

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский технологический университет»  
МИРЭА**

# **ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЁМНЫХ МИКРОСТРУКТУР НА ПОДЛОЖКАХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОПТИЧЕСКОГО ПАССИВНОГО ЗАТВОРА**

**Направление 28.01.04 Нанотехнологии и микросистемная техника  
Магистерская программа 222900.68.26 Нано- и микросистемная техника  
Магистерская диссертация**

**Магистрант:  
Панов А.С.  
Группа ЭНМО-1-15**

**Руководитель :  
д.т.н. профессор  
Прудников Н. В.**

# Цель диссертационной работы

**Исследование технологии изготовления микромеханического оптического пассивного затвора с наносекундным временем срабатывания, релаксирующего к прежнему состоянию после прекращения воздействия.**

## Задачи исследования

- Анализ механизмов воздействия лазерного излучения на элементы ОЭС;
- Анализ существующих технологий защиты от поражающего лазерного излучения;
- Принцип работы и модель микромеханического затвора с наносекундным быстродействием;
- Анализ полученных результатов.

# Анализ воздействия лазерного излучения на элементы фотоприёмных устройств:

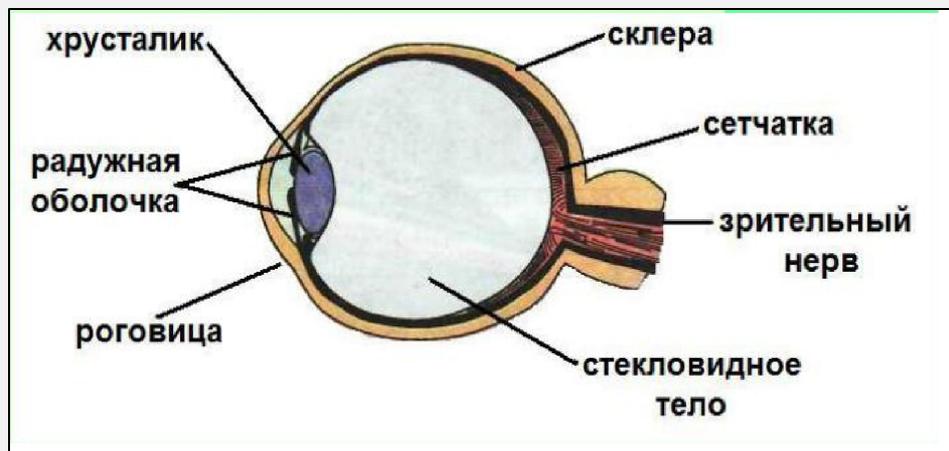
1. На металлические слои и подложки -



2. На поверхность полупроводников -



3. На органы зрения -



# **Воздействие лазерного излучения на металлические слои и подложки**

**Металлические слои являются составными частями матричных полупроводниковых фотоприемных устройств и основным материалом фотоэмиссионных катодов ЭОП и ФЭУ.**

**При мощности лазерного излучения, превышающей порог плавления металлов, происходит тепловое разрушение металла.**

**У процесса разрушения выделяют несколько стадий, которые в некоторых случаях могут проходить одновременно.**

**Этими стадиями являются:**

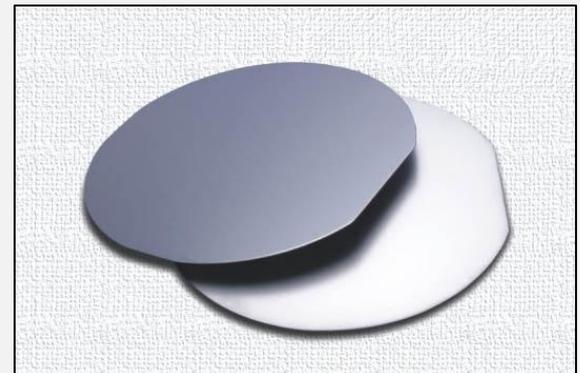
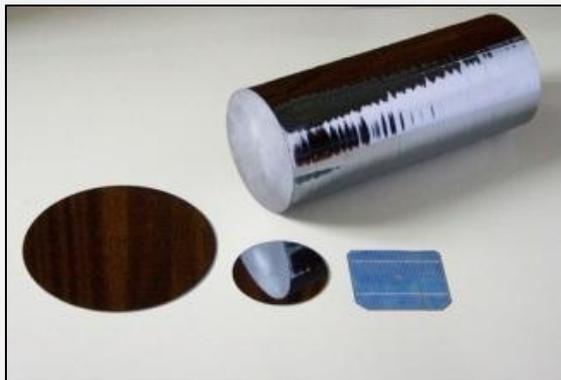
- Нагрев и плавление металла;**
- Выброс жидкой и газовой фаз;**
- Нагрев и ионизация выброшенного материала;**
- Нагрев и разлет образовавшейся плазмы.**

# Воздействие лазерного излучения на поверхность полупроводника

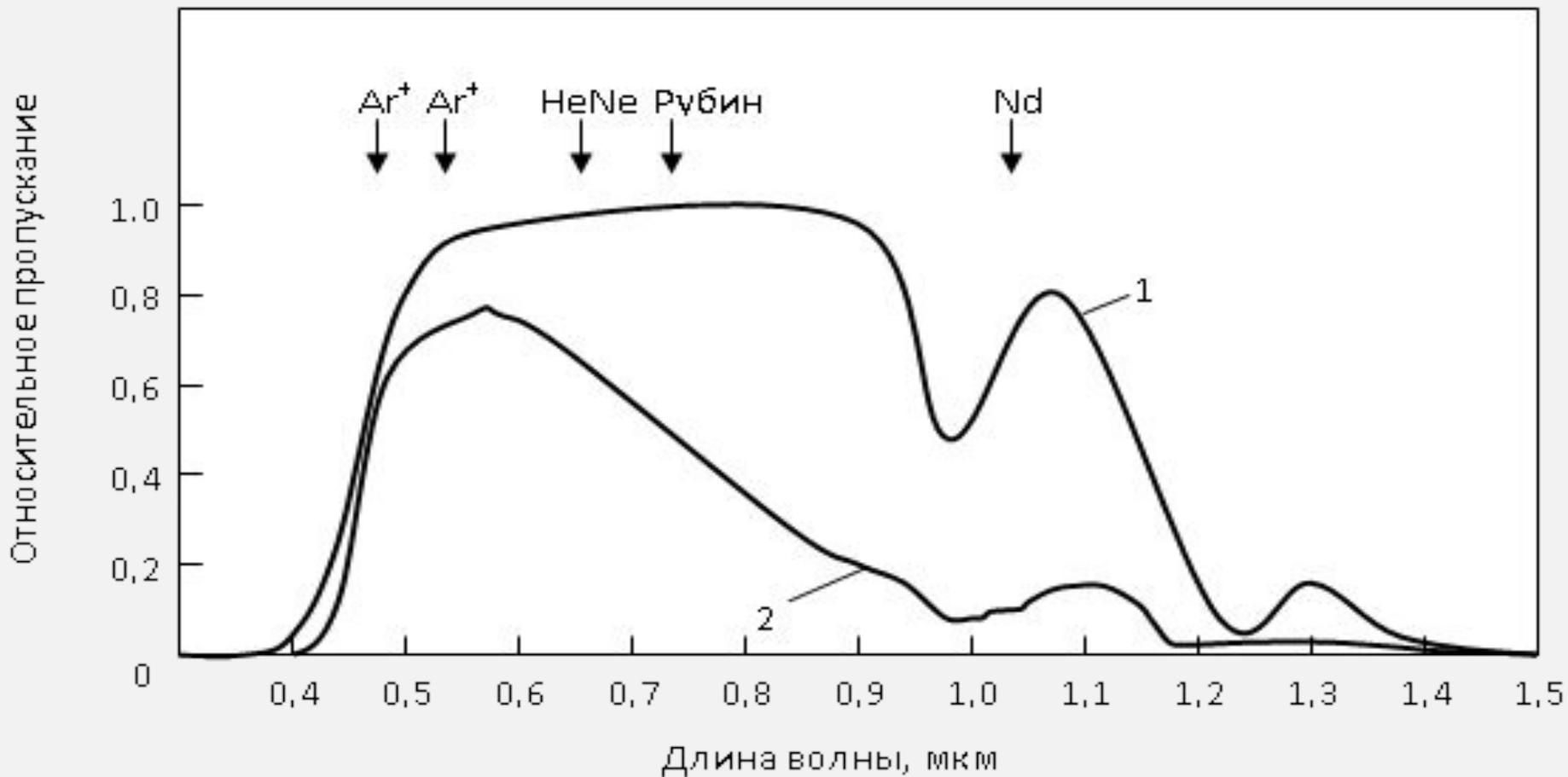
Воздействие мощных наносекундных импульсов на полупроводники приводит как к процессам, идущим вне полупроводника (образование газа и плазмы, нагревание плазмы излучением, ионизацию газа), так и к процессам внутри движения границы разрушения в глубину, увеличения температуры вблизи зоны воздействия лазерного луча, распространения в твердом теле волн сжатия и разряжения.

В веществе появляются трещины, углубления термического травления; при увеличении энергии в импульсе возникают глубокие кратеры.

Также было обнаружено плавление поверхностного слоя полупроводника.



# Воздействие лазерного излучения на органы зрения



**1 - Пропускание глазной среды;**

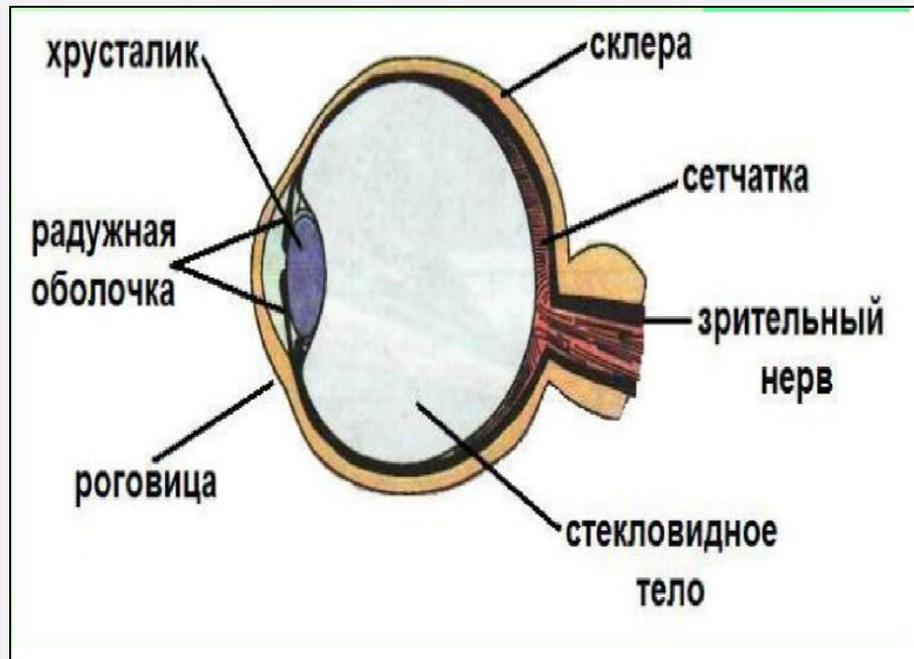
**2 - Произведение пропускания на поглощение сетчаткой.**

# Воздействие лазерного излучения на органы зрения

Ультрафиолетовая область – разрушение молекул белка роговой оболочки и ожог слизистой оболочки глаза.

Видимая область – ожог сетчатки (при нагреве свыше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит пороговое разрушение). От обратимого поражения до слепоты.

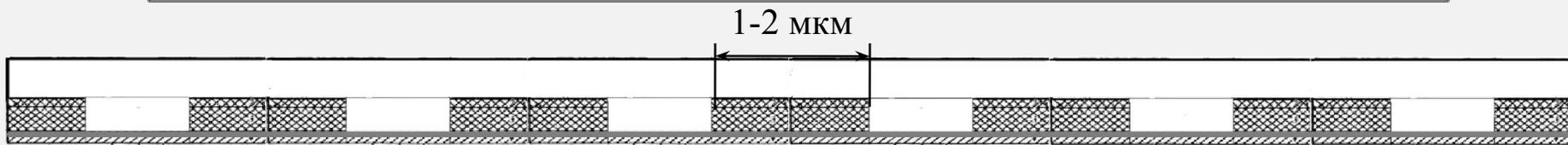
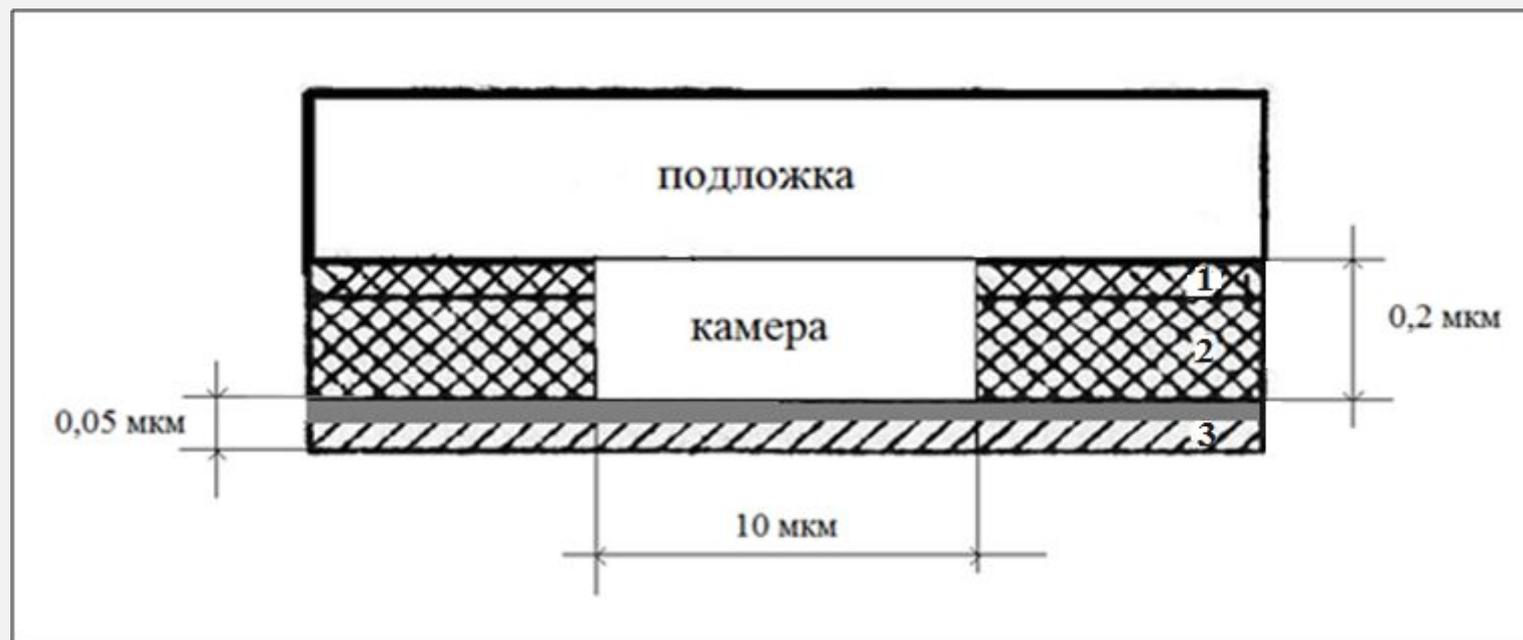
Инфракрасная область (ближний и средний диапазон до  $3.5\text{ }\mu\text{m}$ ) – излучение поглощается радужной оболочкой, хрусталиком и стекловидным телом.



# Существующие технологии и устройства защиты от лазерного излучения, их преимущества и недостатки

Технология	Универсальность (охватываемый диапазон)	Быстрота срабатывания	Быстрота восстановления	<u>Энерго-</u> независимость
Поляризационный фильтр (ячейка Керра и др.)	-	+	+	+
Многослойные фильтры	-	+	-	+
Механическая крыльчатка	-	-	-	-
Микромеханический затвор	+	+	+	+

# Конструкция микромеханического затвора



**Подложка – стекло;**

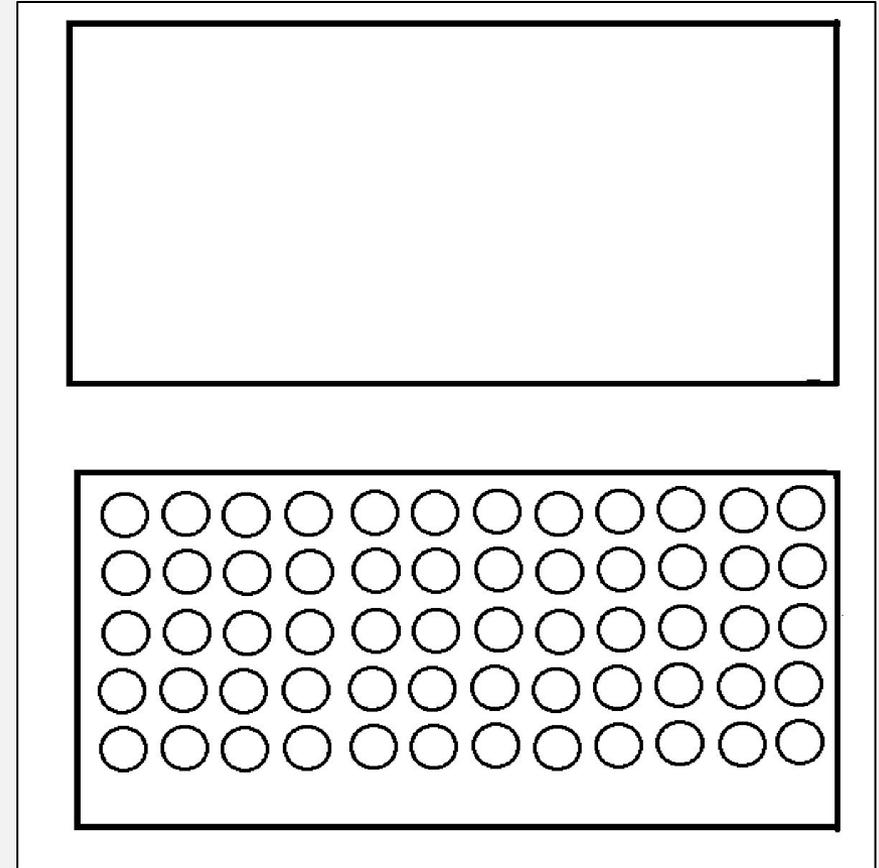
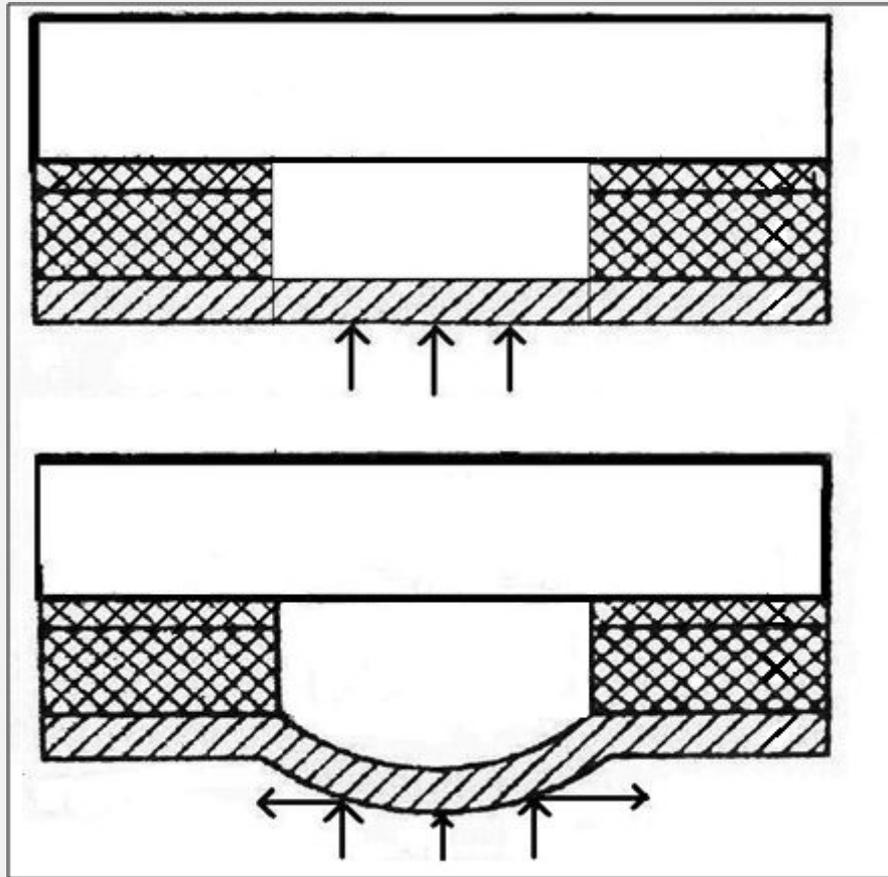
**1 - полиметилметакрилат;**

**2 - хром;**

**3 - золото.**

**Толщина золотой пленки 0,05 мкм. Диаметр микрокамеры 10 мкм, а глубина 0,2 мкм. Микрокамеры располагаются с шагом 1-2 мкм.**

# Принцип работы микромеханического затвора

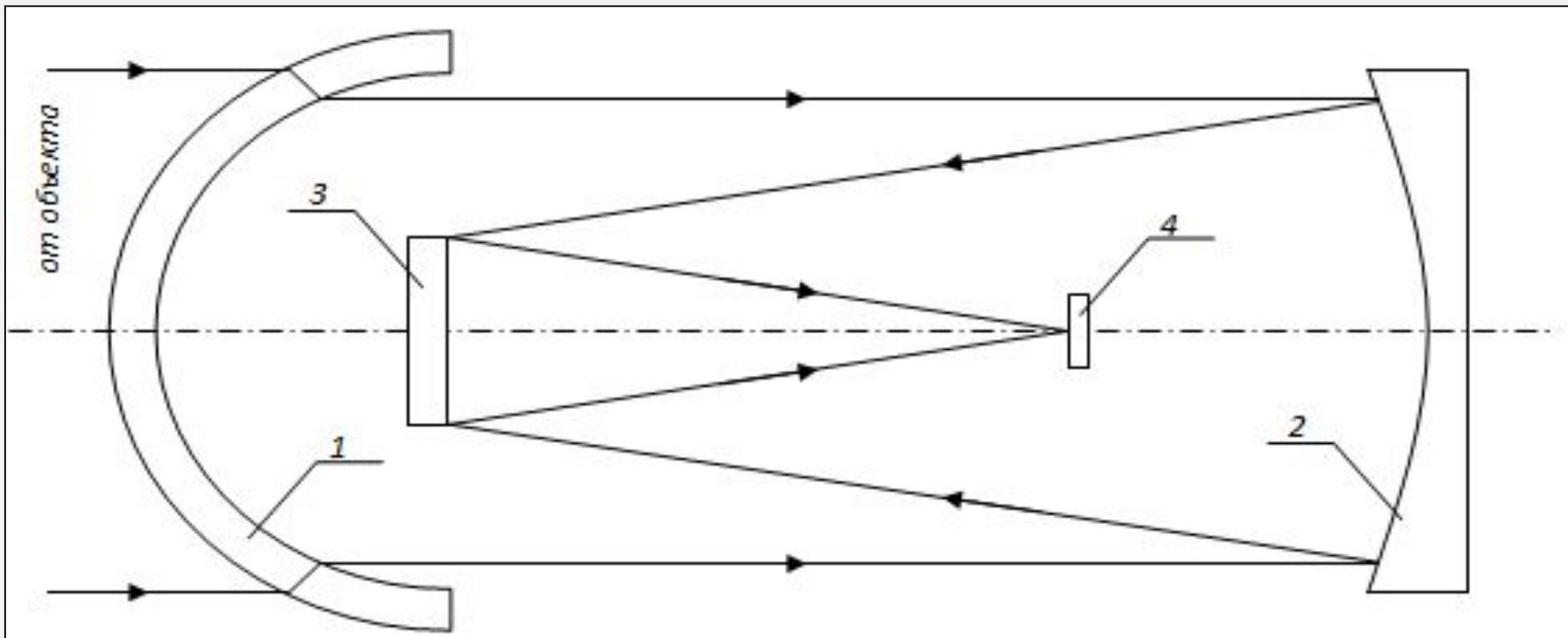


**Эффект возникновения микрокуполов имеет тепловой характер: поглощенное излучение нагревает газовую среду внутри микрокамер, это вызывает деформацию пленки над микрокамерой и рассеивание входящего лазерного излучения.**

# **Основные требования к защитным быстродействующим затворам**

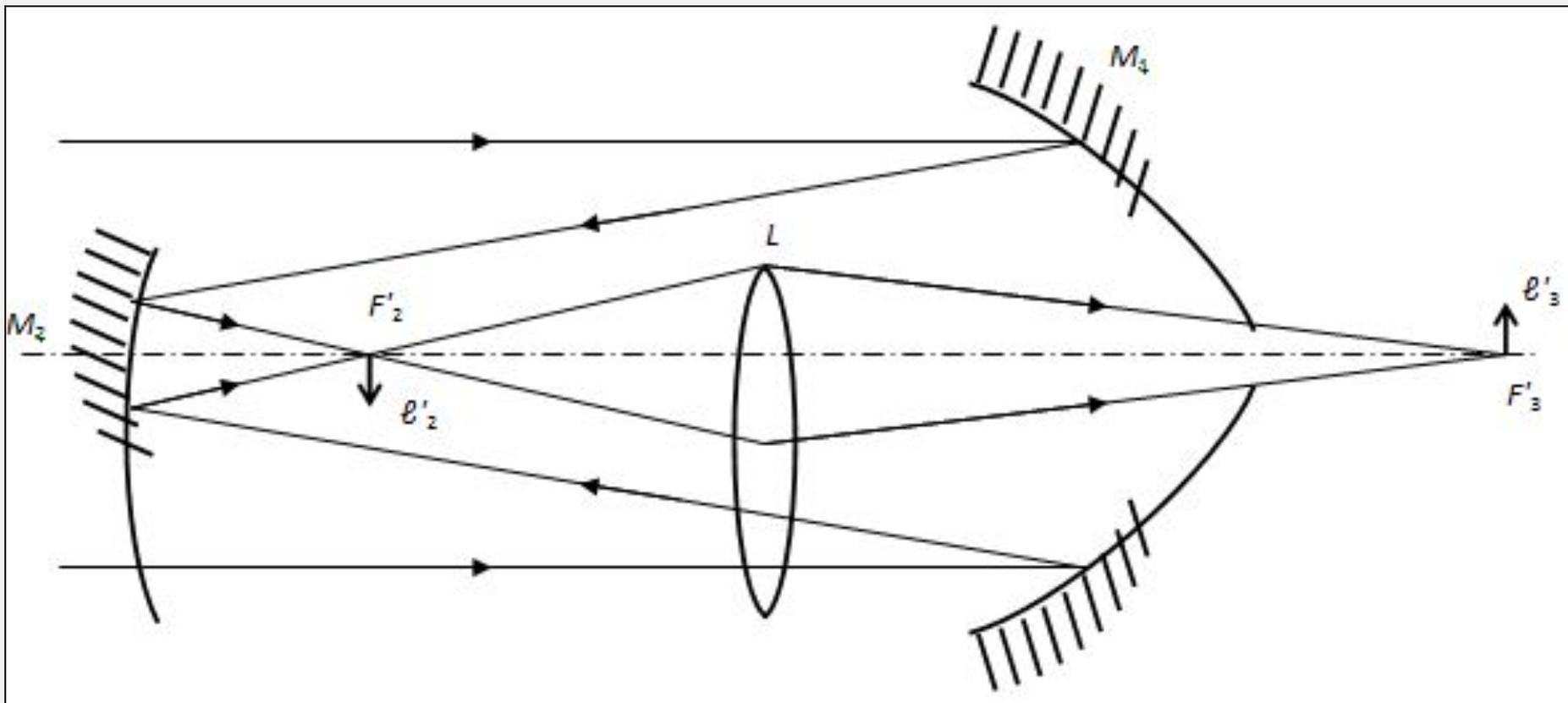
- Время срабатывания за время порядка десятой доли длительности импульса ослепления (т.е.  $\approx 1 \cdot 10^{-9}$  с);**
- Коэффициент защиты  $90 \div 100$  %;**
- Время релаксации к прежнему состоянию за время не более  $10^{-5}$  -  $10^{-4}$  с;**
- Рабочий диапазон длин волн 0,3-11 мкм;**
- Технический ресурс  $10^4$  импульсов ослепления.**

# Оптические схемы устройств, в которых могут быть использованы наносекундные микромеханические затворы

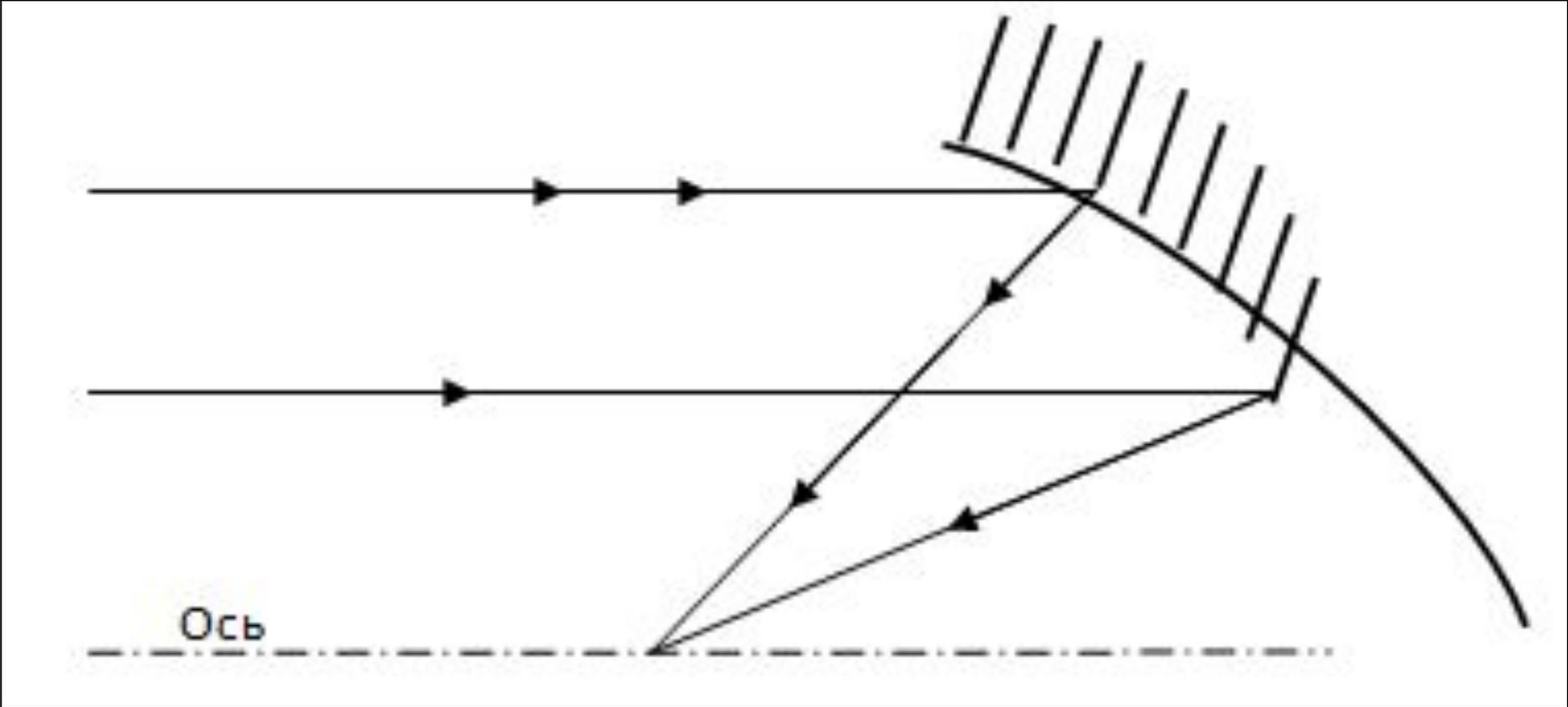


- 1 - Прозрачный обтекатель;
- 2 - Сферическое зеркало;
- 3 - Плоский контррефлектор (затвор);
- 4 - Приёмник.

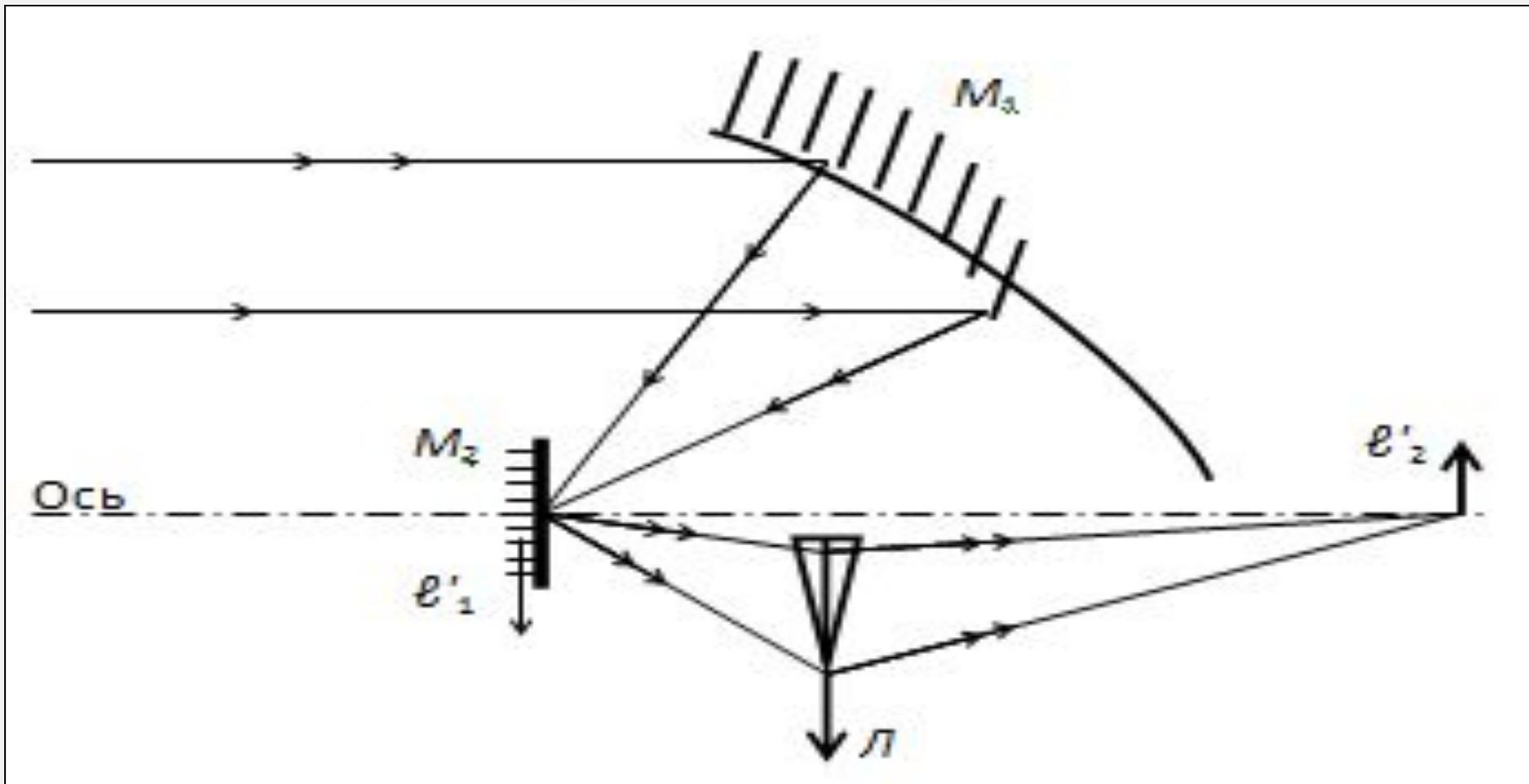
# Зеркально-линзовая система Грегори



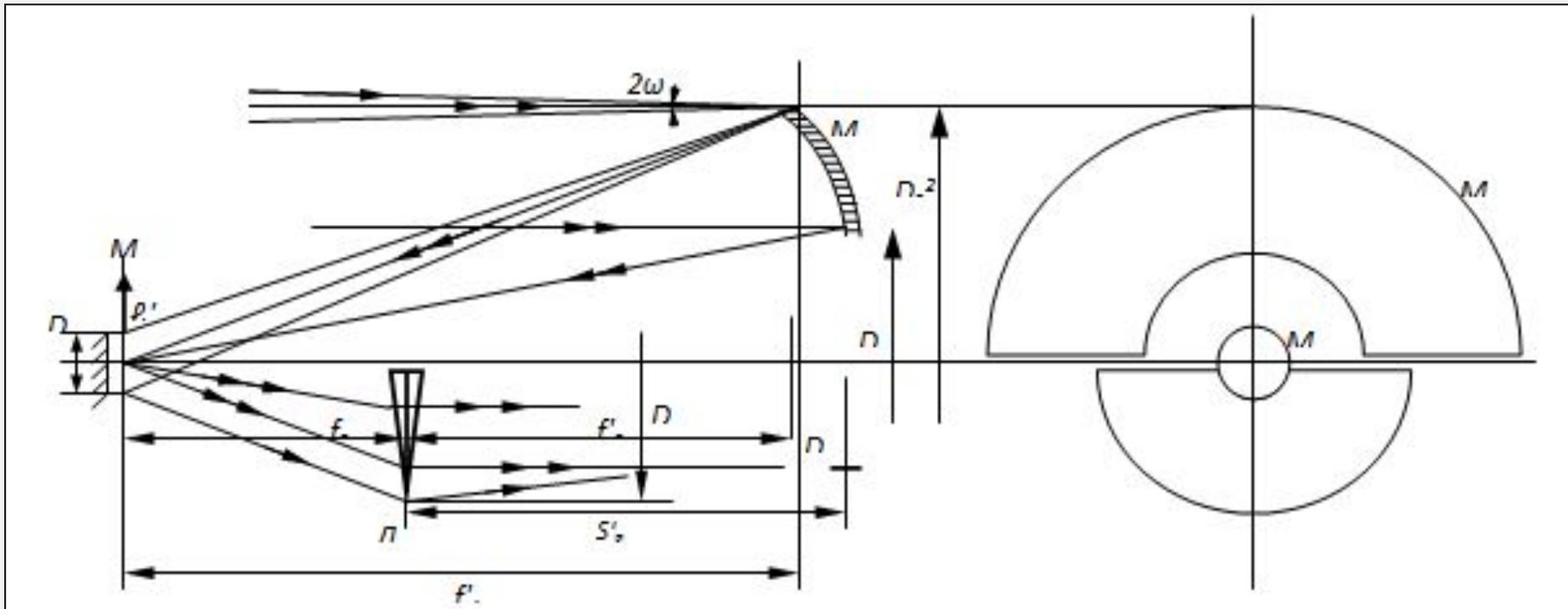
# Схема Гершеля с внеосевой апертурой



# Оптическая схема с внеосевой апертурой и формированием первого изображения на поверхности зеркала



# Оптико-механическая схема телескопа с внеосевой апертурой и промежуточным изображением на зеркале



# Заключение

**Технология изготовления оптического пассивного микромеханического затвора с наносекундным быстродействием имеет ряд преимуществ по сравнению с другими известными технологиями и методами защиты оптико-электронных систем от лазерного излучения и является самой эффективной в практическом применении: многократное использование, быстрое время срабатывания и релаксации, отсутствие подвижных элементов, энергонезависимость.**

**Пассивный микромеханический оптический затвор может быть внедрен и использован в большинстве существующих и разрабатываемых современных оптико-электронных системах.**

**Спасибо за внимание**