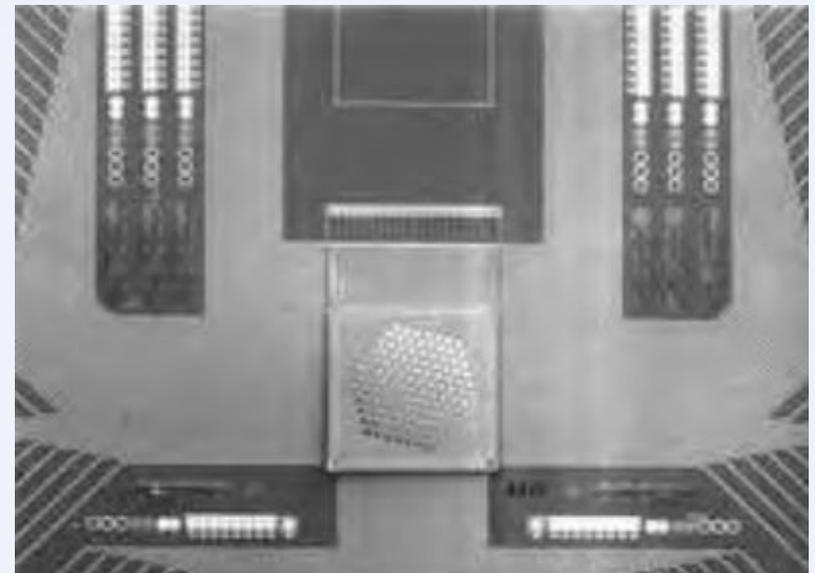
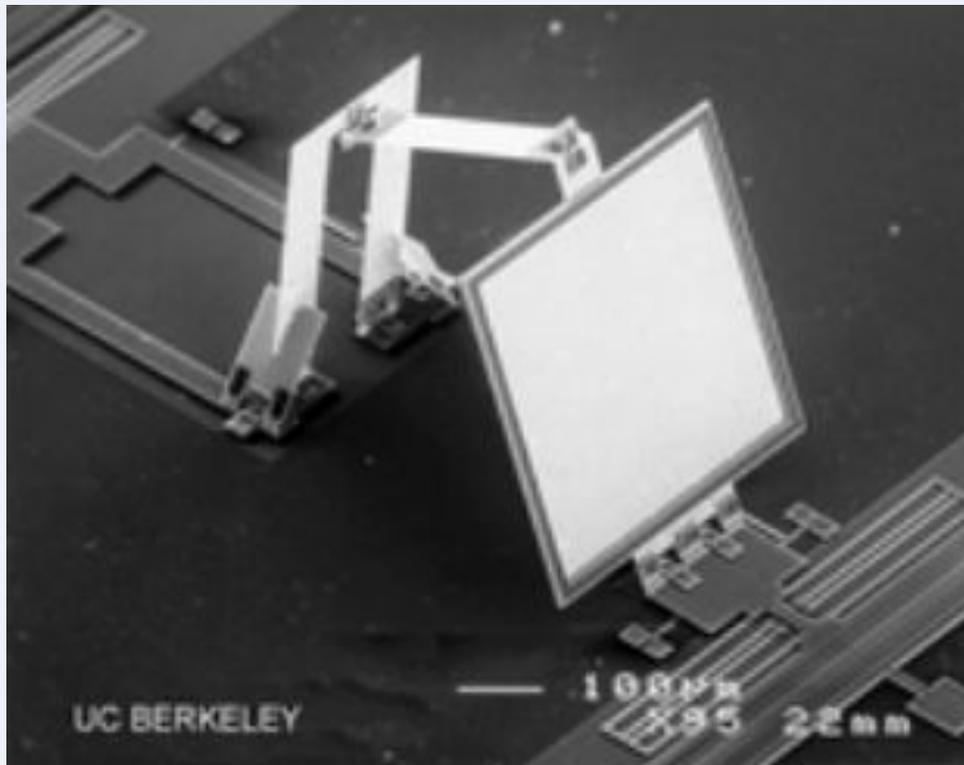


# Оптические МЭМС. Актуаторы для оптических МЭМС - микрозеркала. Технология DLP.

Перминов Валентин, гр. 21414

# Оптические МЭМС.

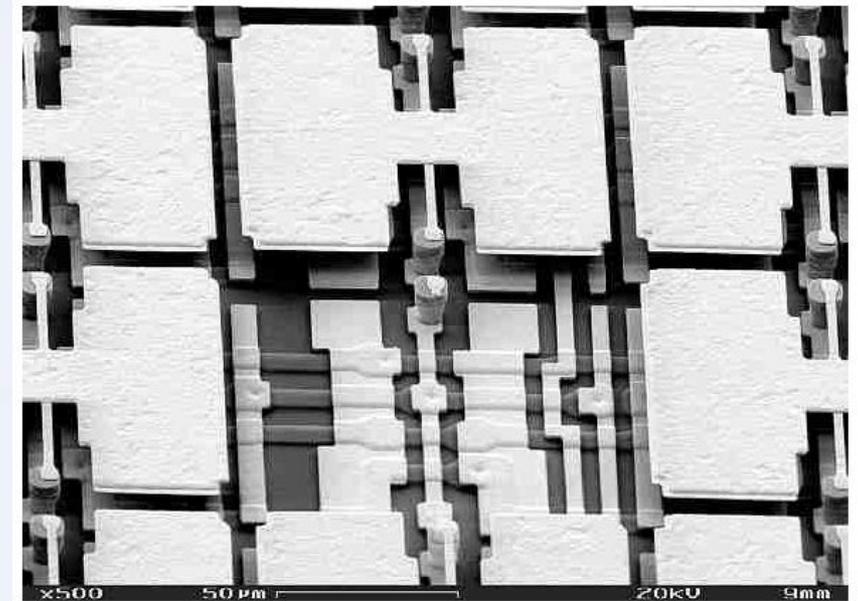
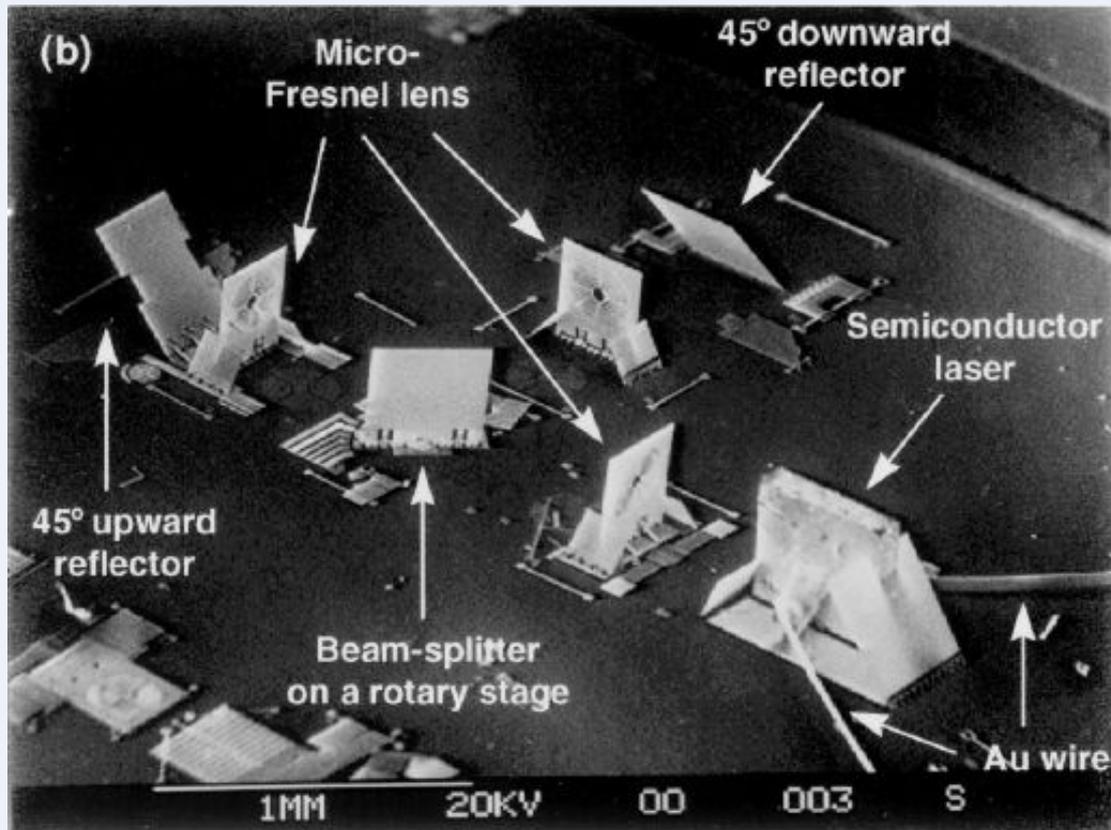
Раскладное поликремниевое зеркало.  
Управляется электростатическими  
комбинированными приводами,  
позиционирующими отражающую поверхность  
зеркала с очень большой скоростью и точностью.  
Зеркало создано в университете Беркли (США),  
интегрировано на одном кристалле с  
полупроводниковым лазером.



Миниатюрное гексагональное  
зеркало, состоящее из 127 более  
мелких подвижных зеркальц,  
интегрировано на управляющую  
плату (Air Force Institute of  
Technology)

# Оптические МЭМС.

Лазерная головка для считывания информации с оптических дисков выполненная на одном кристалле (Калифорнийский университет, 1996 г)



Микрозеркальная матрица разработки Фраунгоферовского института полупроводниковых технологий

# МЭМС-дисплеи

Технология IMOD (Interferometric MODulation — интерферометрическая модуляция).

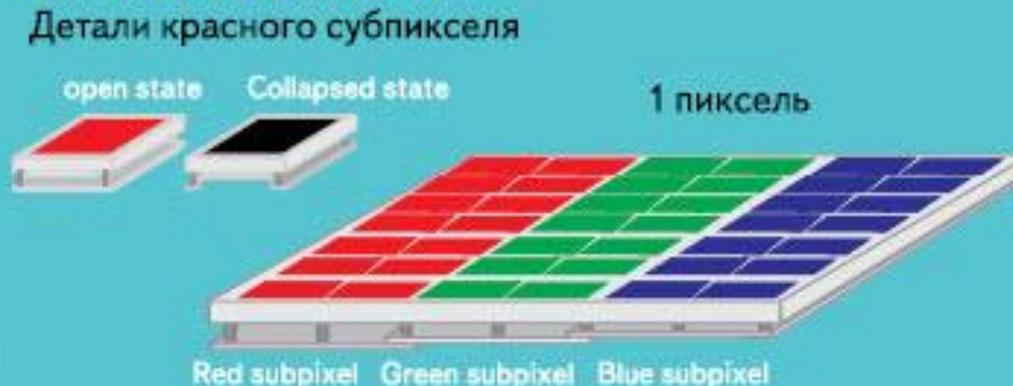
## Ядро iMoD-дисплеев



## Преимущества:

- Высокое разрешение (размеры «ядер» от 10 мкм)
- Низкое энергопотребление
- Высокое качество изображения даже при ярком освещении

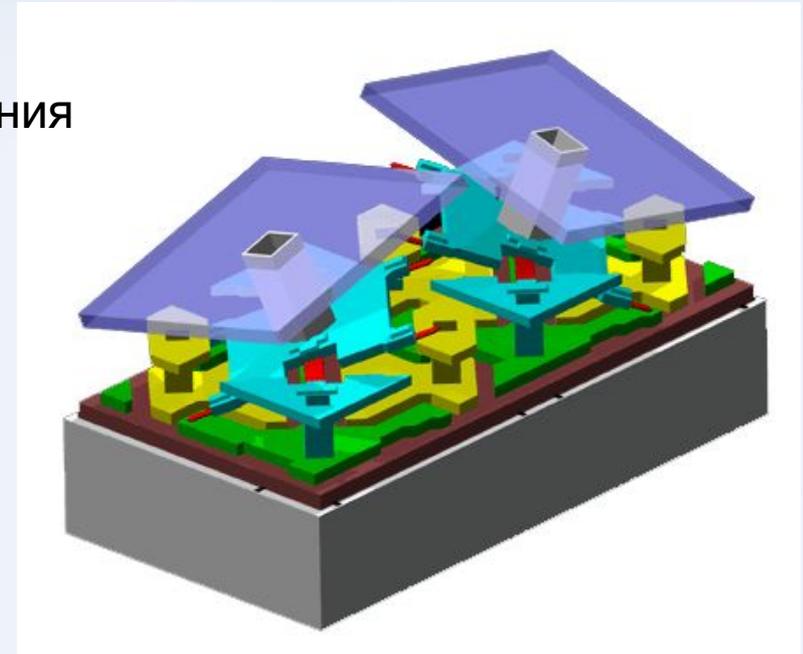
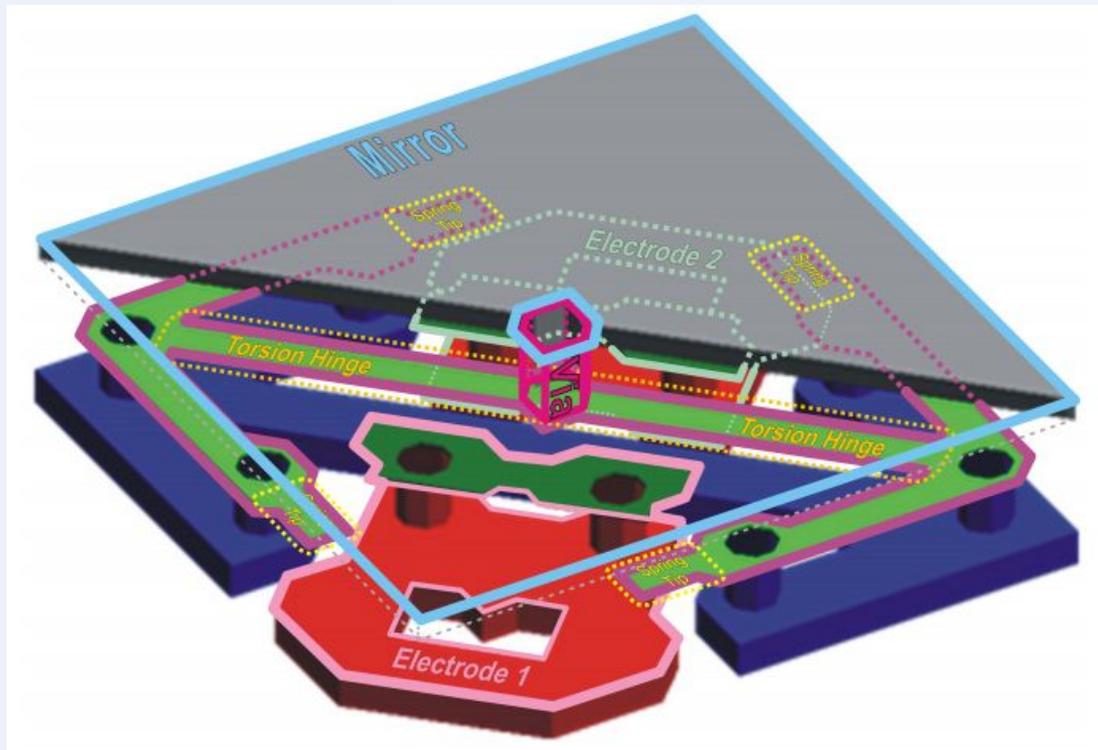
## Пиксели iMoD-дисплеев



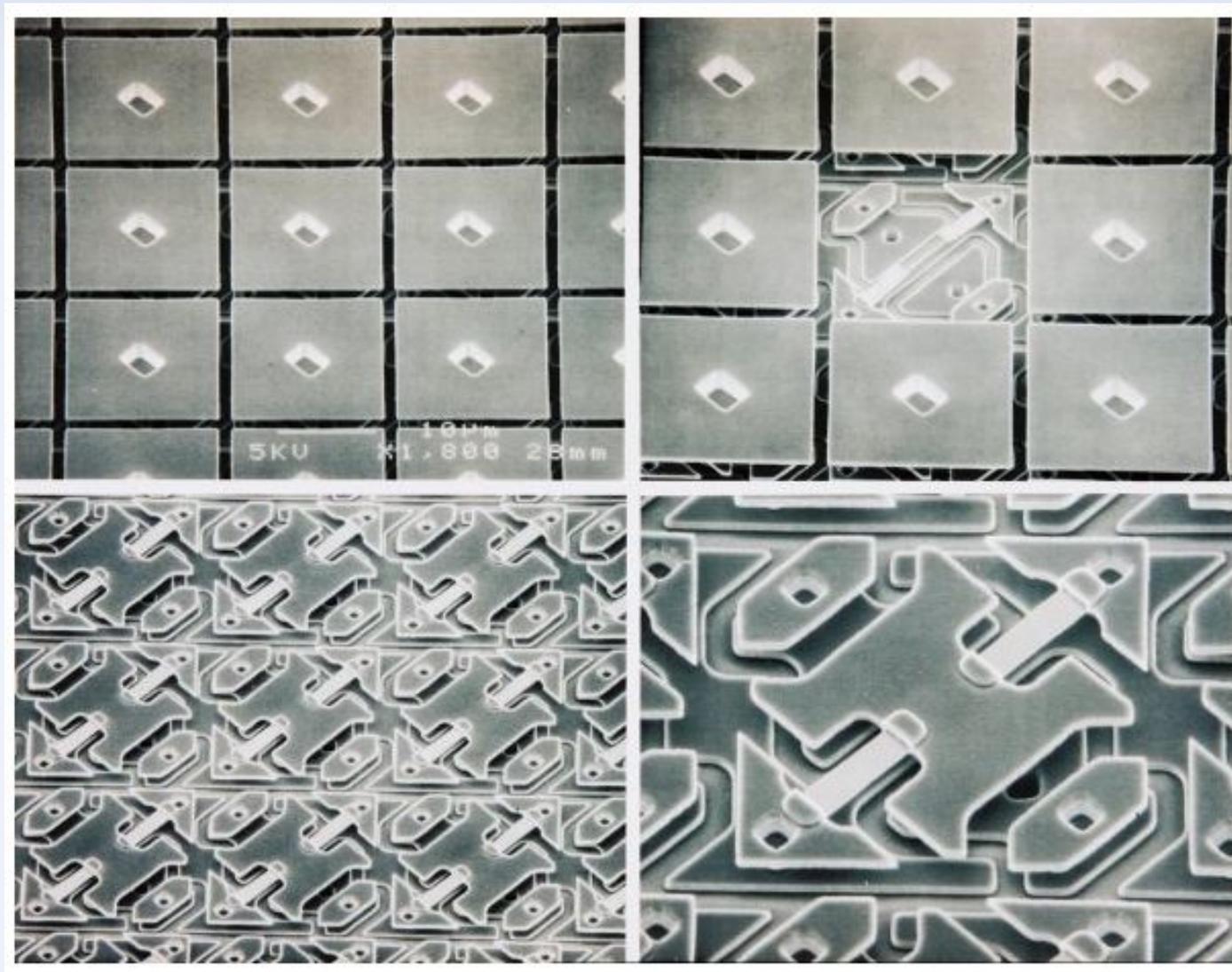
# Технология DLP

Схема пикселя DMD-матрицы (Digital Micromirror Device):

- Микрзеркало крепится на гибком подвесе
- Два положения, отличающихся ровно на 20 градусов
- Электростатическое управление
- Пружинные наконечники для предотвращения залипания
- Элемент SRAM-памяти для хранения состояния (направления) зеркала

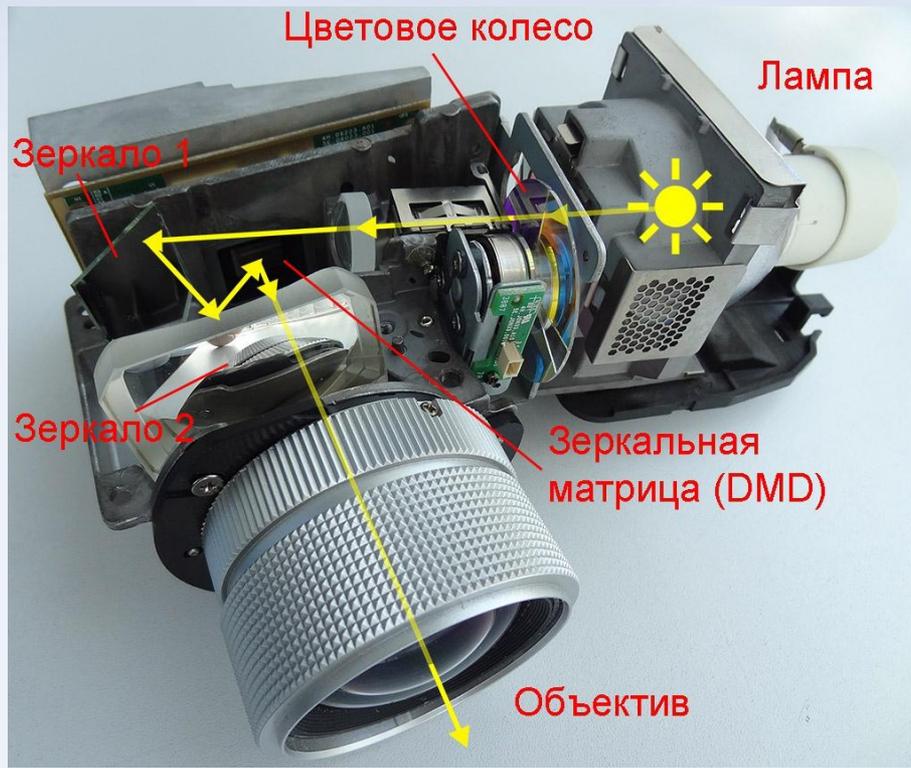


# Технология DLP

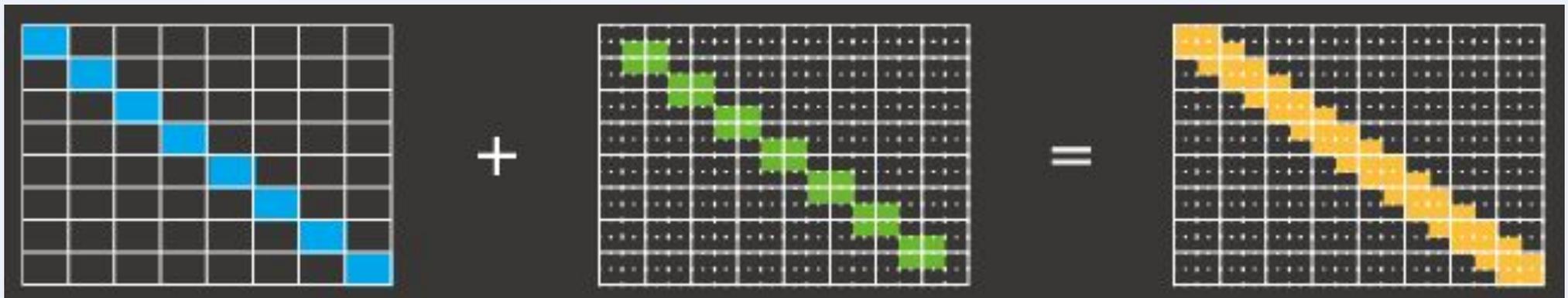


Снимок DMD-матрицы с размером микрозеркал 16мкм

# Технология DLP



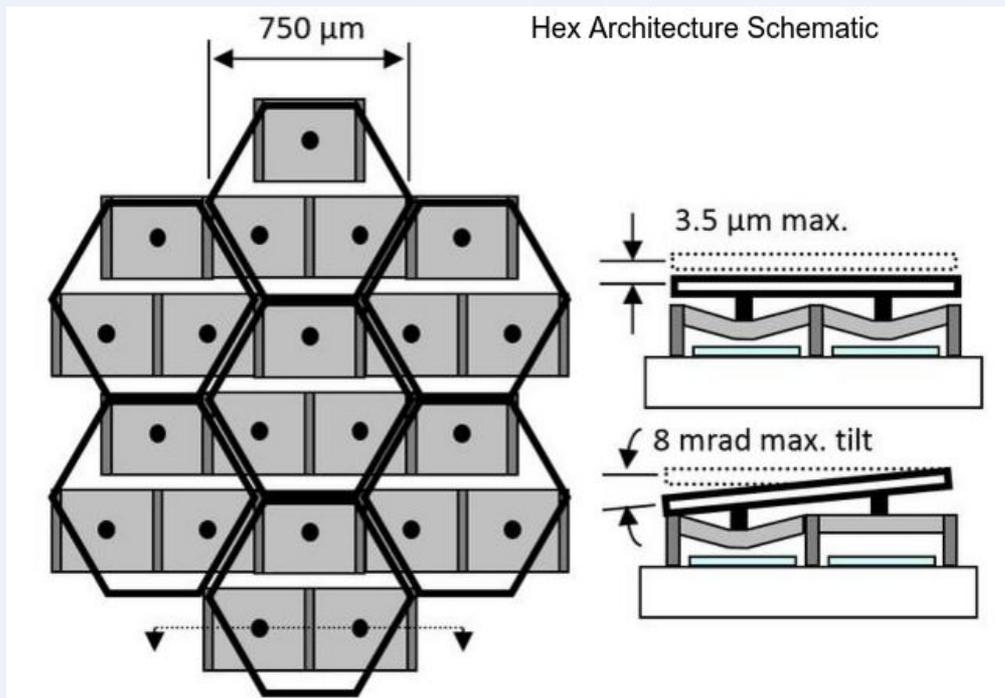
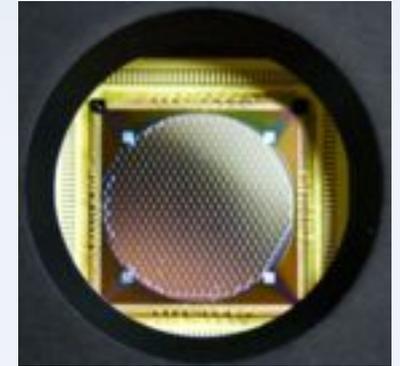
Максимальное доступное разрешение DMD-матрицы - 2560x1600



Принцип формирования изображения с разрешением 3840x2160

# Адаптивное (деформируемое) зеркало

**Применение** - коррекция волнового фронта, устранение aberrаций: наземные астрономические телескопы, системы оптической коммуникации, промышленная лазерная техника, оптическая микроскопия.

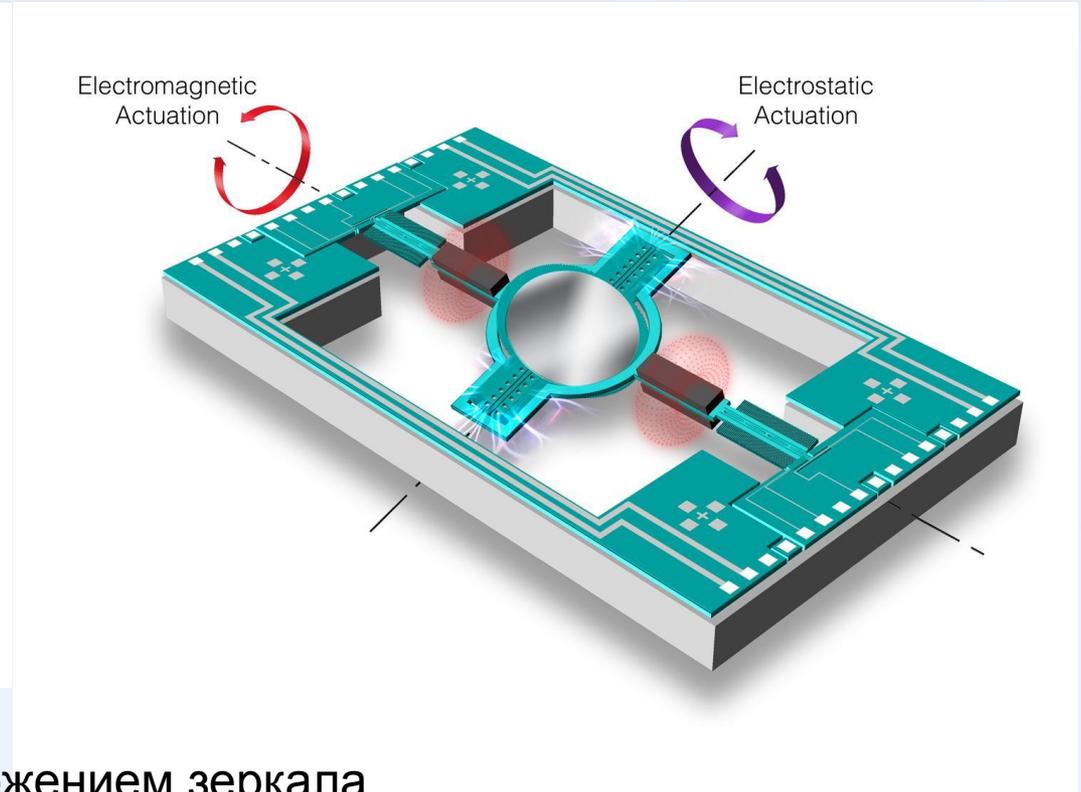


- Характеристики** адаптивных МЭМС зеркал (MEMS-based Deformable Mirrors):
- Перемещение (ход) сегментов до 8 мкм
  - Шаг перемещения менее 1 нм
  - Время отклика от 500 до 2 мкс
  - Отсутствие гистерезиса
  - Квадратичная зависимость перемещения от приложенного напряжения
  - Прикладываемые напряжения до 300 В.

Схема гексагонального адаптивного зеркала компании Boston Micromachines Corporation.

# Сканирующие МЭМС зеркала

Сканирующее двухосевое зеркало на карданном подвесе производства Maradin Ltd.



## Особенности:

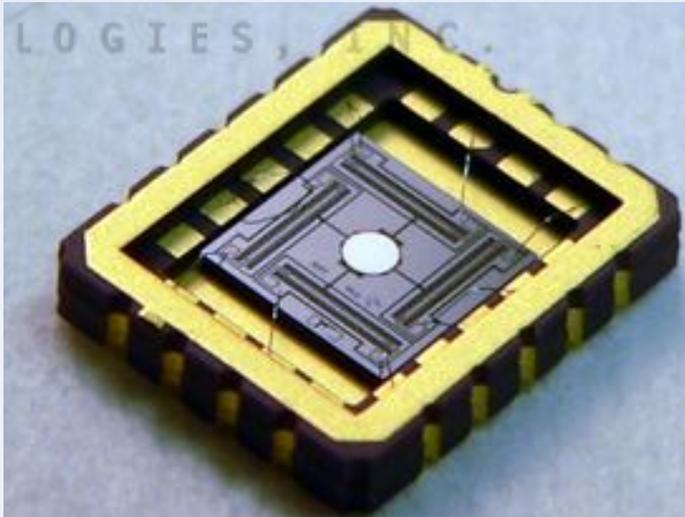
- Аналоговый характер управления положением зеркала
- Работа в режиме резонанса (частоты в кГц диапазоне)
- Углы наклона  $36-25^\circ$  (1280x600px)
- Точность позиционирования 1/5px
- Размер зеркала 1 мм

**Применение** - лазерные проекционные системы:

- Проекторы
- HUD-дисплеи
- Лазерная гравировка
- Оборудование для лазерных шоу

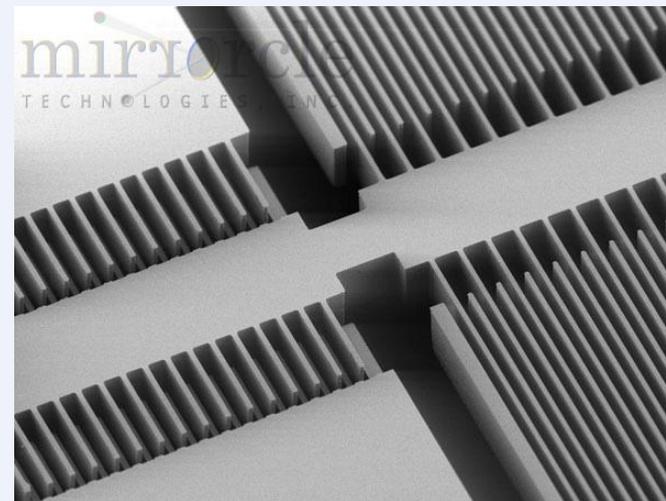
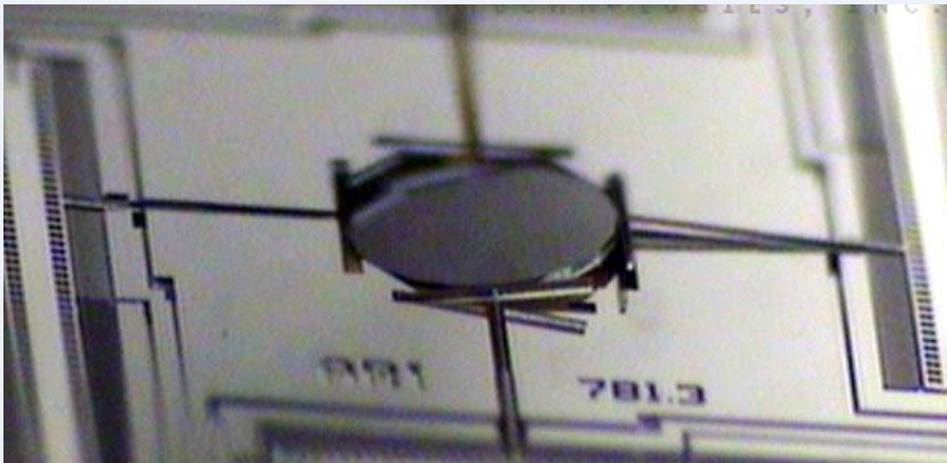
# Сканирующие МЭМС зеркала

Сканирующие двухосевые зеркала производства Mirrorcle Technologies.  
**Integrated Mirror Devices**



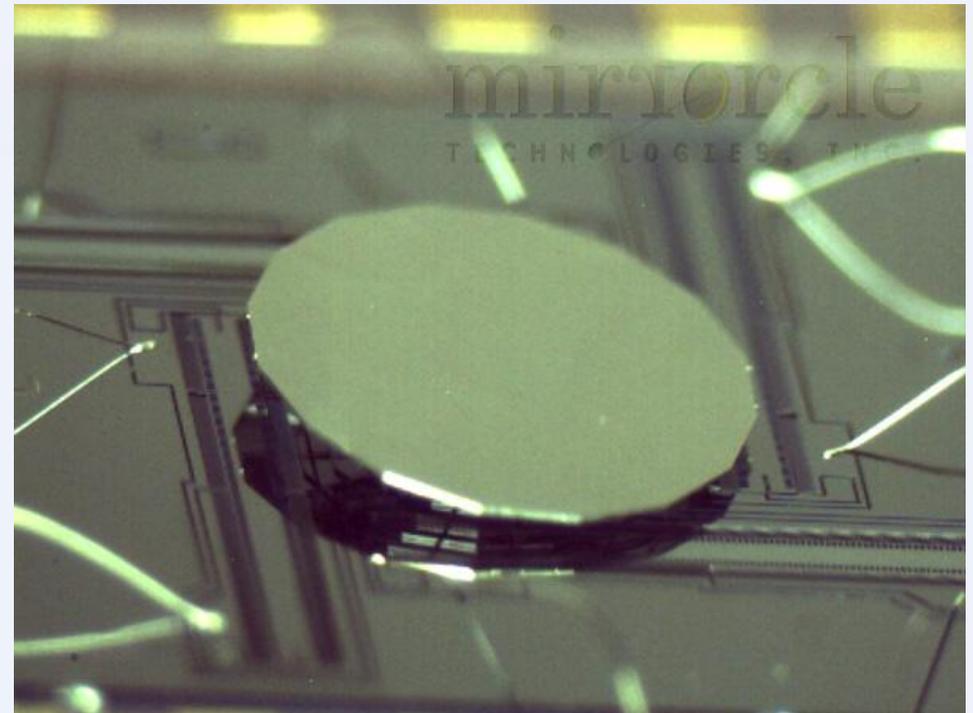
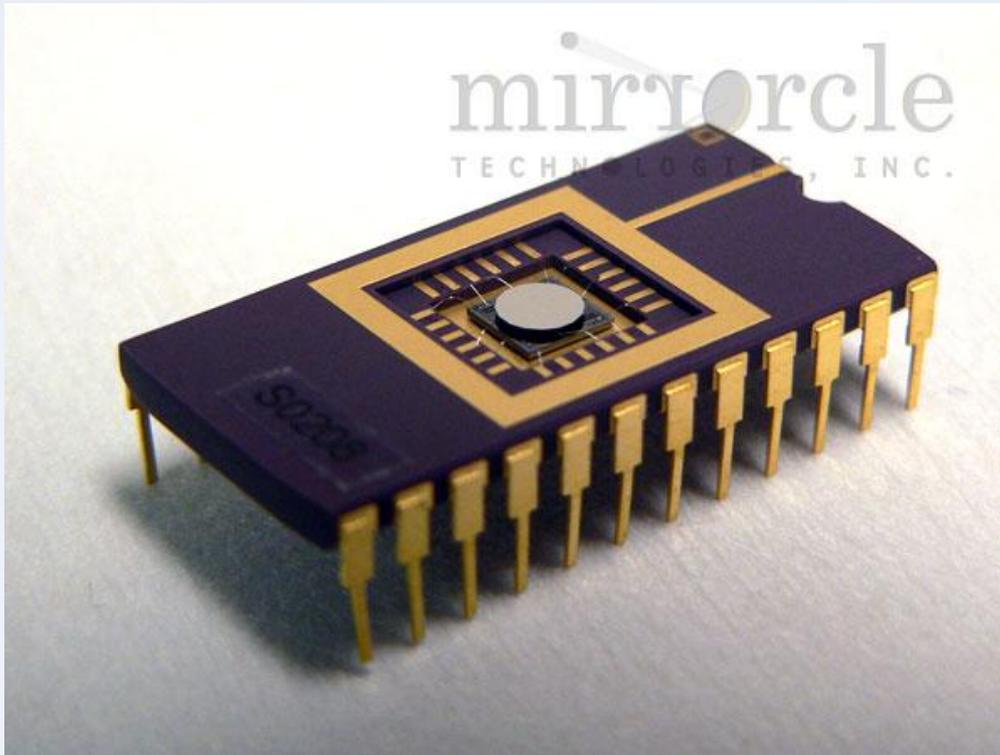
Особенности:

- Размеры зеркал от 0,8 до 2,4 мм
- Углы наклона в статическом режиме до  $6^\circ$ , в режиме резонанса до  $7^\circ$
- Точность позиционирования  $0,0005^\circ$
- Резонансные частоты более 3кГц
- Электростатические актуаторы
- Возможность помимо наклона осуществлять вертикальное перемещение



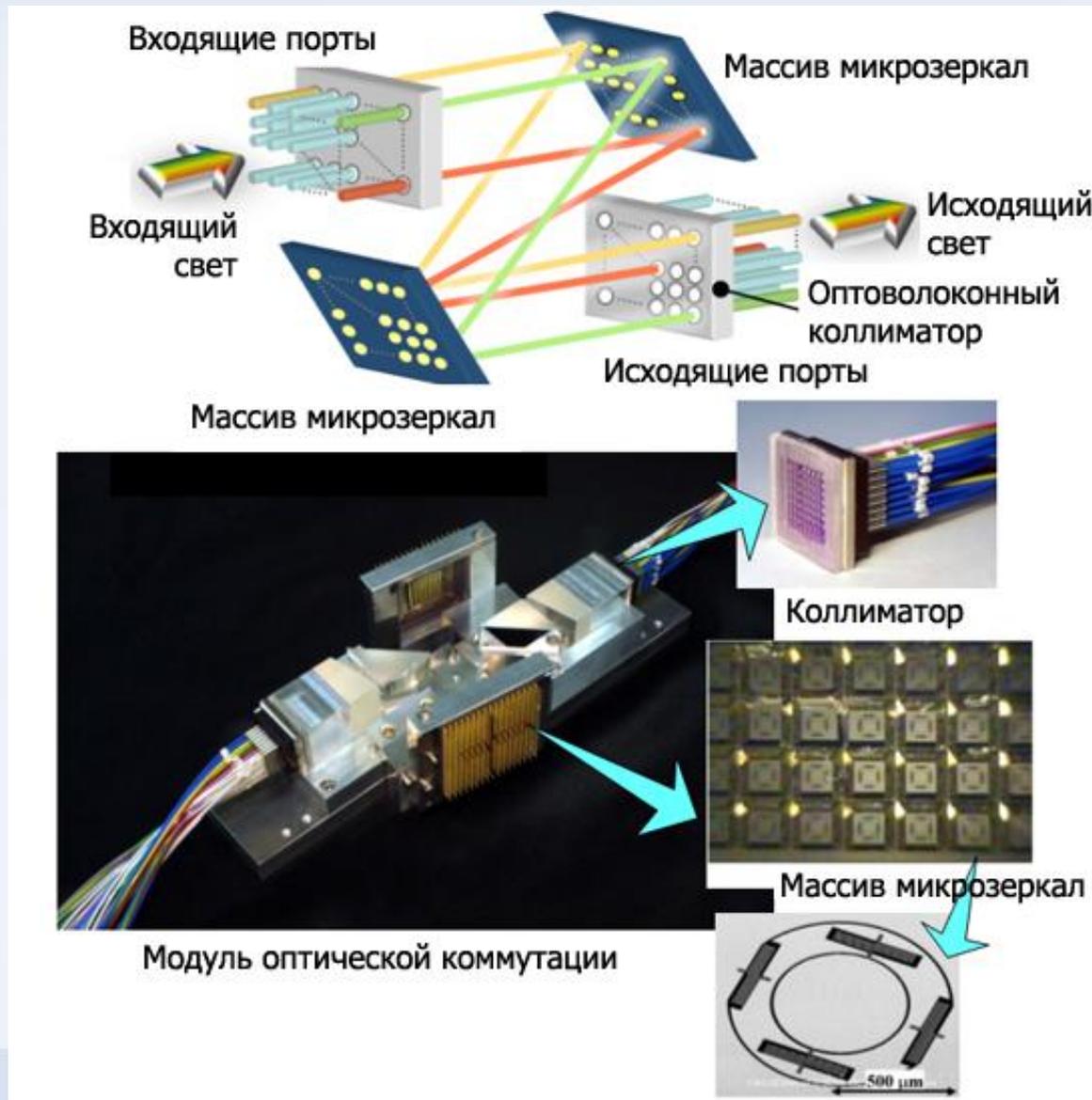
# Сканирующие МЭМС зеркала

Сканирующие двухосевые зеркала производства Mirrorcle Technologies.  
**Bonded Mirror Devices** - размеры зеркал от 2 до 5 мм



# Сканирующие МЭМС зеркала

Еще один вариант применения — коммутация оптоволоконных сетей



# Литература

1. L. Y. Lin, J. L. Shen, S. S. Lee, M. C. Wu Realization of novel monolithic free-space optical disk pickup heads by surface micromachining// OSA Publishing Optics Letters, Vol. 21, Issue 2, pp. 155-157 (1996)
2. Madec P. Y. Overview of Deformable Mirror Technologies for Adaptive Optics and Astronomy// OSA Technical Digest, 2015г.
3. «Introduction to Digital Micromirror Device (DMD) Technology» URL: <http://www.ti.com/lit/an/dlpa008a/dlpa008a.pdf>
4. С. Сысоева МОЭМС — доступные технологии генерации и сканирования оптической информации // КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ, № 8, 2010 г.
5. Официальный сайт компании Boston Micromachines Corp. // URL: <http://www.bostonmicromachines.com/>
6. Официальный сайт компании Maradin <http://www.maradin.co.il/>
7. Официальный сайт компании Mirrorcle Technologies <http://mirrorcletech.com/>
8. «MEMS: микроэлектромеханические системы, часть 2» URL: <https://3dnews.ru/600716>