

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

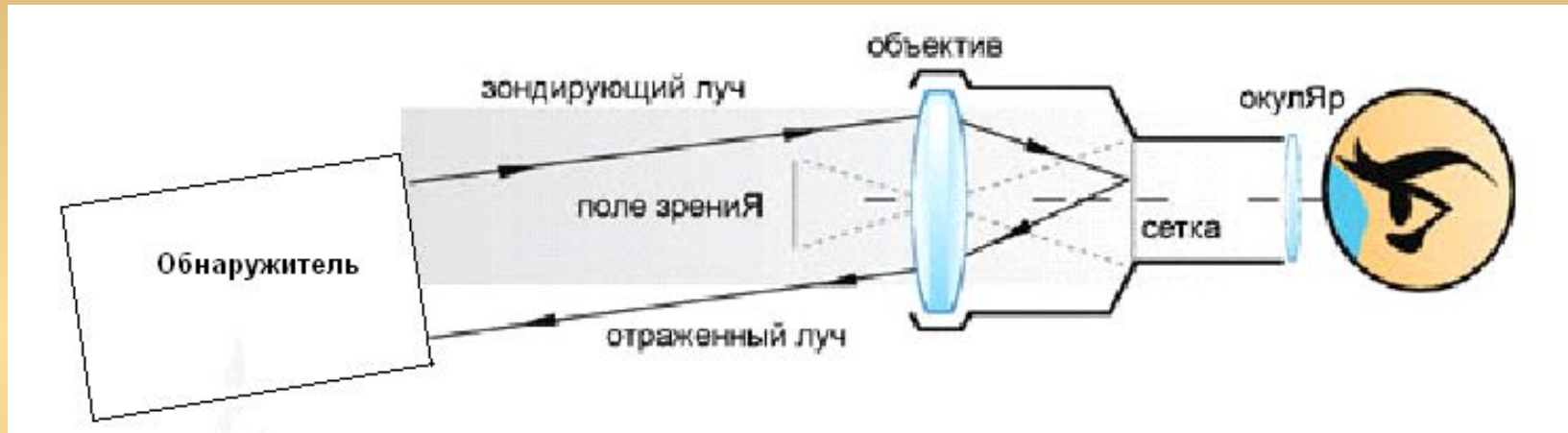
Цель: Создание прибора, работающего на длине волны 1,54 мкм, для обнаружения и идентификации скрытого оптического наблюдения

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

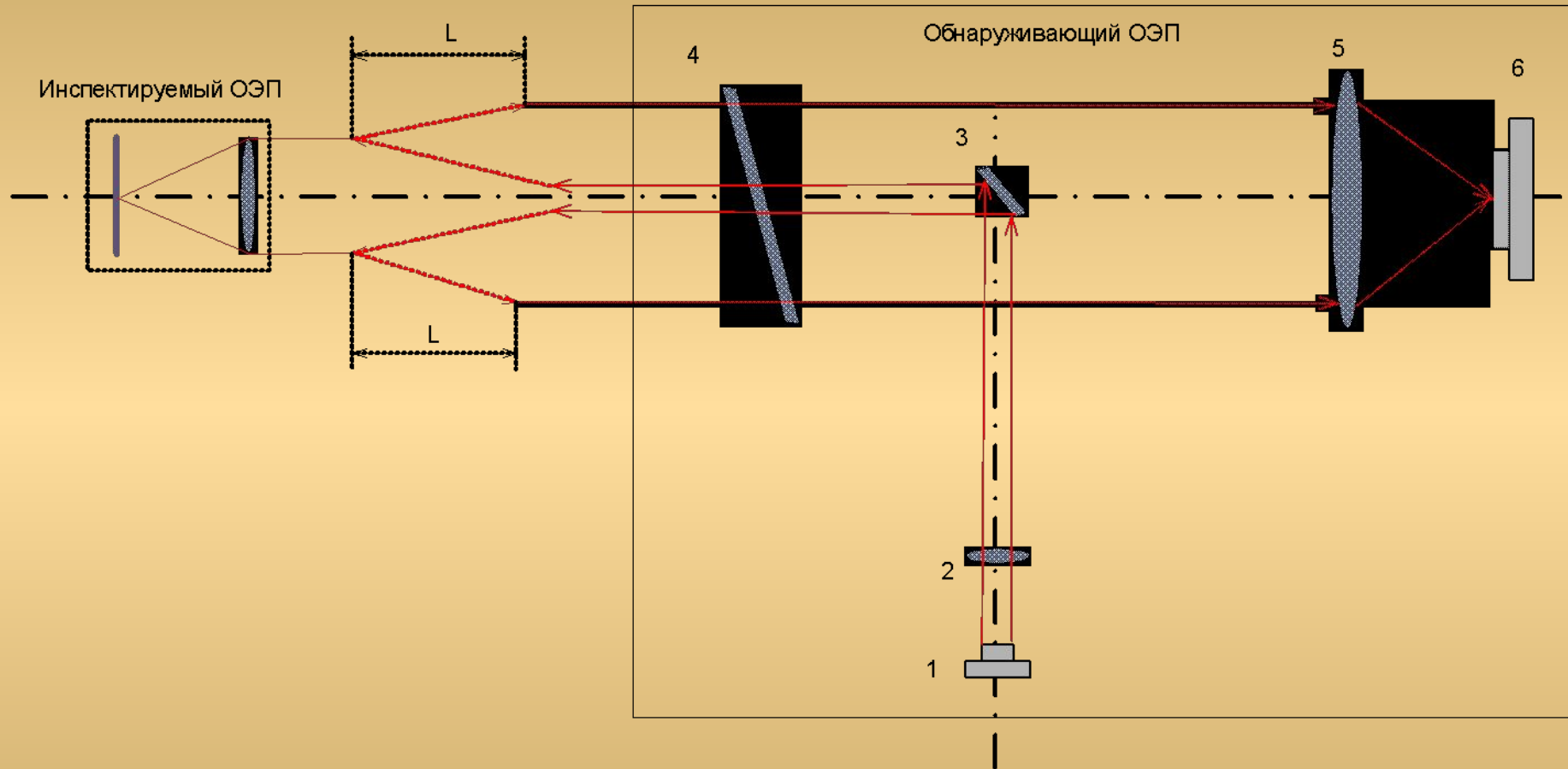
эффект световозвращения или «обратного блика»



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

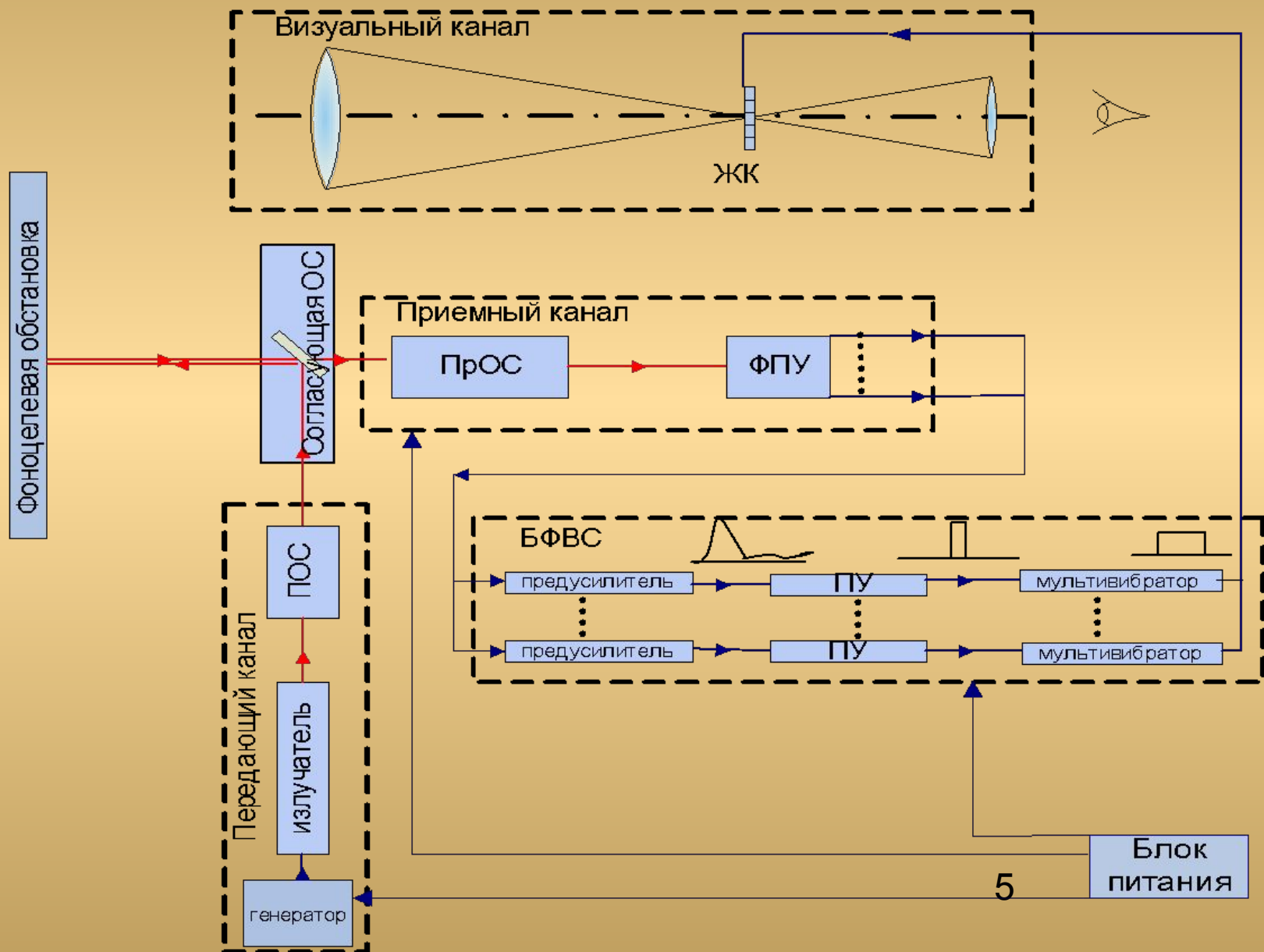
1. **Оптические прицелы, бинокли**: стеклянная пластина с сеткой;
2. **фото- и видеокамеры**: фотопленка или ПЗС-матрица;
3. **Приборы ночного видения**: фотокатод ЭОПа;
4. Сетчатка человеческого глаза в фокусе системы с большой светосилой.

Принцип действия прибора

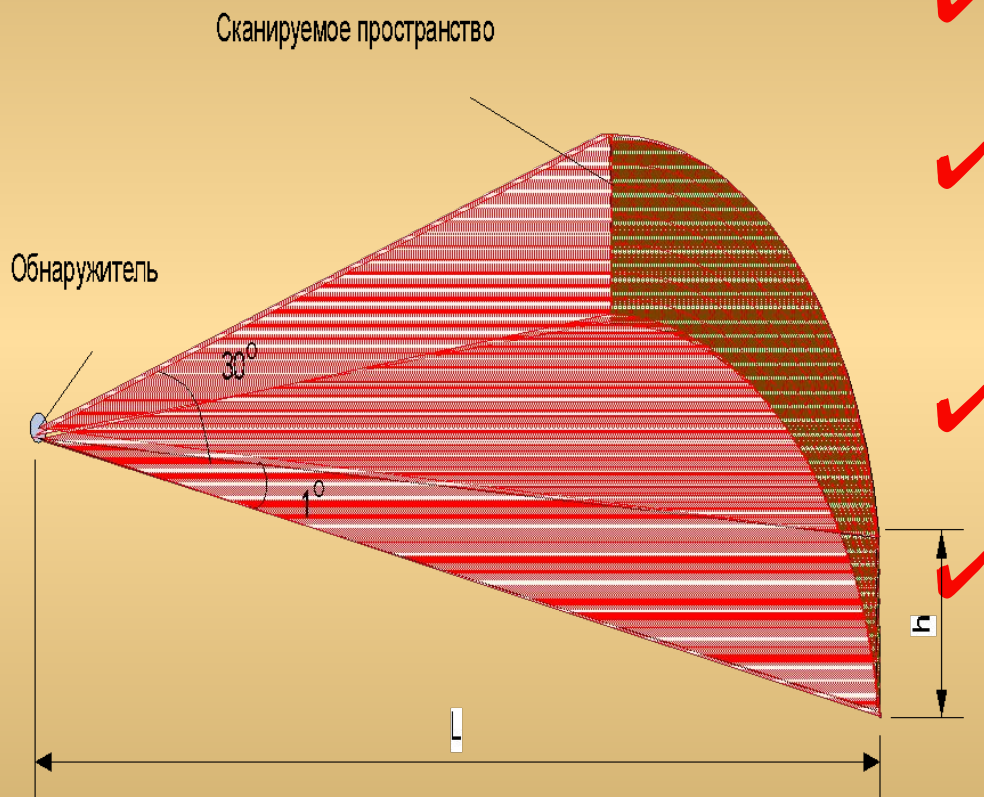


1 – излучатель; 2 – оптика излучателя; 3 – плоское зеркало;
4 – защитное окно; 5 – фотоприемник; 6 – объектив фотоприемника

Структурная схема прибора



Методика работы с обнаружителем



- ✓ Поле зрения по вертикали – 1°
- ✓ Поле зрения по азимуту обеспечивается сканированием вручную
- ✓ угловое разрешение: $\delta \approx 0,54$ мрад
- ✓ скорость сканирования пространства $1,55^\circ/\text{с}$

Исследование пеленгационной характеристики

✓ Пеленгационная характеристика ОЭП $R(\alpha)$ - зависимость показателя световозвращения (ПСВ) ОЭП от угла пеленга α .

$$R(\rho) = \frac{I(\rho)}{E_0} \quad (1)$$

$$R(\rho) = \frac{d\Phi_2 dS}{d\Omega d\Phi_1} = \frac{d\Phi_1 \tau_{oc2}^2 \rho \frac{\pi d d^2}{4}}{\frac{\pi d \varphi^2}{4} d\Phi_1} = \frac{\tau_{oc2}^2 \rho d d^2}{d\varphi^2} \quad (2)$$

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

$$R(\alpha) = \frac{\tau_{\lambda}^2 \alpha_{\lambda} f'^4}{4 |(\Delta - c_{\text{э}} f' \alpha^2)(\Delta - D_{\text{э}} f' \alpha^2)|}$$

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

$$\alpha^* = \sqrt{\frac{\Delta(c_{\text{э}} + D_{\text{э}})}{2f'c_{\text{э}}D_{\text{э}}}}, \text{ имеет минимум.}$$

При двух значениях угла пеленга:

$$\alpha_c = \sqrt{\frac{\Delta}{f'c_{\text{э}}}} \quad \text{и} \quad \alpha_D = \sqrt{\frac{\Delta}{f'D_{\text{э}}}} \quad \text{имеет максимумы,}$$

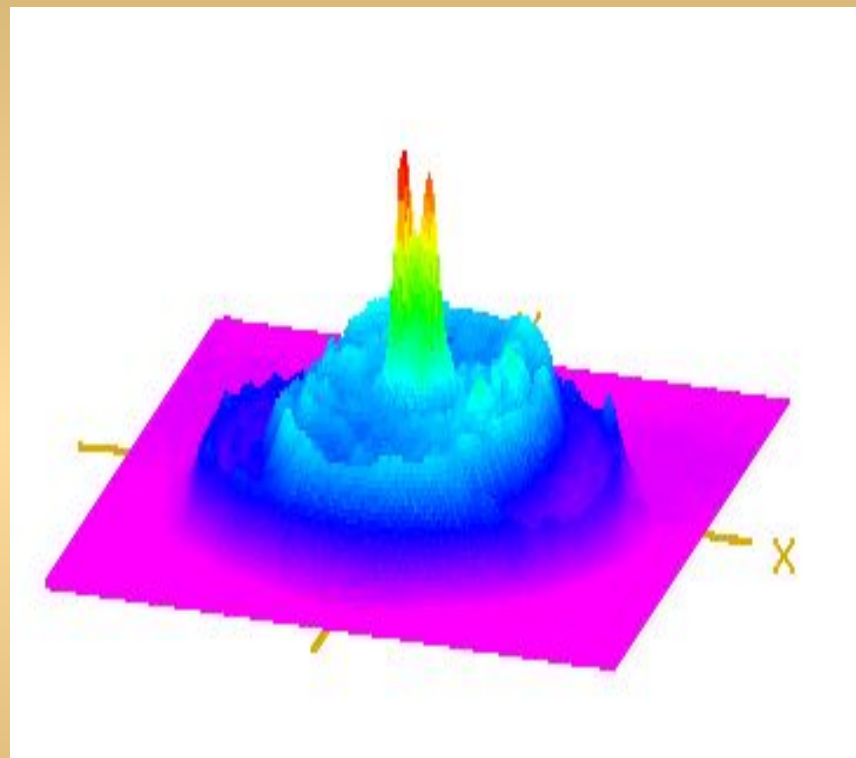
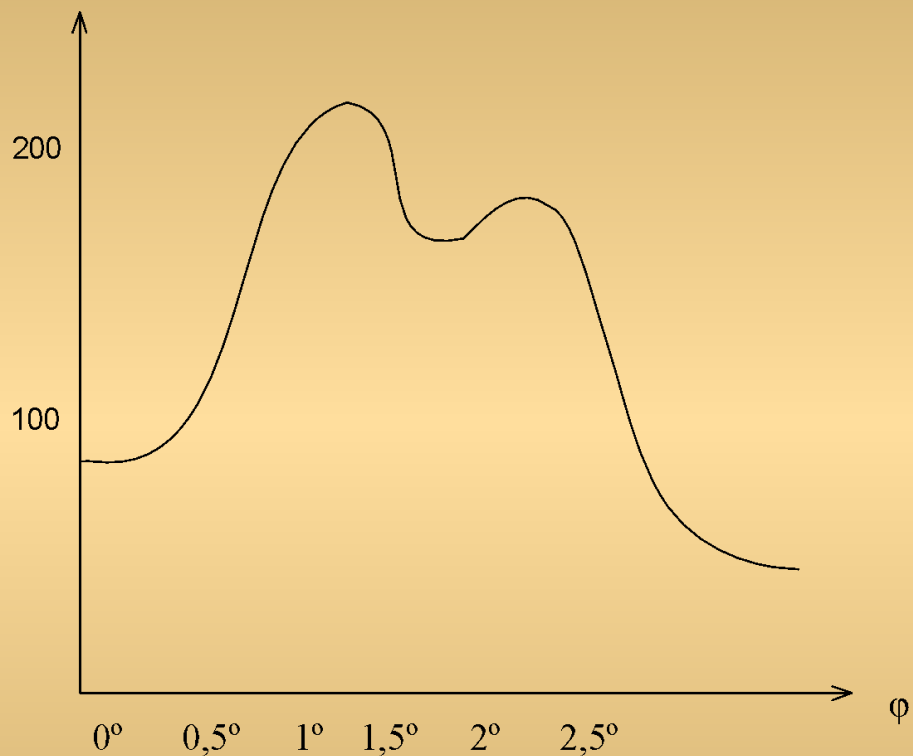
где τ_{λ} – коэффициент пропускания прибора;

$c_{\text{э}}, D_{\text{э}}$ – коэффициенты зависящие от конструктивных параметров и аберраций объектива прибора;

f' – фокусное расстояние объектива прибора;

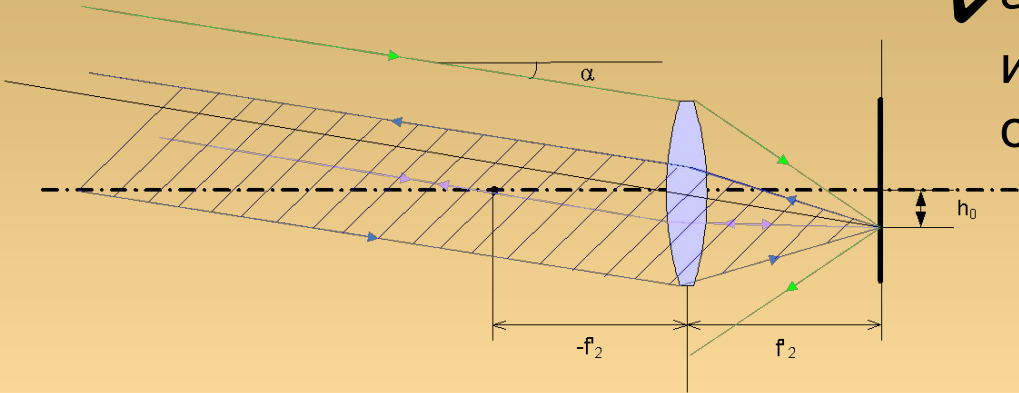
Δ – дефокусировка относительно гауссовой плоскости.

Зависимости пеленгационной характеристики ОЭП $R(\alpha)$ от угла пеленга



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

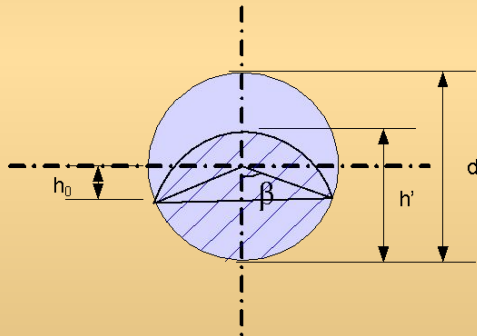
Определения предельного угла наблюдения объекта



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

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

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



✓ 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 $f/d=1$ $\alpha_{\max} = 27^\circ$
- ✓ При $f/d=1,5$: $\alpha_{\max} = 18,5^\circ$ 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 получены 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 ограниченных алмазов



Потенциальные потребители

- Охранные предприятия
- Частные потребности

Общая характеристика рынка

Обзор аналогов

Наименование прибора	Производитель	$L_{обнар}^{\lambda}$, м	Угол зрения, град.	Энергопотребление, Вт	Напряж. ист. электропитания	Время непрерывной 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	–
РАРВ	КБ точного машиностроения	300...1500		15				56	–
Луч	НПЦ «ТРАНСКРИПТ»	800...1400	1.0°×0.1°	2	(9 - 15) В	8	105x115x55	0.8	–
Антинаблюдатель	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	1260x150x140	1.5	0.61

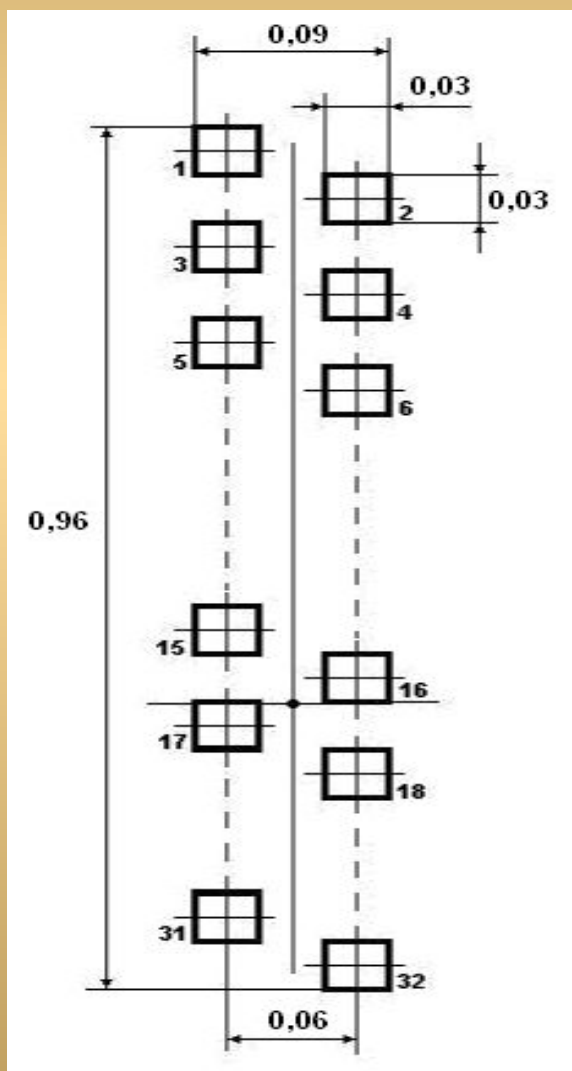
Конкурентные преимущества

- 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	≥ 5 · 10 ¹¹ Вт ⁻¹ см Гц ^{0.5}
Температура охлаждения	≥ 40°(Т1) 20

2. Выбор источника излучения

Лазерный диод непрерывного режима генерации

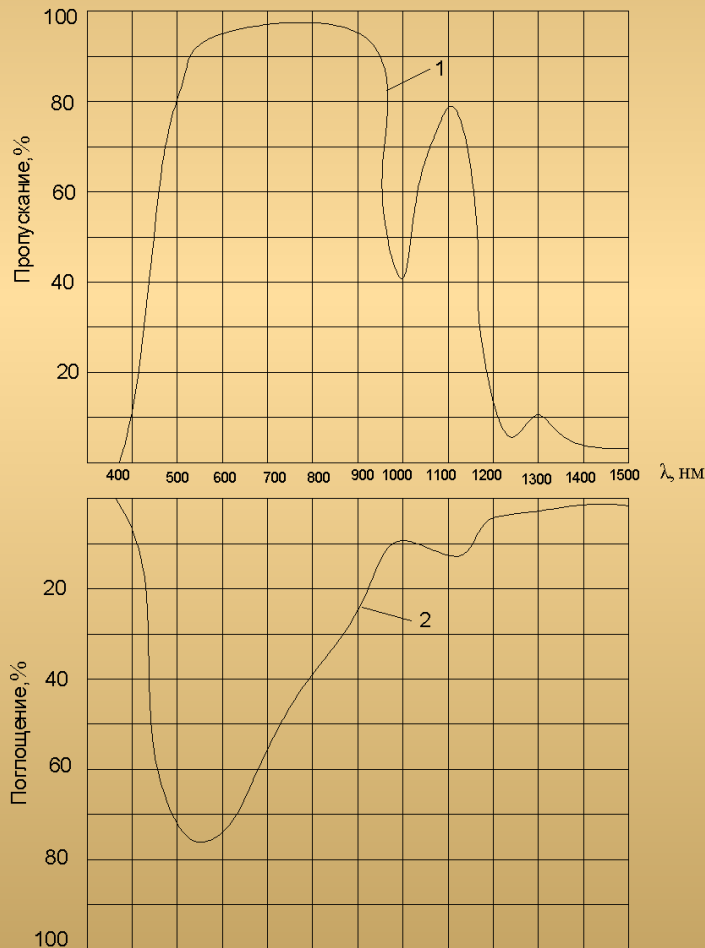


- ✓ Требуемая длина излучения 1,54 мкм;
- ✓ высокая мощность излучения на выходе;
- ✓ КПД потребляемой мощности лазерного диода значительно выше, чем у лазера;
- ✓ небольшие габариты лазерного диода;
- ✓ Задали частоту $f=50\text{Гц}$, длительность излучения $t=1\text{мс}$.

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

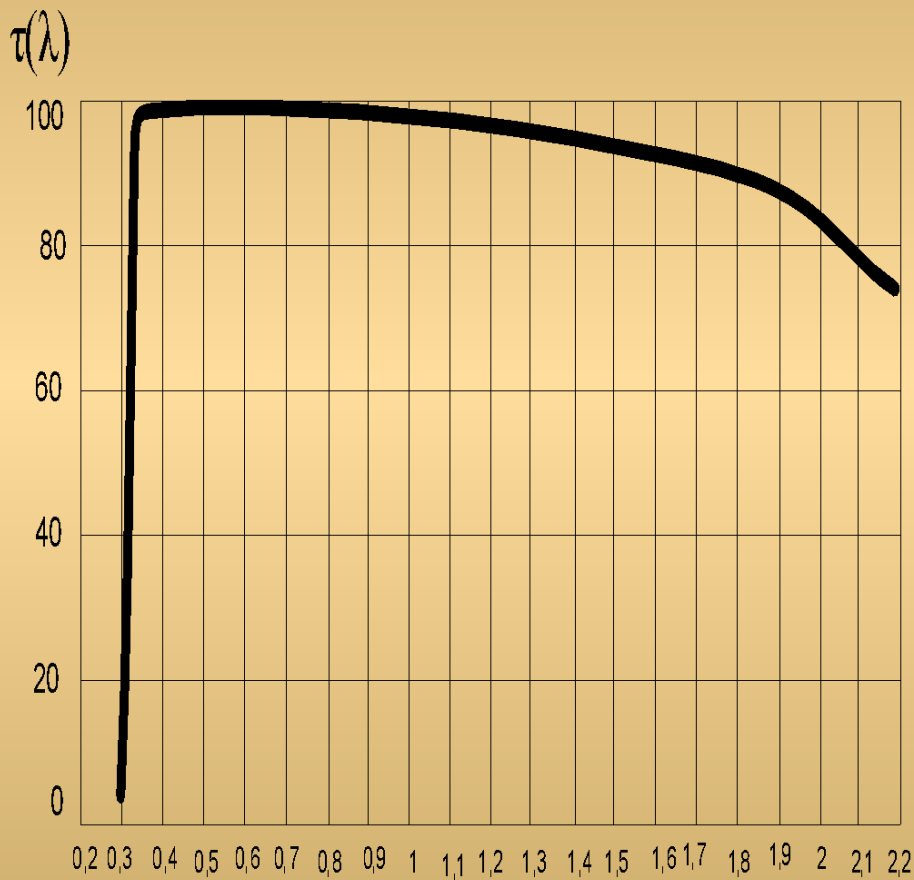
Преимущества использования 1,54 мкм лазера

Безопасность для глаза человека



✓ Излучение 1.54 мкм поглощается хрусталиком и не поглощается пигментным эпителием 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