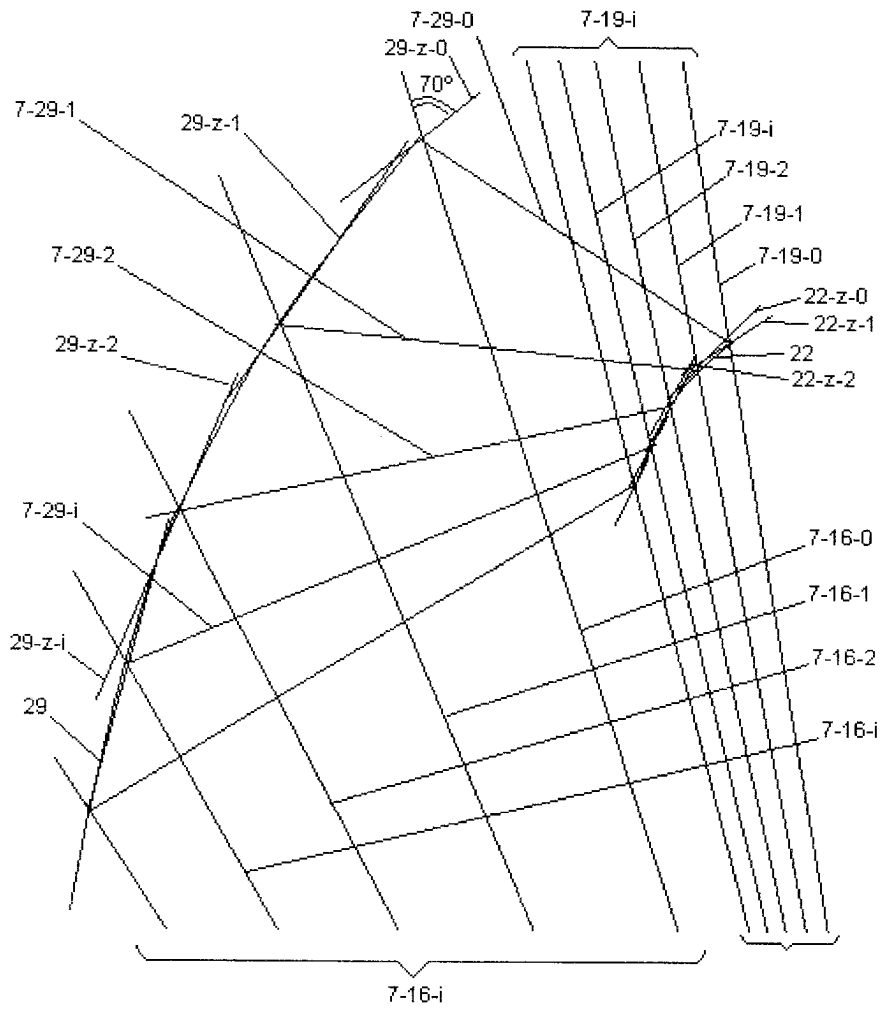


ФИГ 6

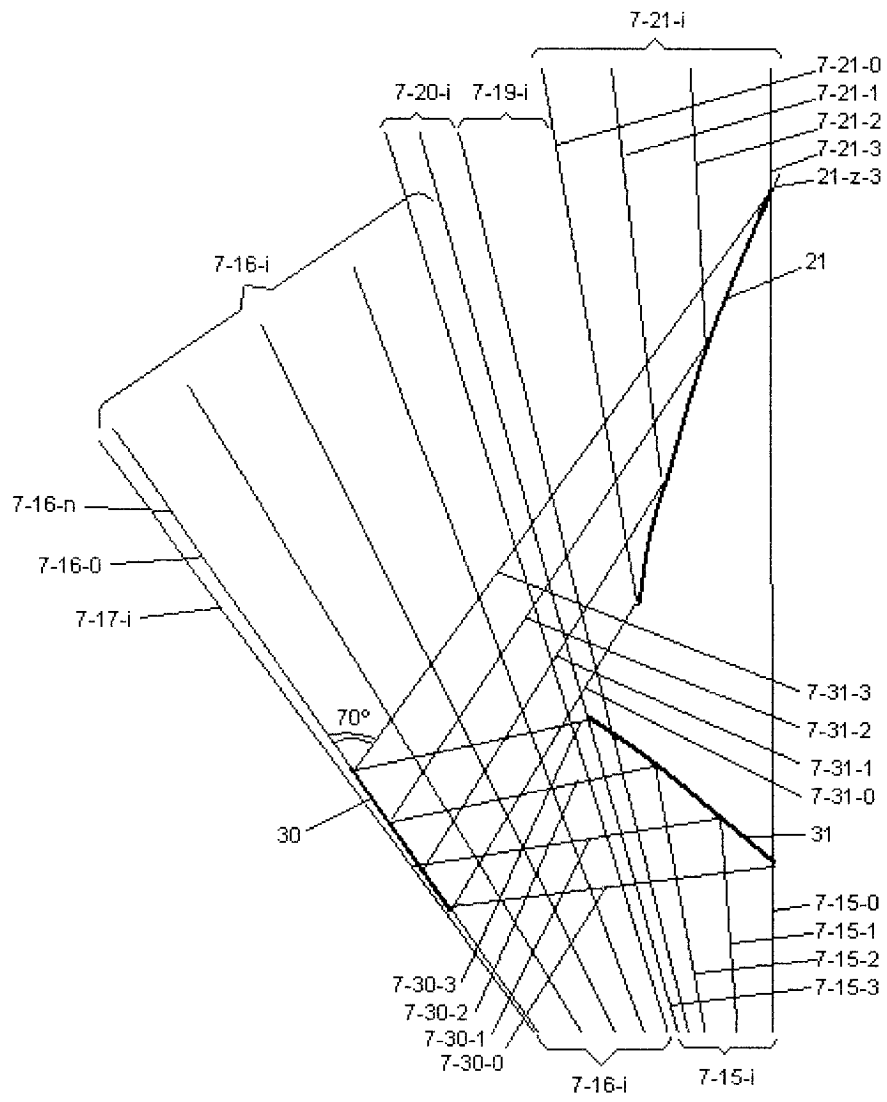




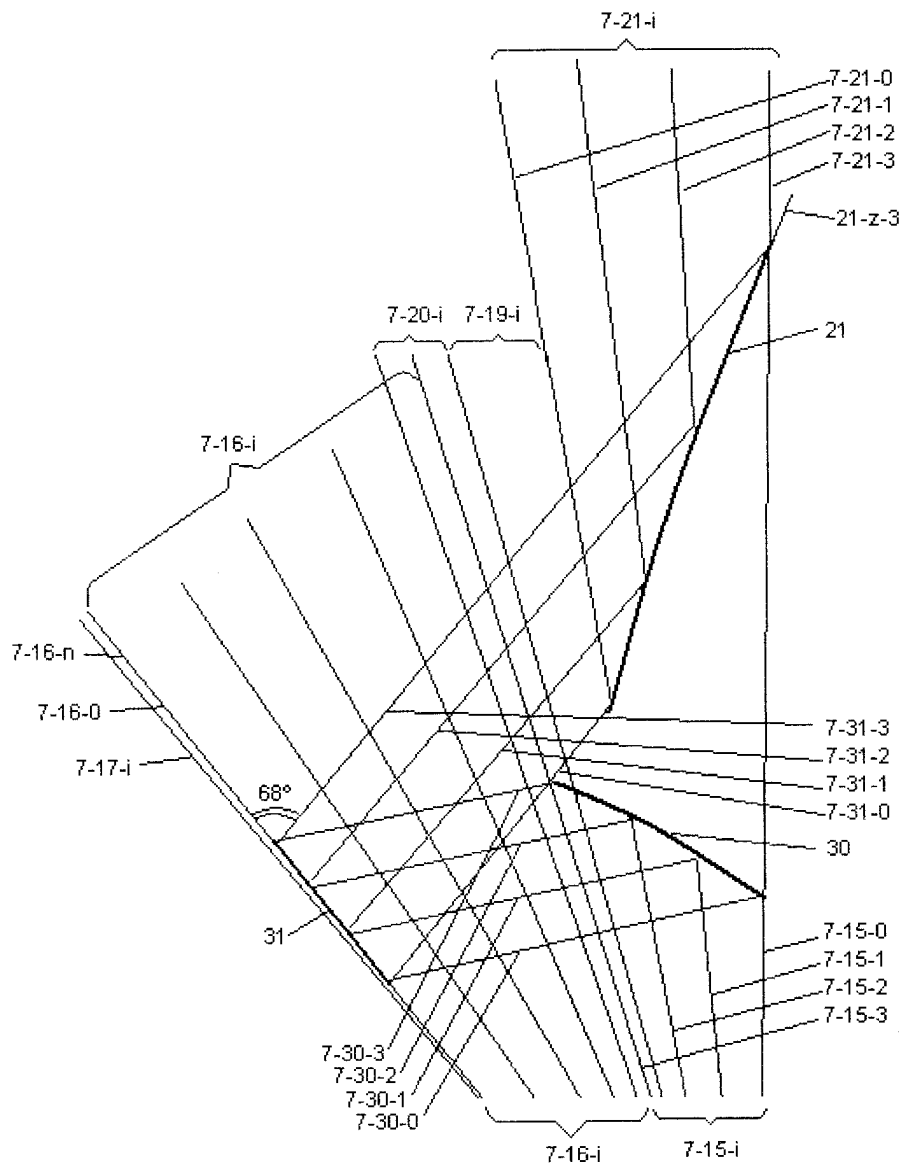
Фиг. 7



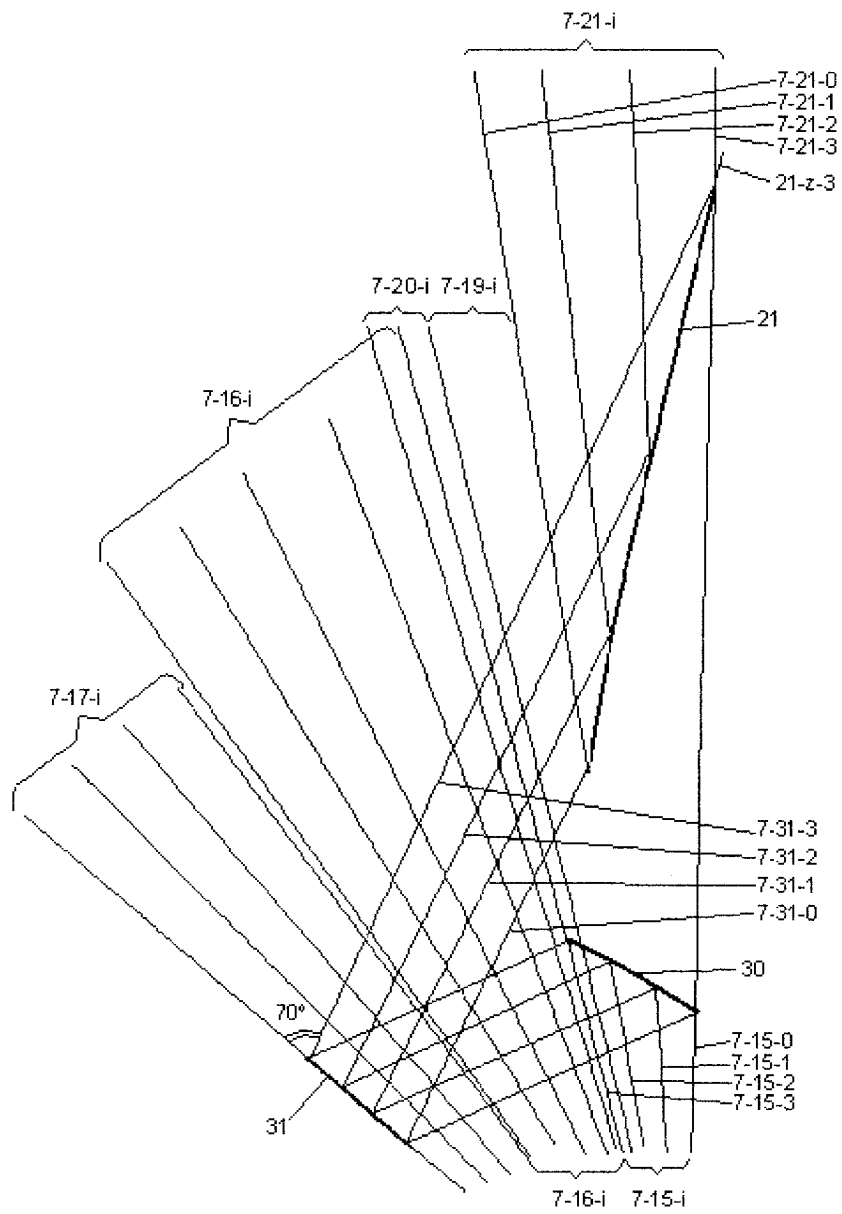
ФИГ. 8



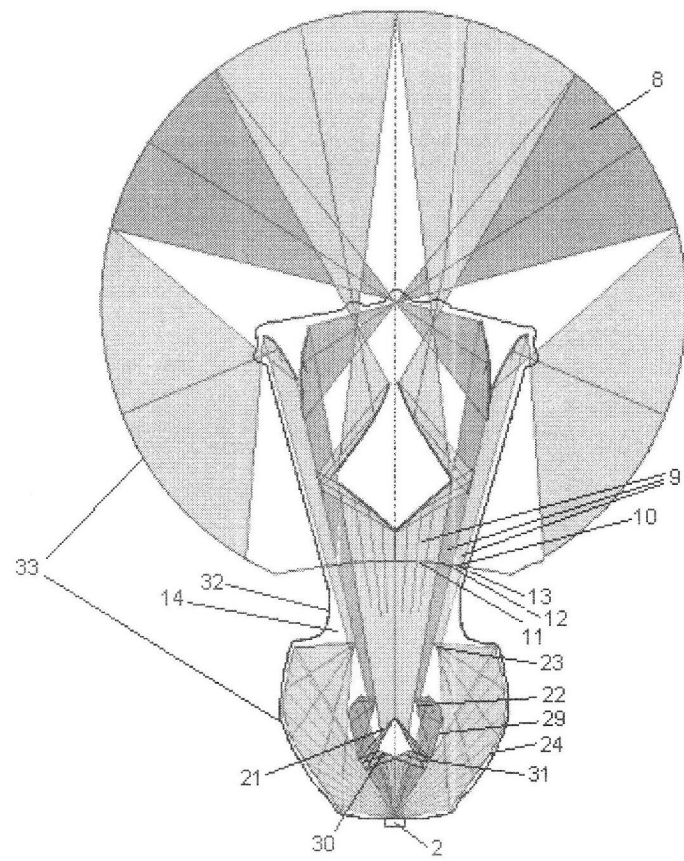
Фиг. 9



Фиг. 10



ФИГ.11



Фиг.12