Санкт - Петербургский государственный университет информационных технологий механики и оптики

Кафедра: оптико-электронных приборов и систем

Разработка лазерного локационного прибора для обнаружения и идентификации бликующего элемента

Автор: Рудометова П.Б.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель: Создание прибора, работающего на длине волны 1,54 мкм, для обнаружения и идентификации скрытого оптического наблюдения

Для достижения цели в работе решались следующие научно-технические **задачи**:

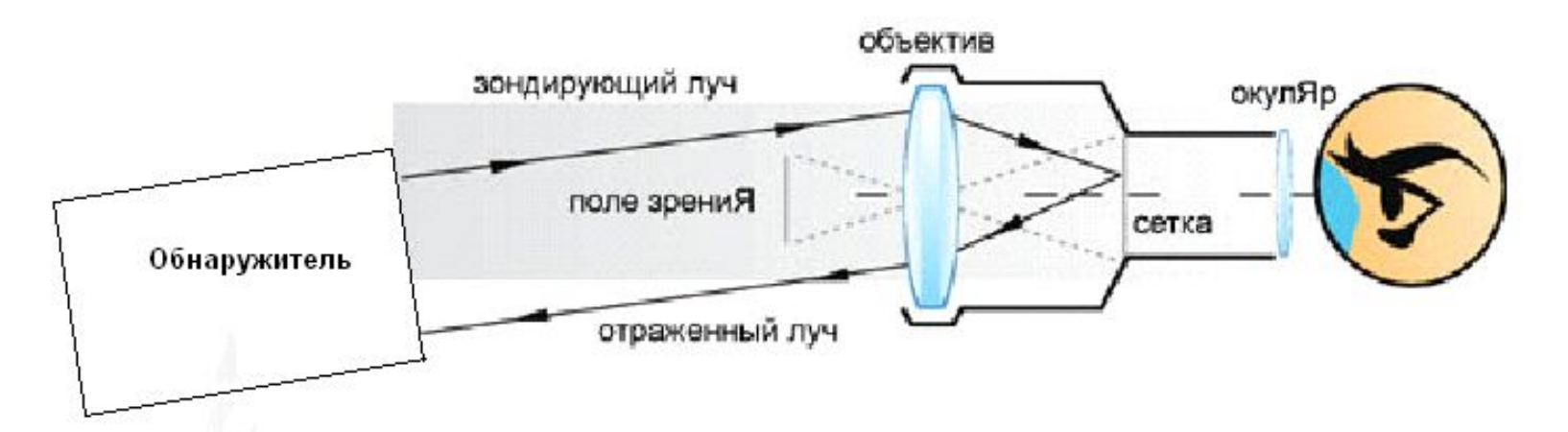
- Выбор и обоснование структурной схемы обнаруживающего прибора;
- Исследования возможности построения не только обнаруживающего, но и идентифицирующего прибора:

✔ Исследование пеленгационной характеристики и использование ее свойств для селекции и идентификации;

✔ Нахождение зависимости максимально возможного угла обнаружения от диафрагменного числа

Принцип действия активных систем обнаружения ОЭС

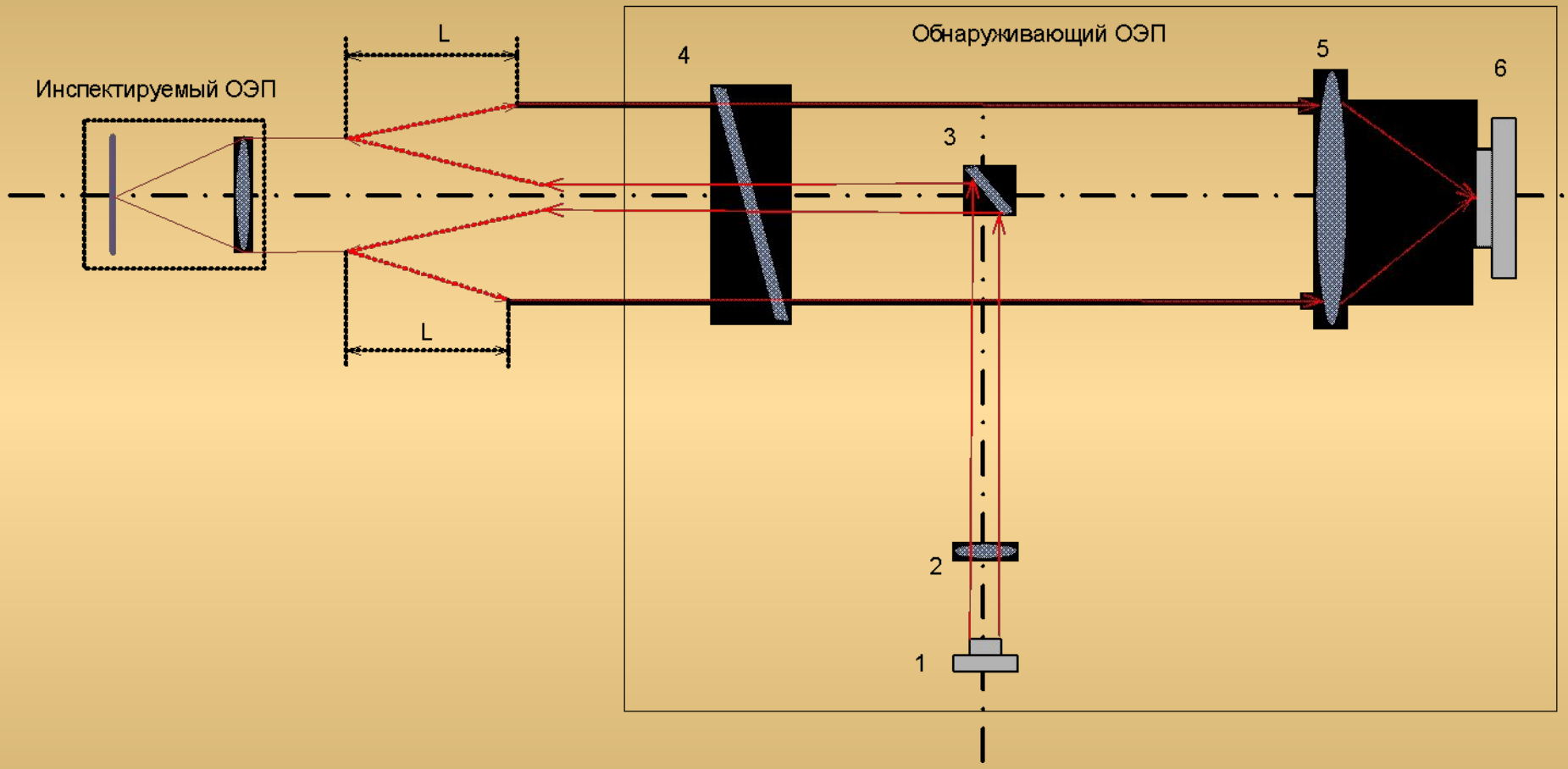
эффект световозвращения или «обратного блика»



Обнаруживаемые объекты рассматриваются как **зеркально-линзовые отражатели**:

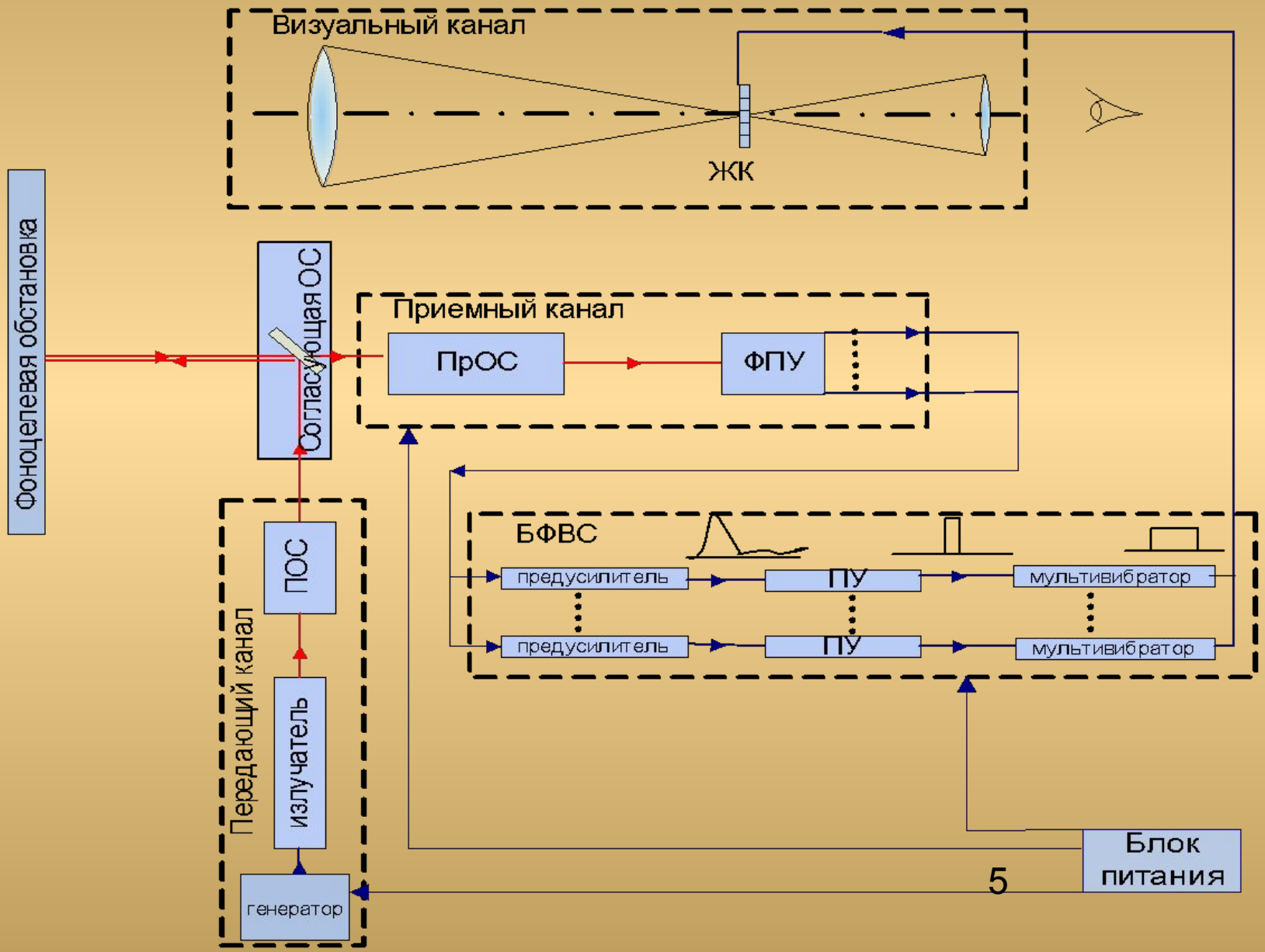
1. **Оптические прицелы, бинокли**: стеклянная пластина с сеткой;
2. **фото- и видеокамеры**: фотопленка или ПЗС-матрица;
3. **Приборы ночного видения**: фотокатод ЭОПа;
4. Сетчатка человеческого глаза в фокусе системы с большой светосилой.

Принцип действия прибора

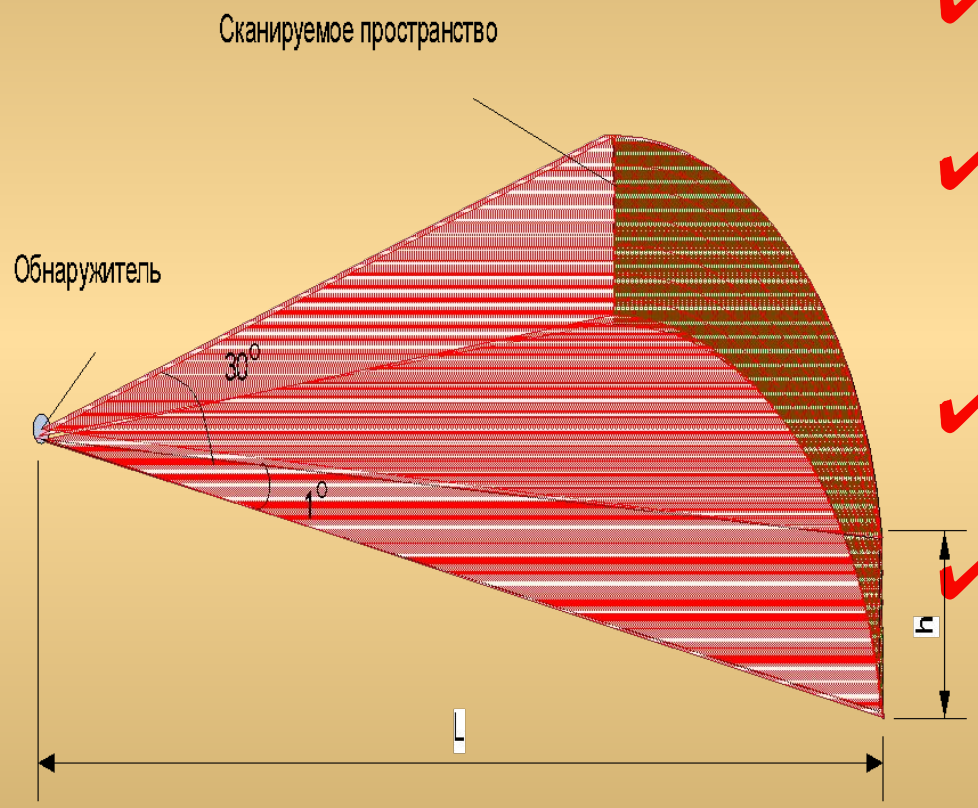


1 – излучатель; 2 – оптика излучателя; 3 – плоское зеркало;
4 – защитное окно; 5 – фотоприемник; 6 – объектив фотоприемника

Структурная схема прибора



Методика работы с обнаружителем



- ✔ Поле зрения по вертикали – 1°
- ✔ Поле зрения по азимуту обеспечивается сканированием вручную
- ✔ угловое разрешение: δ ≈ 0,54 мрад
- ✔ скорость сканирования пространства 1,55°/с

Исследование пеленгационной характеристики

- Пеленгационная характеристика ОЭП *R(α)* - зависимость показателя световозвращения (ПСВ) ОЭП от угла пеленга α.

$$R(\rho) = I(\rho) \Big/ E_0 \qquad (1)$$

$$R(\rho) = \frac{\mathrm{d}\Phi_2\,\mathrm{d}S}{\mathrm{d}\Omega\,\mathrm{d}\Phi_1} = \frac{\mathrm{d}\Phi_1 \tau_{oc2}^2 \rho \dfrac{\pi \mathrm{d}d^2}{4}}{\dfrac{\pi \mathrm{d}\varphi^2}{4}\mathrm{d}\Phi_1} = \frac{\tau_{oc2}^2 \rho \mathrm{d}d^2}{\mathrm{d}\varphi^2} \qquad (2)$$

ПСВ зависит от изменения угла φ, то есть угла расходимости излучения после отражения от обнаруживаемого объекта и диаметра входного зрачка обнаруживаемого ОЭС

Распределение ПСВ в зависимости от направления распространения ретроотраженного излучения

$$R(\alpha) = \frac{\tau_\lambda^2 \alpha_\lambda f'^4}{4\left|(\Delta - c_э f' \alpha^2)(\Delta - D_э f' \alpha^2)\right|}$$

Исследование приведенной зависимости показывает, что пеленгационная характеристика ОЭП $R(\alpha)$ при значении угла пеленга:

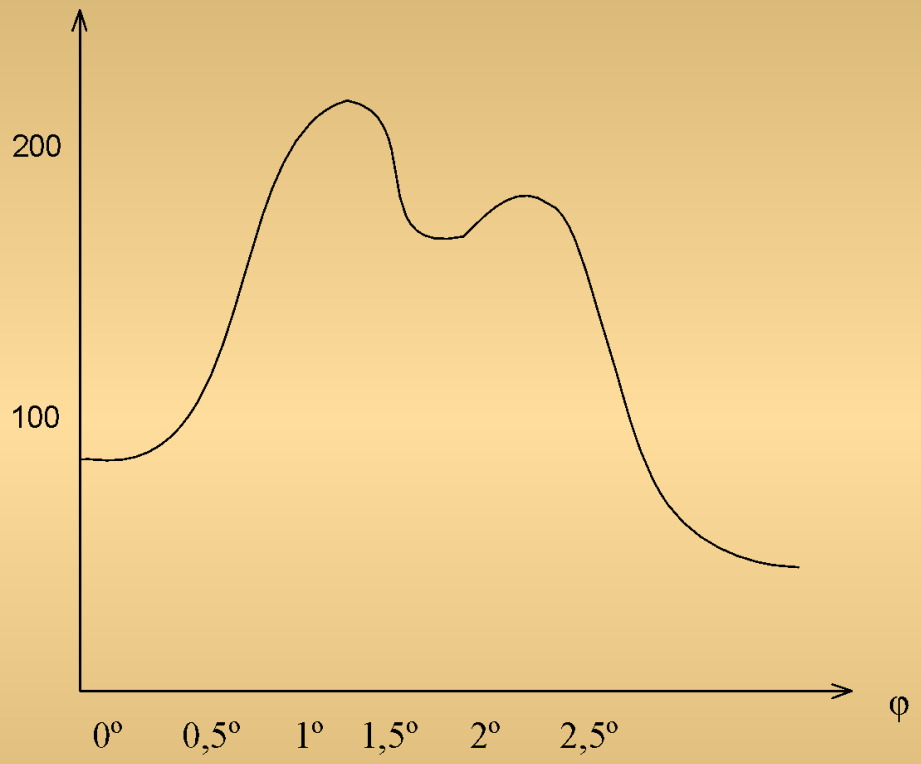
$$\alpha^* = \sqrt{\frac{\Delta(c_э + D_э)}{2 f' c_э D_э}}$$, имеет минимум.

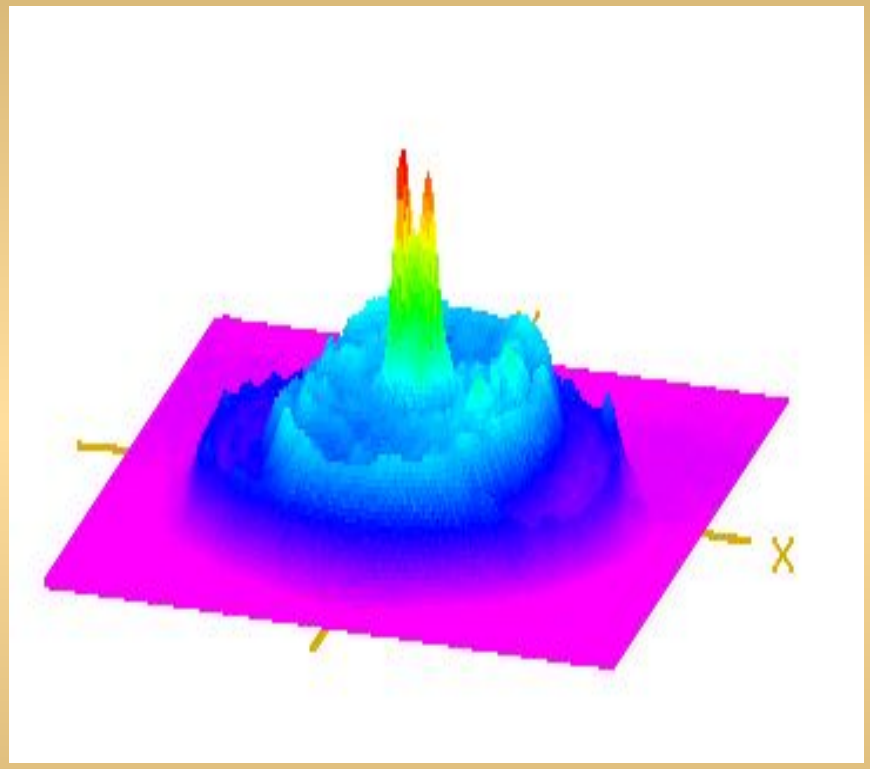
При двух значениях угла пеленга:

$$\alpha_c = \sqrt{\frac{\Delta}{f' c_э}}$$ и $$\alpha_D = \sqrt{\frac{\Delta}{f' D_э}}$$ имеет максимумы,

где $\tau\lambda$ – коэффициент пропускания прибора;
cэ,Dэ – коэффициенты зависящие от конструктивных параметров и аберраций объектива прибора;
f' – фокусное расстояние объектива прибора;
Δ – дефокусировка относительно гауссовой плоскости.

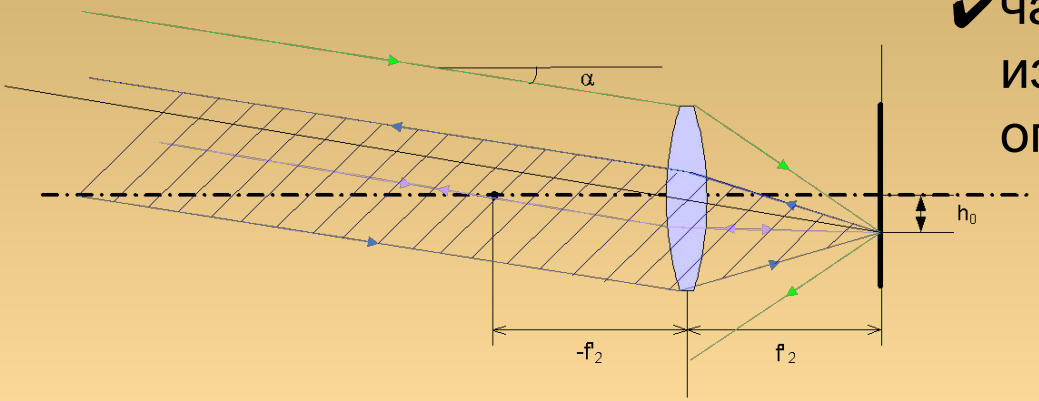
Зависимости пеленгационной характеристики ОЭП *R*(*α*) от угла пеленга



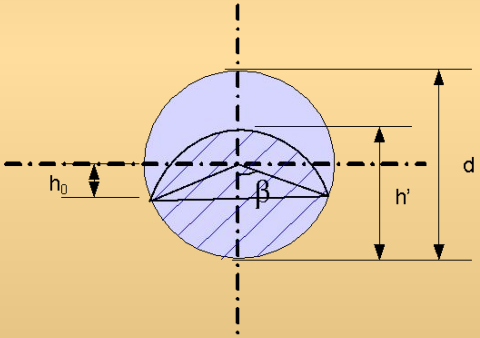


То есть можно сделать вывод, что любому оптическому прибору соответствует свои максимумы и минимумы, как отпечатки пальцев, позволяющие идентифицировать тип прибора.

Определения предельного угла наблюдения объекта



а)



✔часть отраженного от сетки излучения теряется из-за ограничения его выходным зрачком

$$\tau_\alpha = \frac{S'}{S_{об}} = \frac{1}{\pi} \cdot \left[2\beta - \sin 2\beta\right]$$

$$\beta = \arccos\left(2\frac{f}{d} tg\alpha\right)$$

✔коэффициент τ_α зависит от двух параметров системы: от угла α между оптической осью обнаружителя и оптической осью отражающего объекта, и от относительного отверстия самого отражающего объекта, то есть от диафрагменного числа *f/d*

Зависимость мощности излучения, отраженного от оптических компонент обнаруживаемого ОЭП, от угла пеленга α для трех значений диафрагменного числа

- ✔*При f/d*=1 α_{max}=27°
- ✔ При *f/d*=1,5: α_{max}=18,5° и т.д.
- ✔Вывод: при увеличении значения диафрагменного числа предельный угол, при котором еще можно зарегистрировать отражение от обнаруживаемого объекта становится меньше

Зависимость максимального угла наблюдения объекта от диафрагменного числа объектива

✔большему значению *f/d* соответствуют объективы зрительных труб, снайперских винтовок(*f*/4 до *f*/13,6); меньшему – объективы приборов ночного видения и тепловизоров(от *f*/1,4 до *f*/2,8), что в определенных условиях позволяет проводить селекцию объектов.

Заключение

В ходе научно-технического исследования были полученны следующие результаты:

- ✔ была представлена принципиальная схема построения и действия активной системы обнаружения ОЭС;
- ✔ рассмотрена зависимость пеленгационной характеристики от угла пеленга;
- ✔ выведена зависимость ретроотраженной мощности излучения от угла пеленга;
- ✔ выведена и представлена зависимость максимально возможного угла обнаружения, то есть угла пеленга от диафрагменного числа

Преимущества по сравнению с аналогами

- Длина волны зондирующего лазера 1,54 мкм безопасна для глаза человека и является оптимальной для обнаружения даже просветленной оптики обнаруживаемого объекта
- Возможность создания лазерного локационного прибора, способного не только обнаруживать, но и распознавать обнаруживаемые оптические объекты
- Максимальная дальность действия 1500 м.

Направления использования

Потребность

- обеспечение безопасности и конфиденциальности важных мероприятий

- проведение антитеррористической деятельности

- Мирные цели: обнаружение ограненных алмазов

Потенциальные потребители

- Охранные предприятия

- Частные потребности

Общая характеристика рынка
Обзор аналогов

Наименование прибора	Производитель	$L_{обнар.}$, м	Угол зрения, град.	Энергопот-ребление, Вт	Напряж. ист. электропитания	Время непре-рывной работы, ч	Габариты, мм	Масса, кг	λ лазера, мкм.
Антиснайпер	МНПО «СПЕКТР»	500…2000	2°× 3°	10			230x120x90	1.4	0.7…2; 0.8
Мираж	НПЦ «ТРАНСКРИПТ»	≈1785	4°× 3°	13	(9 - 36) В или (100 - 240) В	1,5 или 3	325x140x80	2.3	–
PAPV	КБ точного машиностроения	300…1500		15				56	–
Луч	НПЦ «ТРАНСКРИПТ»	800…1400	1.0°×0.1°	2	(9 - 15) В	8	105x115x55	0.8	–
Антинаблюда-тель	НПЦ «ТРАНСКРИПТ»	≈1200	4.5°	–		–		–	–
Самурай	НПЦ «ТРАНСКРИПТ»	–		8	не более 2,2 Вт	6	150x150x75	1.3	–
Миф	НПЦ «ТРАНСКРИПТ»	≈350	5°	4	(9 - 36) В	3	175x100x75	1.1	–
ЛАР-1	ФГУП ОКБ «ГРАНАТ»	50…1000	6°×3°	–				1.8	–
Алмаз	ЗАО «БРОНЕАВТОЗАЩИТА»	1…10	10°	–	3 В	30	50x50x 100	0.2	–
Антисвид	МНПО «СПЕКТР»	0…15	360°×120 °	5	12 В	8	230x140x80	2.0	0.8
SET-1	SET-1	0.5…7	–	–	–	3	250x150x140	1.5	0.61

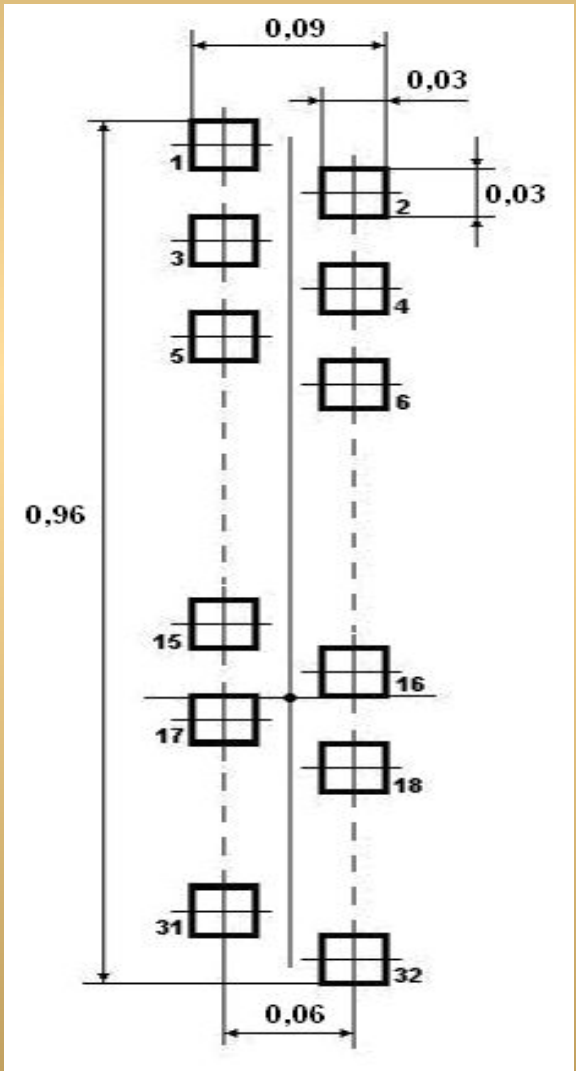
Конкурентные преимущества

- Рынок не достаточно развит в этом направлении
- Не представлены приборы с характеристиками, позволяющими распознавать обнаруживаемый прибор на расстоянии
- Не представлены приборы, работающие на безопасной для человеческого глаза длине волны

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

1. Выбор фотоприемного устройства

Модель SU32L InGaAs линейная фотодиодная матрица



- ✔ В конструкцию фотоприемника включена интерференционная пластина, пропускающая излучение только на длине волны 1,54 мкм

Число площадок	32
Шаг вдоль линейки	30 мкм
Размер площадок	30×30 мкм
Топология	Шахматная линейка
Инерционность	≤ 1 мксек
Обнаружительная способность	$\geq 5 \cdot 10^{11}$ Вт$^{-1}$ см Гц$^{0.5}$
Температура охлаждения	≥ 40°(T1)

2. Выбор источника излучения

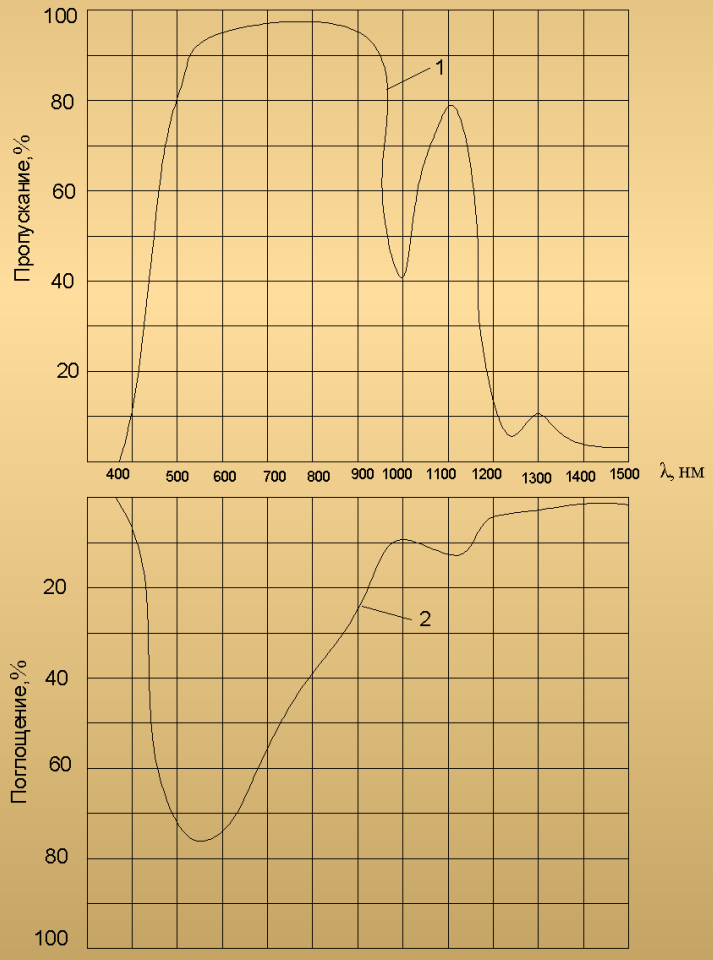
Лазерный диод непрерывного режима генерации

- ✔ Требуемая длина излучения 1,54 мкм;
- ✔ высокая мощность излучения на выходе;
- ✔ КПД потребляемой мощности лазерного диода значительно выше, чем у лазера;
- ✔ небольшие габариты лазерного диода;
- ✔ Задали частоту f=50Гц, длительность излучения t=1мс .

Модель	Длина волны излучения, нм	Мощность излучения, мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток накачки, мА	Пороговый ток, мА	Расходимость, град.	Габариты тела свечения, мм

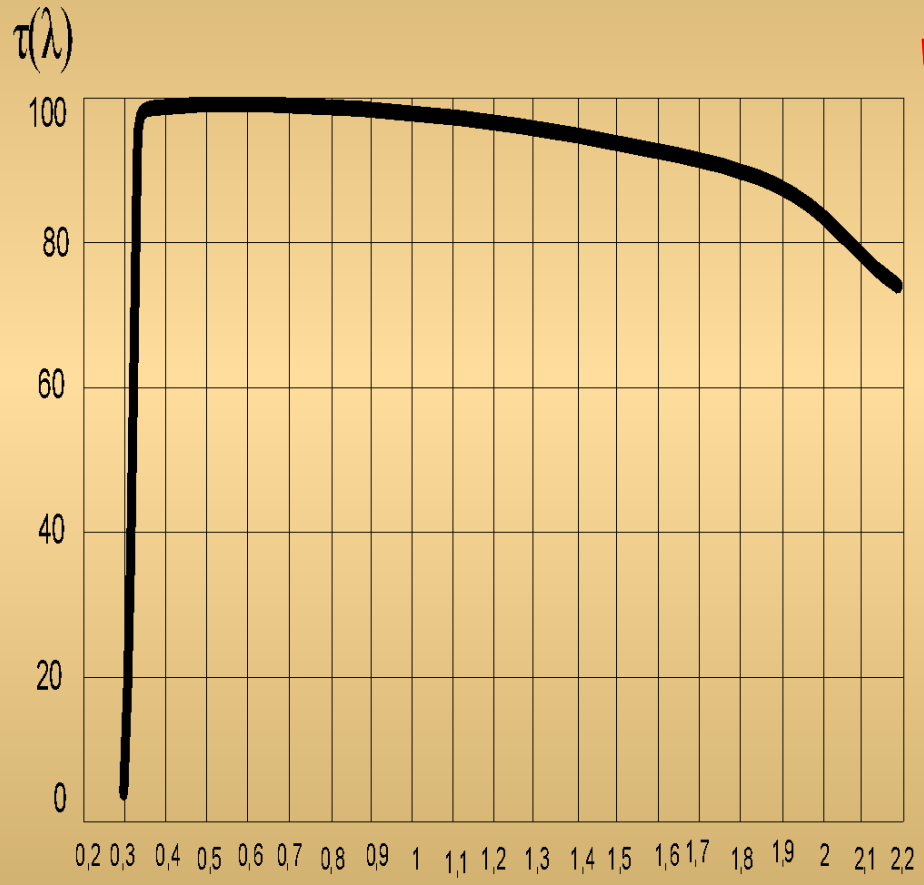
Преимущества использования 1,54 мкм лазера

Безопасность для глаза человека



- ✔ **Излучение 1.54 мкм поглощается хрусталиком и не поглощается пигментным эпитэлием сетчатки.**

Просветление обнаруживаемых приборов в видимой части спектра



- ✔ чаще всего длину волны 1,54 мкм просветление не затрагивает, излучение будет отражаться как от обычного стекла