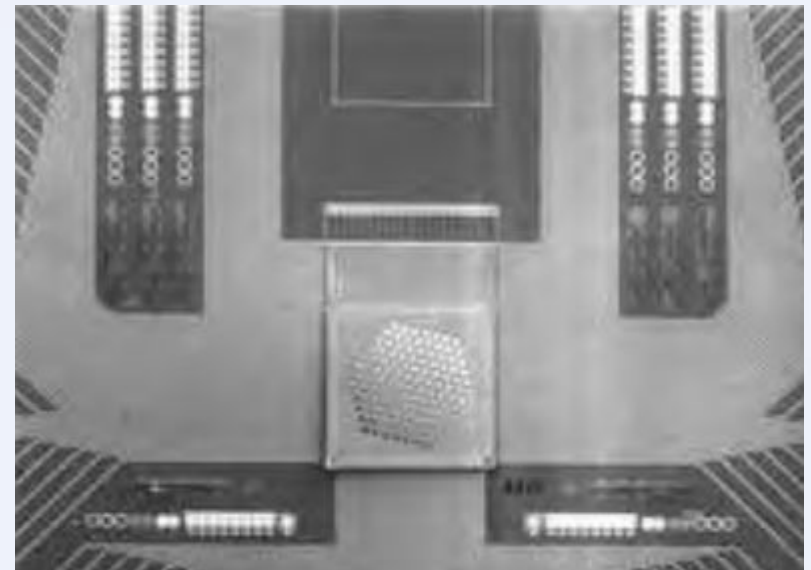
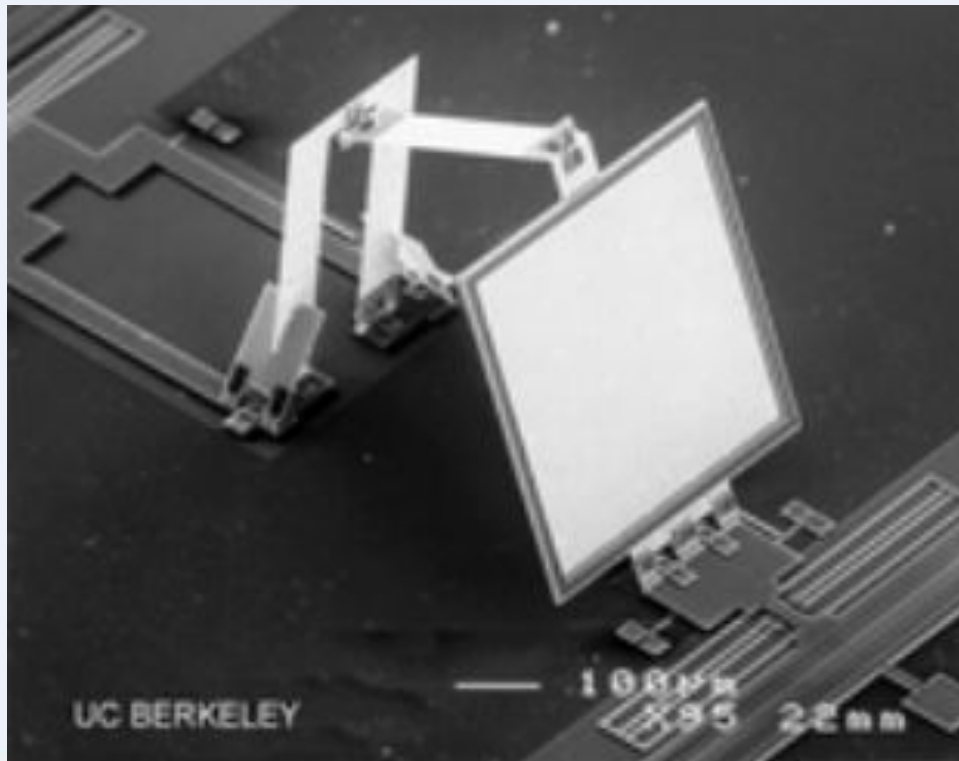


Оптические МЭМС. Актуаторы для оптических МЭМС - микрозеркала. Технология DLP.

Перминов Валентин, гр. 21414

Оптические МЭМС.

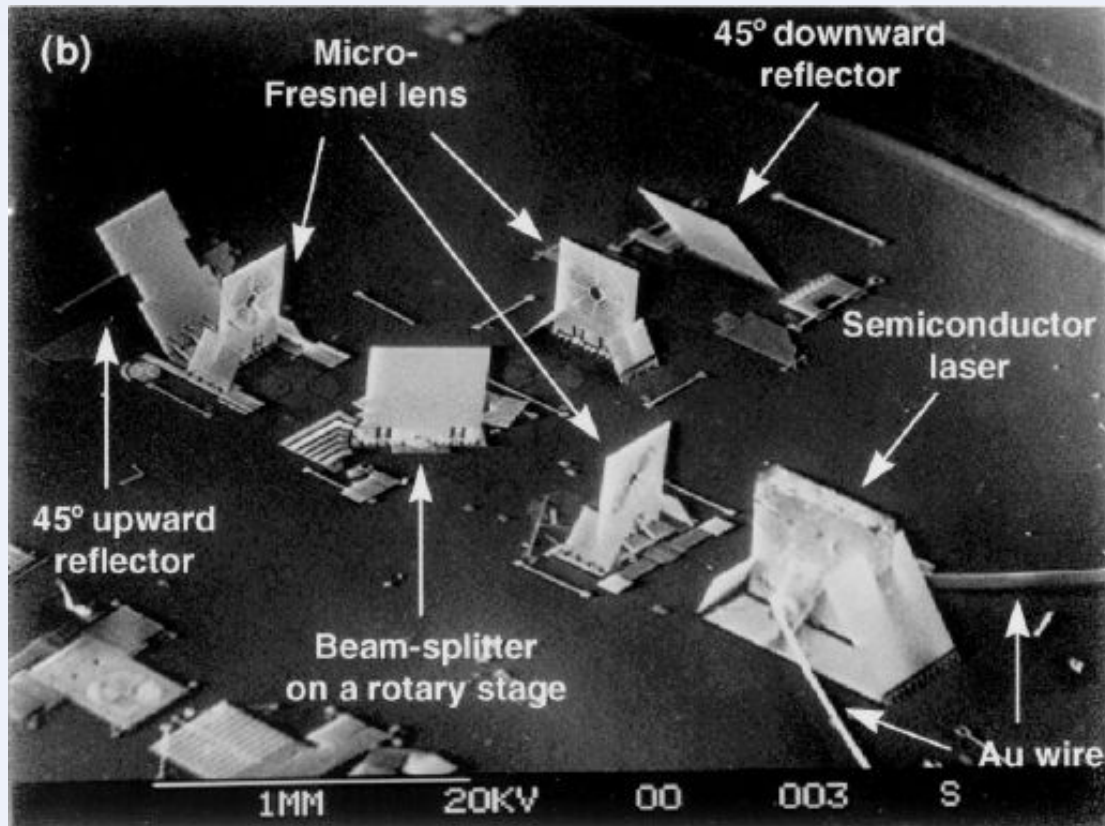
Раскладное поликремниевое зеркало.
Управляется электростатическими
комбинированными приводами,
позиционирующими отражающую поверхность
зеркала с очень большой скоростью и точностью.
Зеркало создано в университете Беркли (США),
интегрировано на одном кристалле с
полупроводниковым лазером.



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)

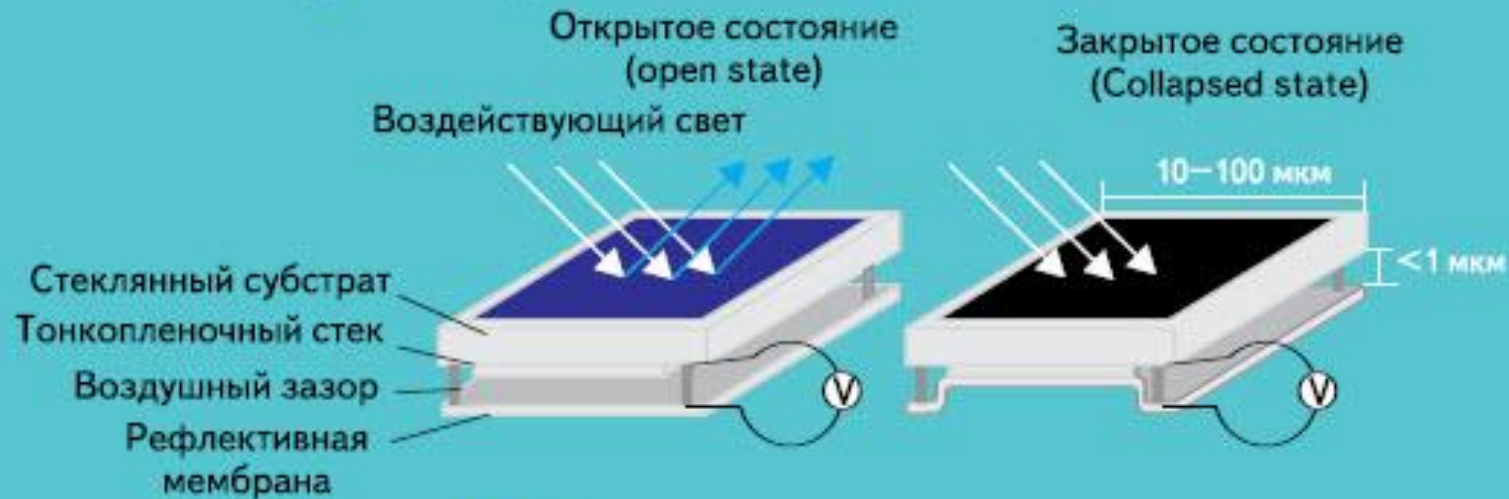


Микрозеркальная матрица разработки Фраунгоферовского института полупроводниковых технологий

МЭМС-дисплеи

Технология IMOD (Interferometric MODulation — интерферометрическая модуляция).

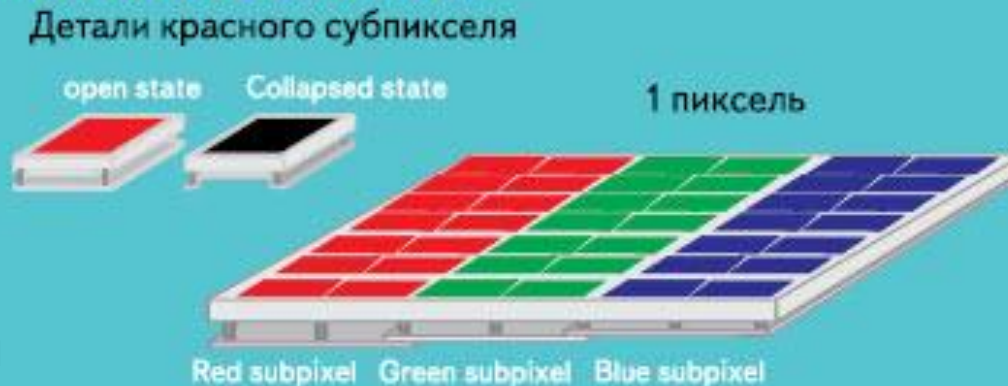
Ядро iMoD-дисплеев



Преимущества:

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

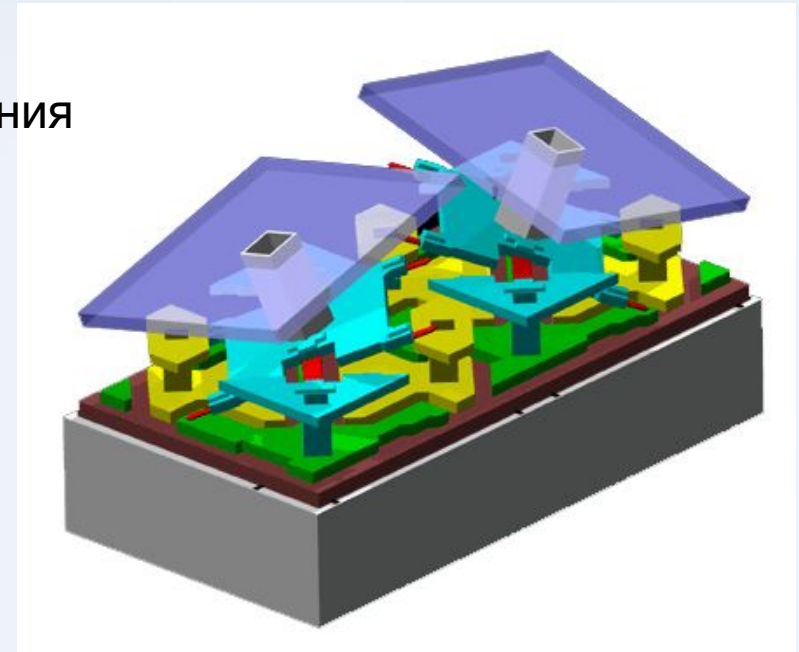
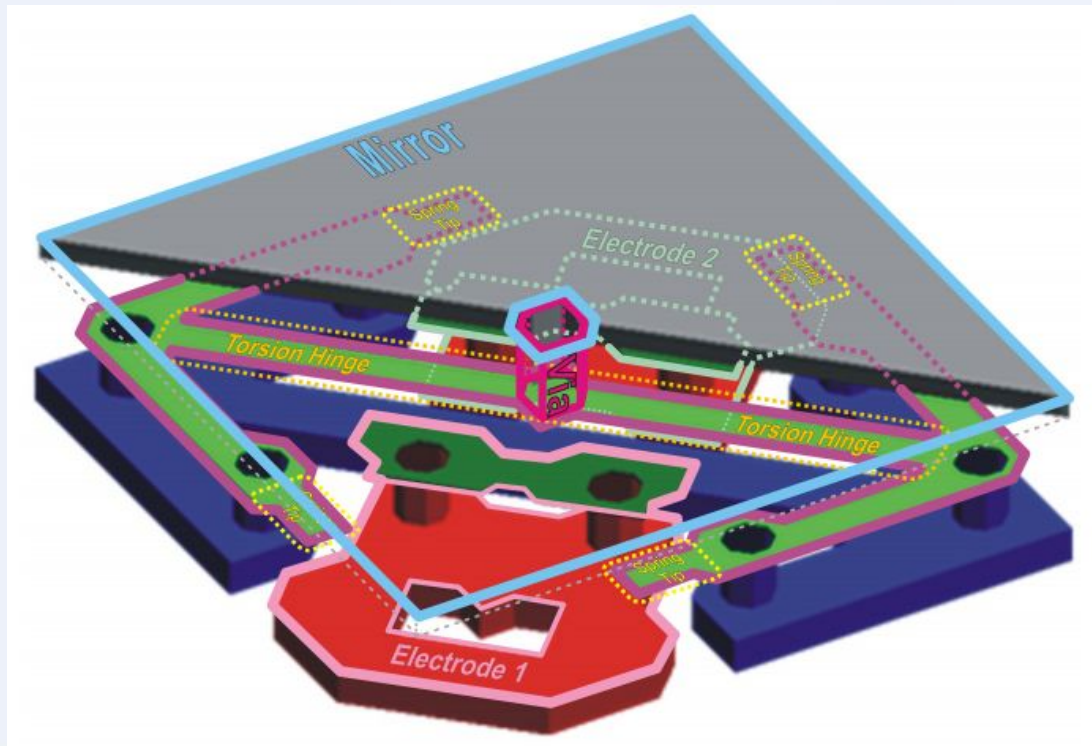
Пиксели iMoD-дисплеев



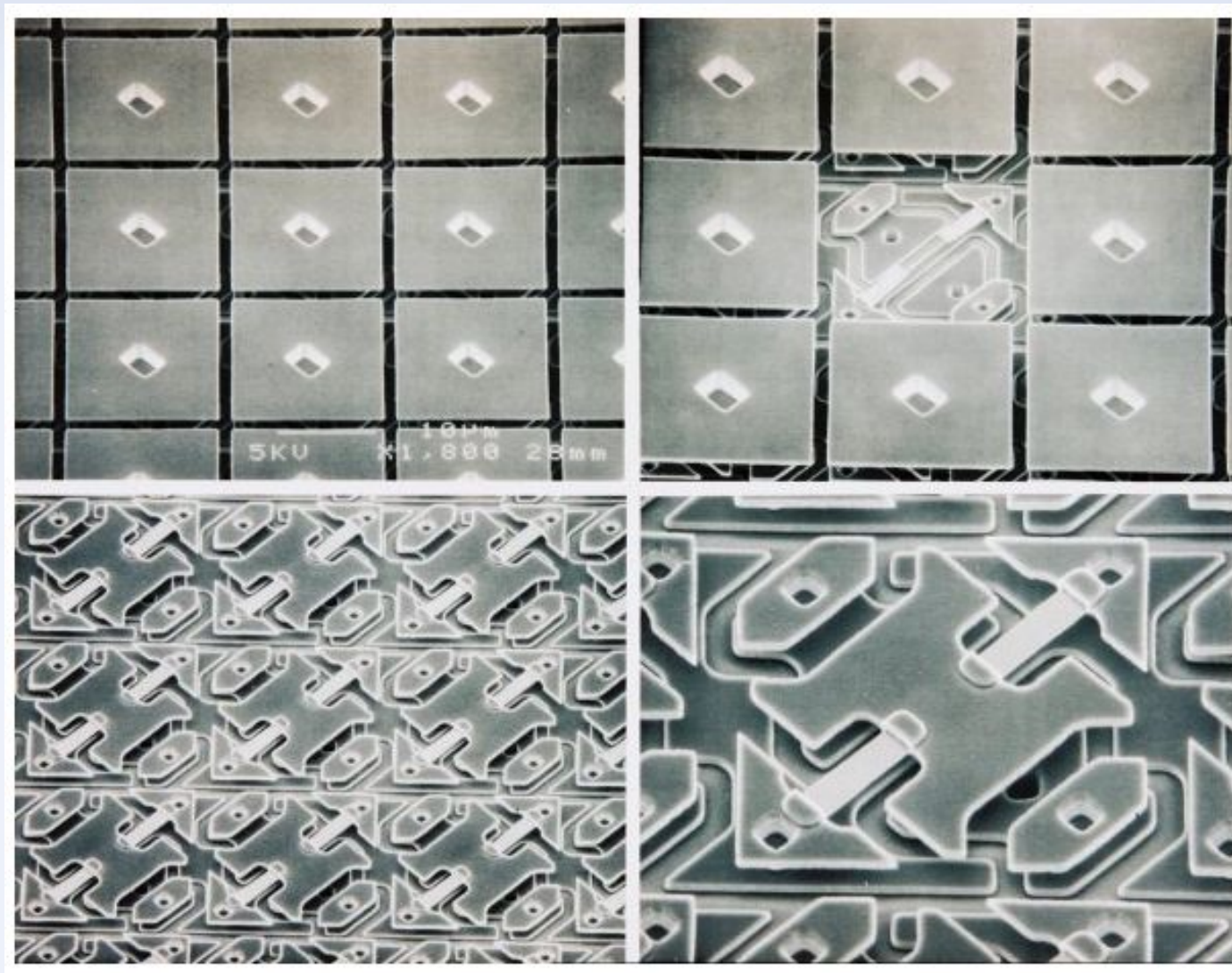
Технология DLP

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

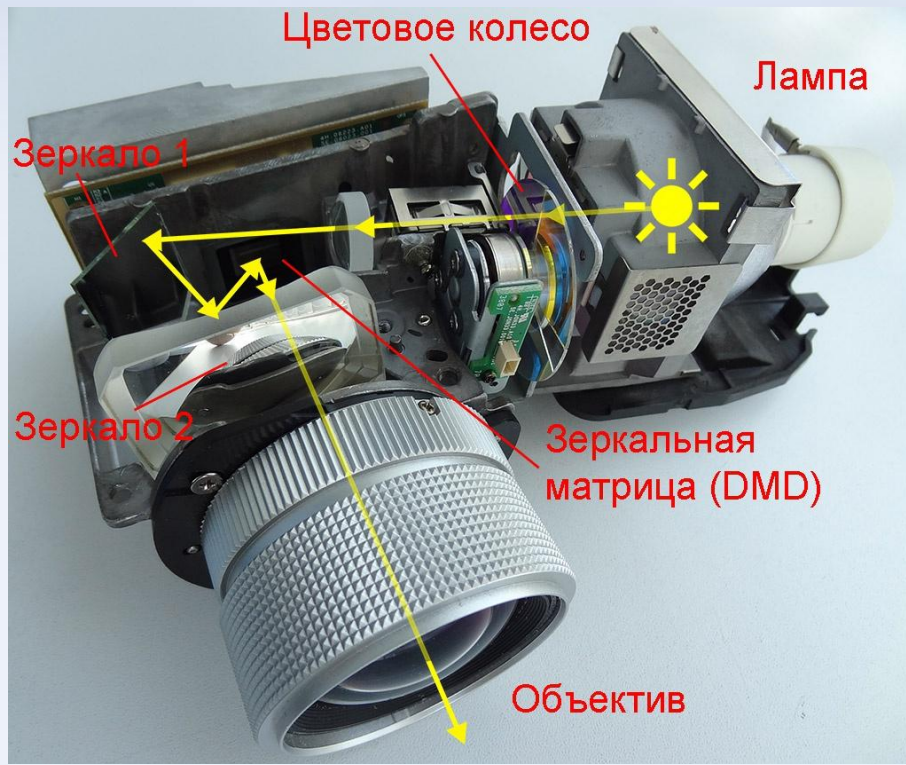


Технология DLP

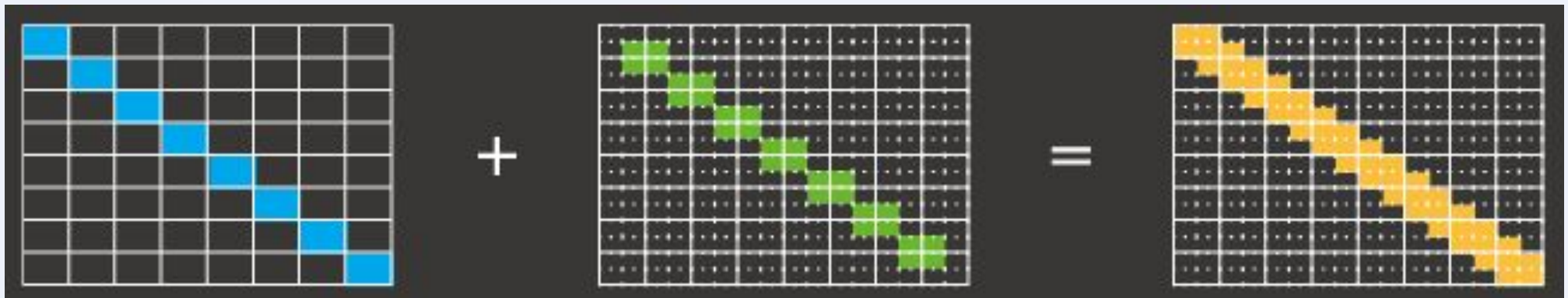


Снимок DMD-матрицы с размером микрозеркал 16мкм

Технология DLP



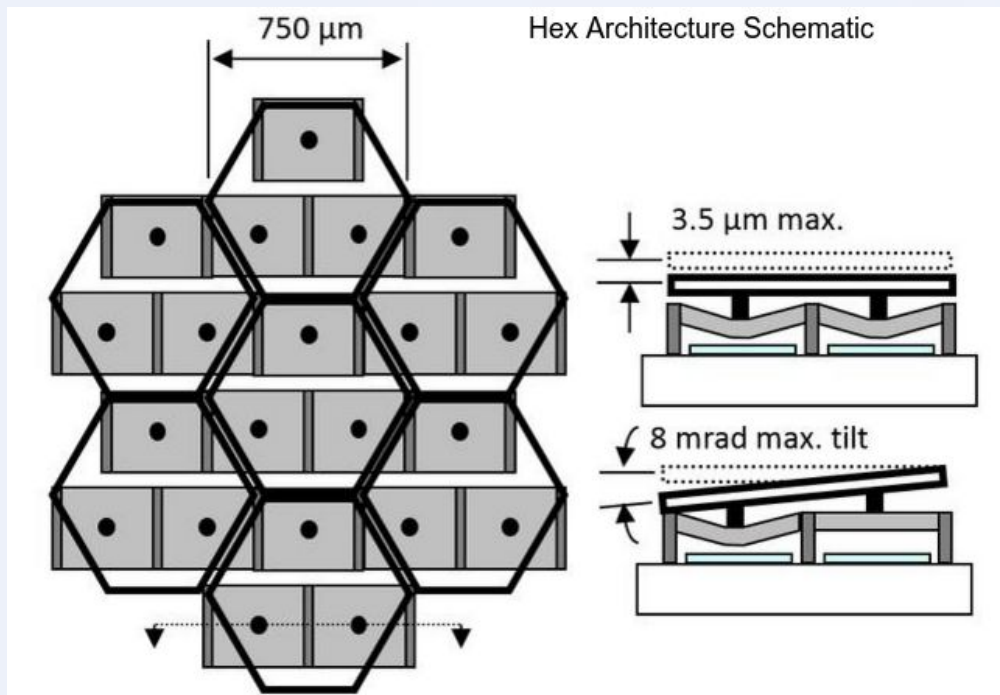
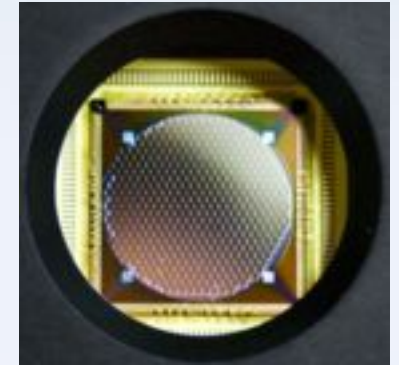
Максимальное доступное разрешение DMD-матрицы - 2560x1600



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.

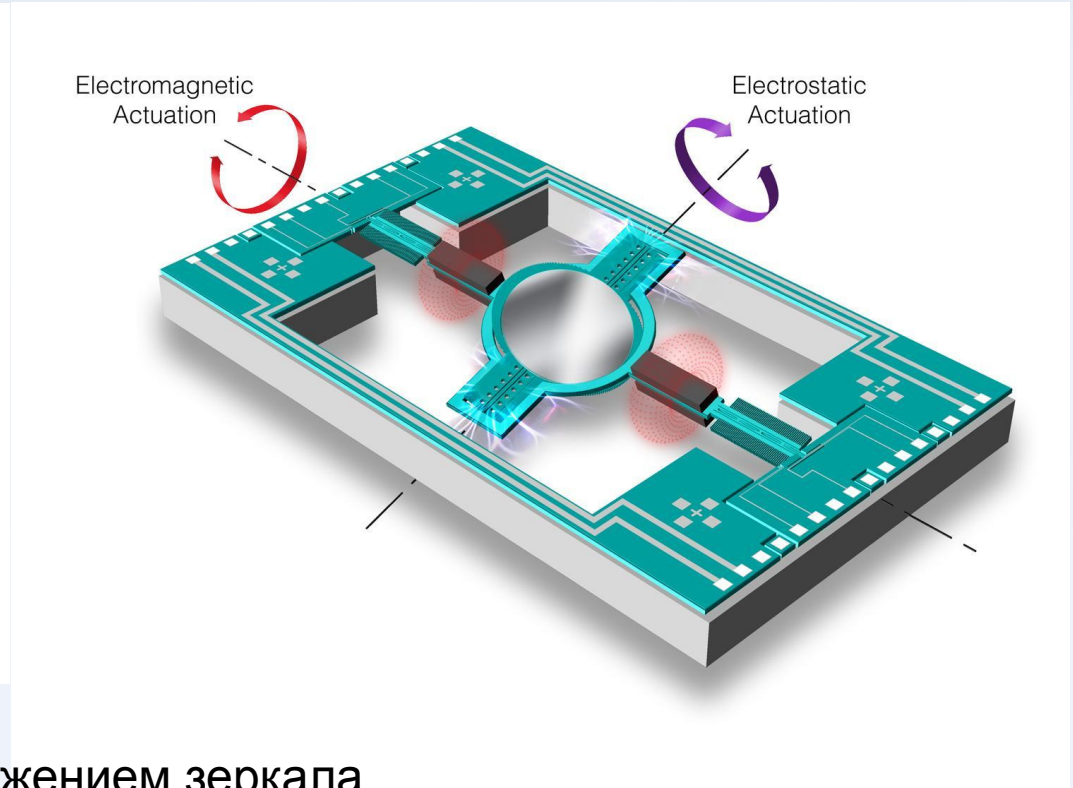


- Характеристики адаптивных МЭМС зеркал (MEMS-based Deformable Mirrors):**
- Перемещение (ход) сегментов до 8 мкм
 - Шаг перемещения менее 1 нм
 - Время отклика от 500 до 2 мкс
 - Отсутствие гистерезиса
 - Квадратичная зависимость перемещения от приложенного напряжения
 - Прикладываемые напряжения до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

Схема гексагонального адаптивного зеркала компании Boston Micromachines Corporation.

Сканирующие МЭМС зеркала

Сканирующее двухосевое зеркало на карданном подвесе производства Maradin Ltd.



Особенности:

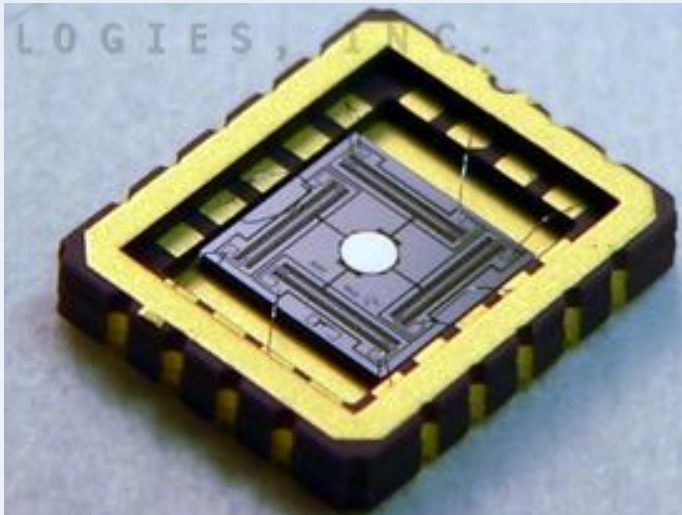
- Аналоговый характер управления положением зеркала
- Работа в режиме резонанса (частоты в кГц диапазоне)
- Углы наклона $36-25^\circ$ (1280x600px)
- Точность позиционирования 1/5px
- Размер зеркала 1 мм

Применение - лазерные проекционные системы:

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

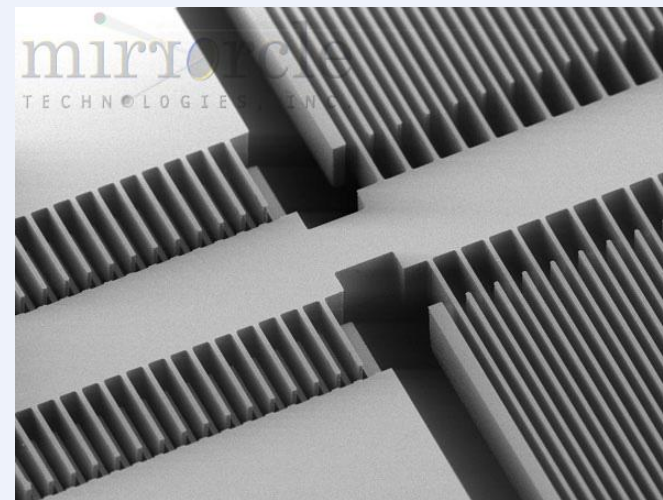
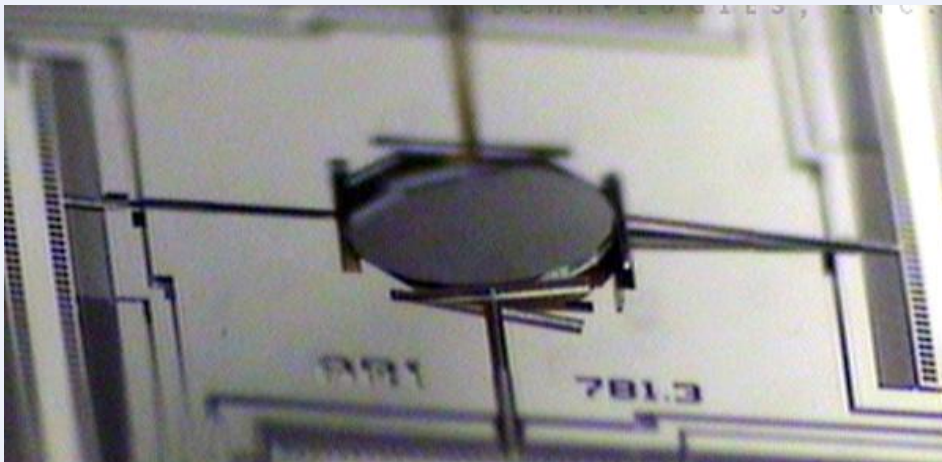
Сканирующие МЭМС зеркала

Сканирующие двухосевые зеркала производства Mirrorcle Technologies.
Integrated Mirror Devices



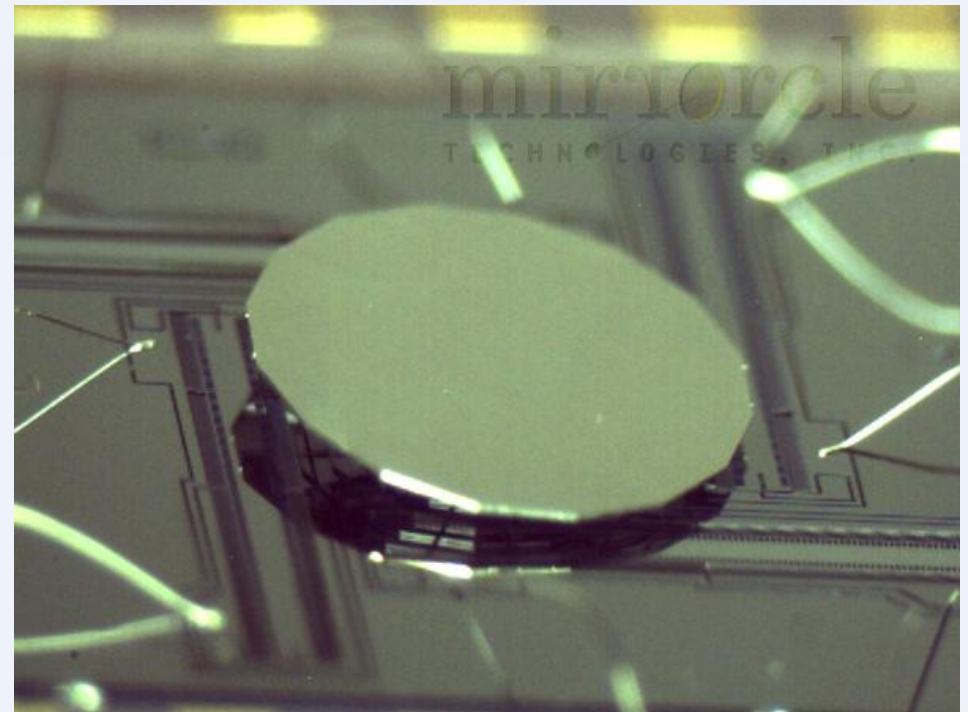
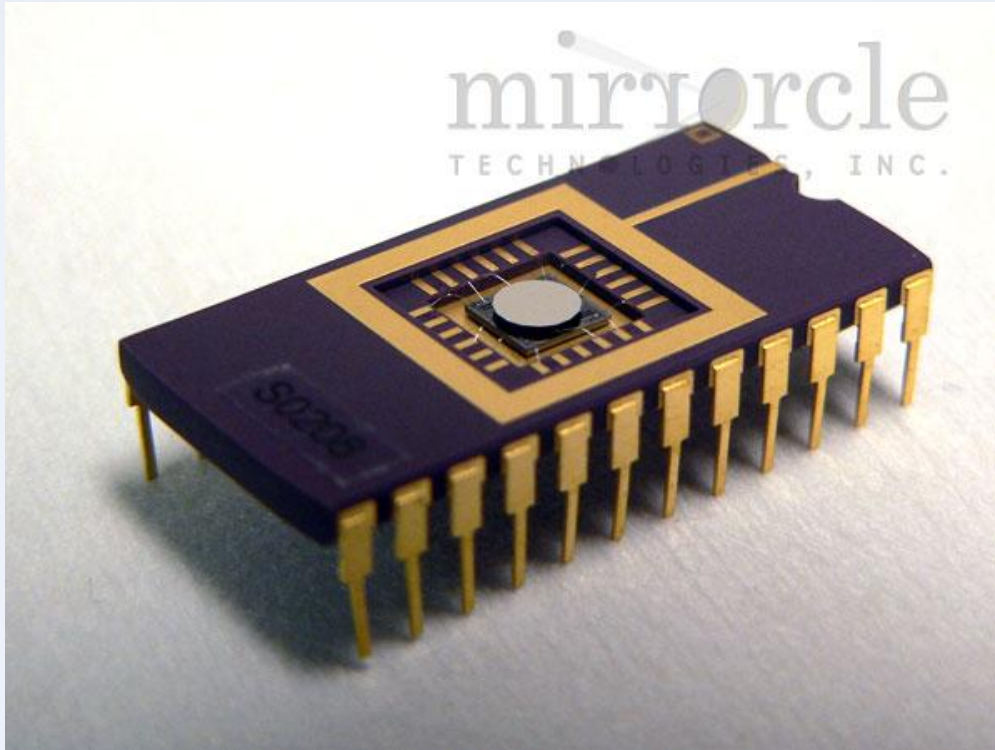
Особенности:

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



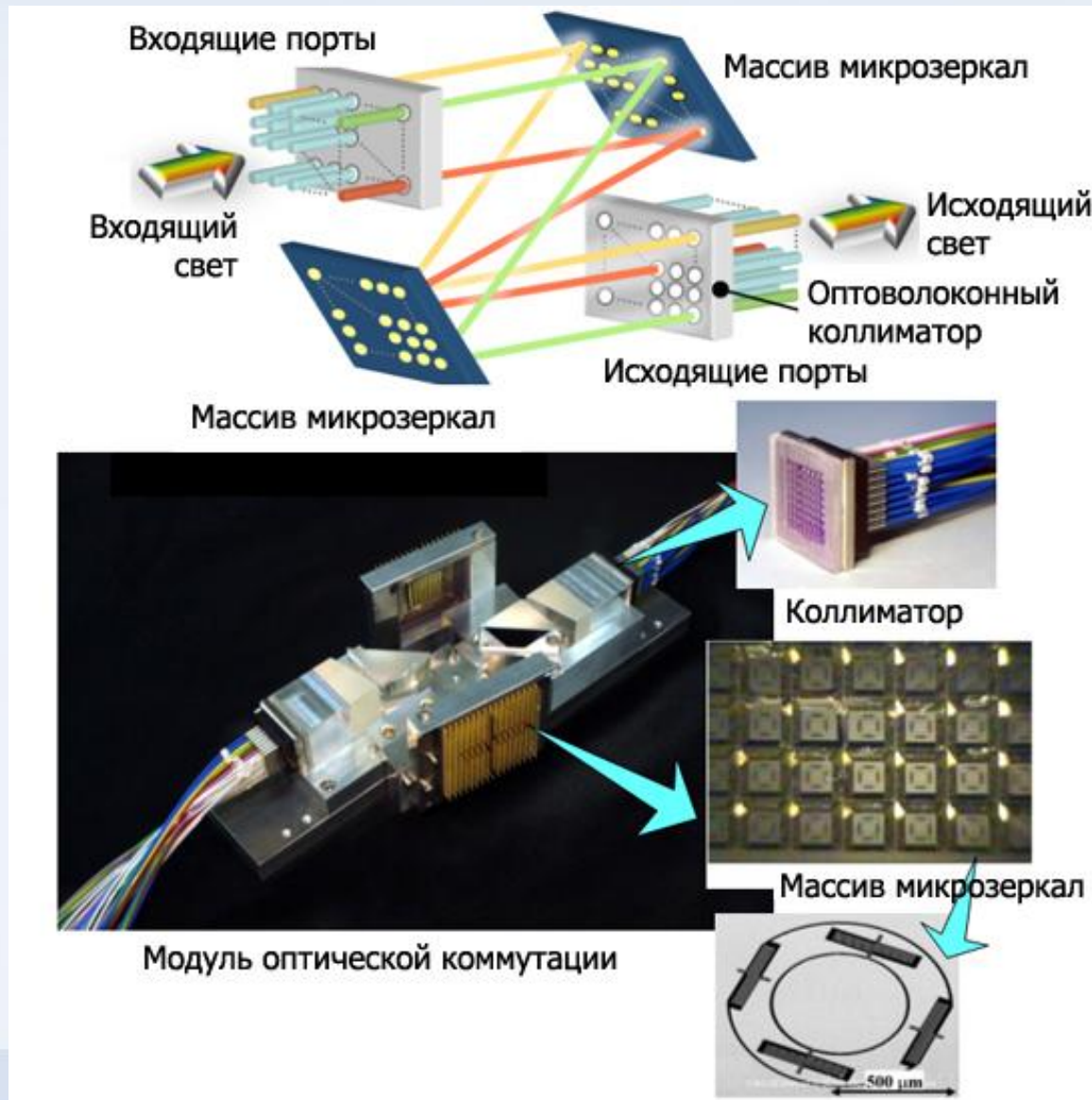
Сканирующие МЭМС зеркала

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>