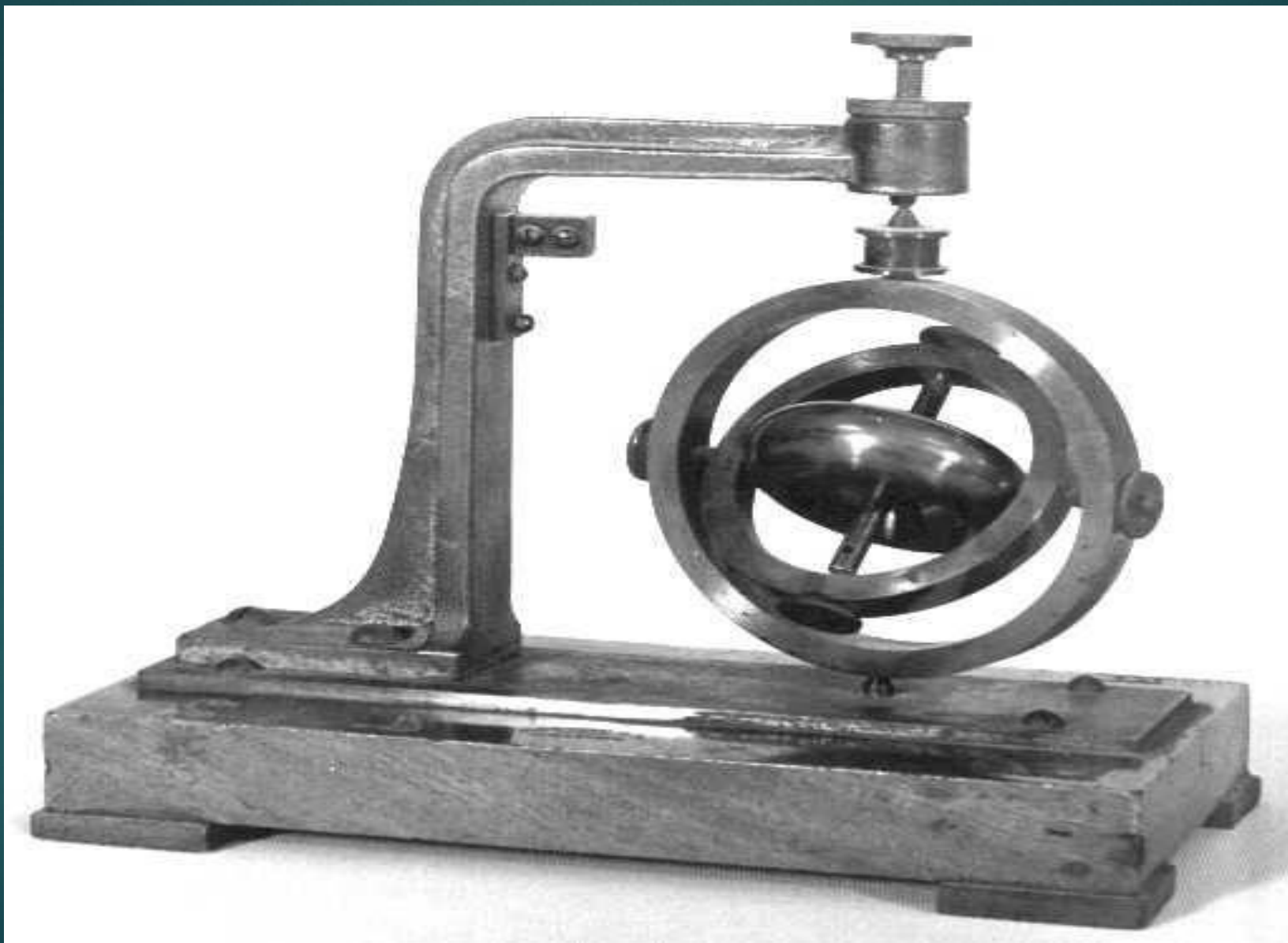


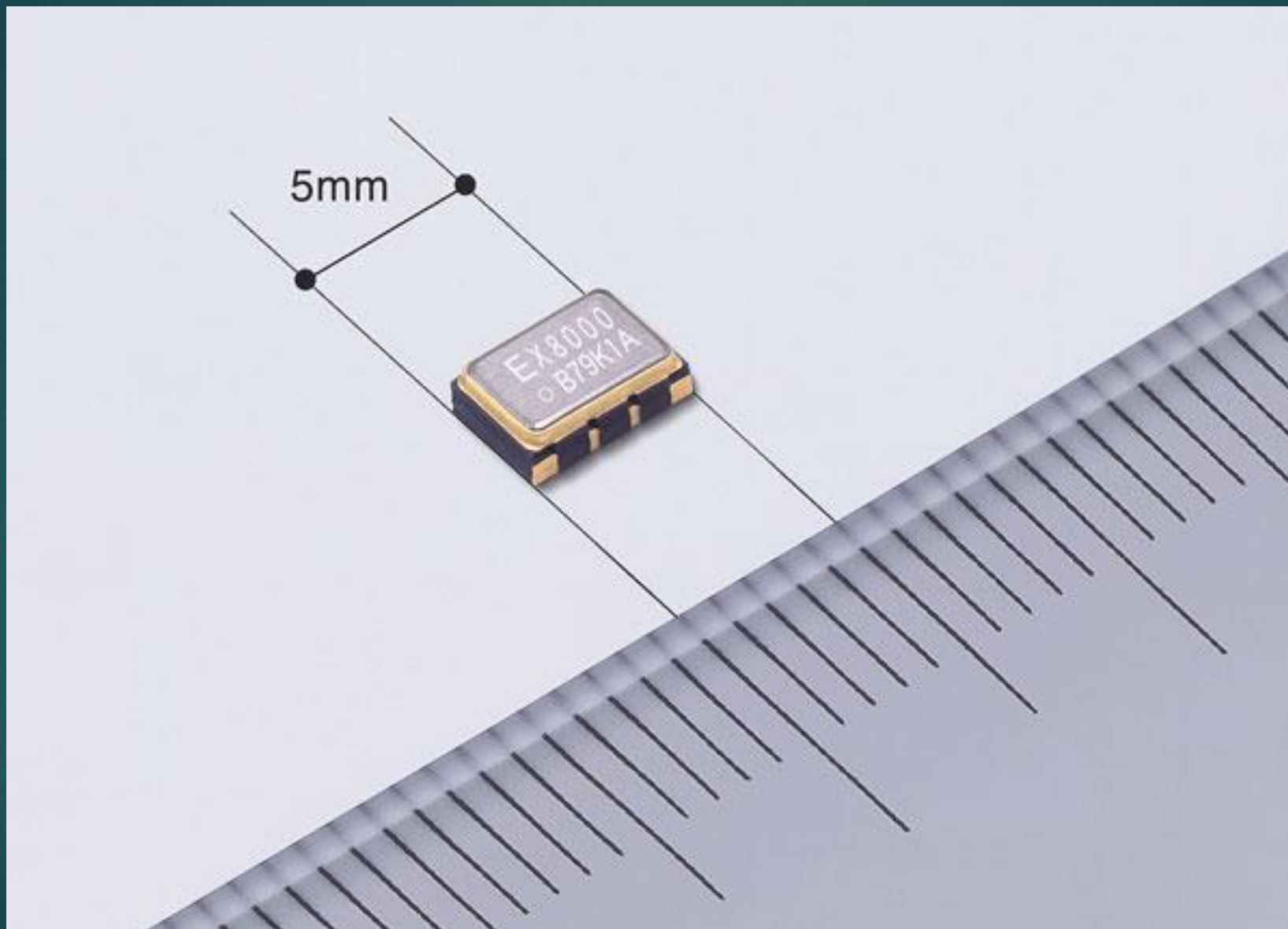


Гироскопы и актуаторы для МЭМС

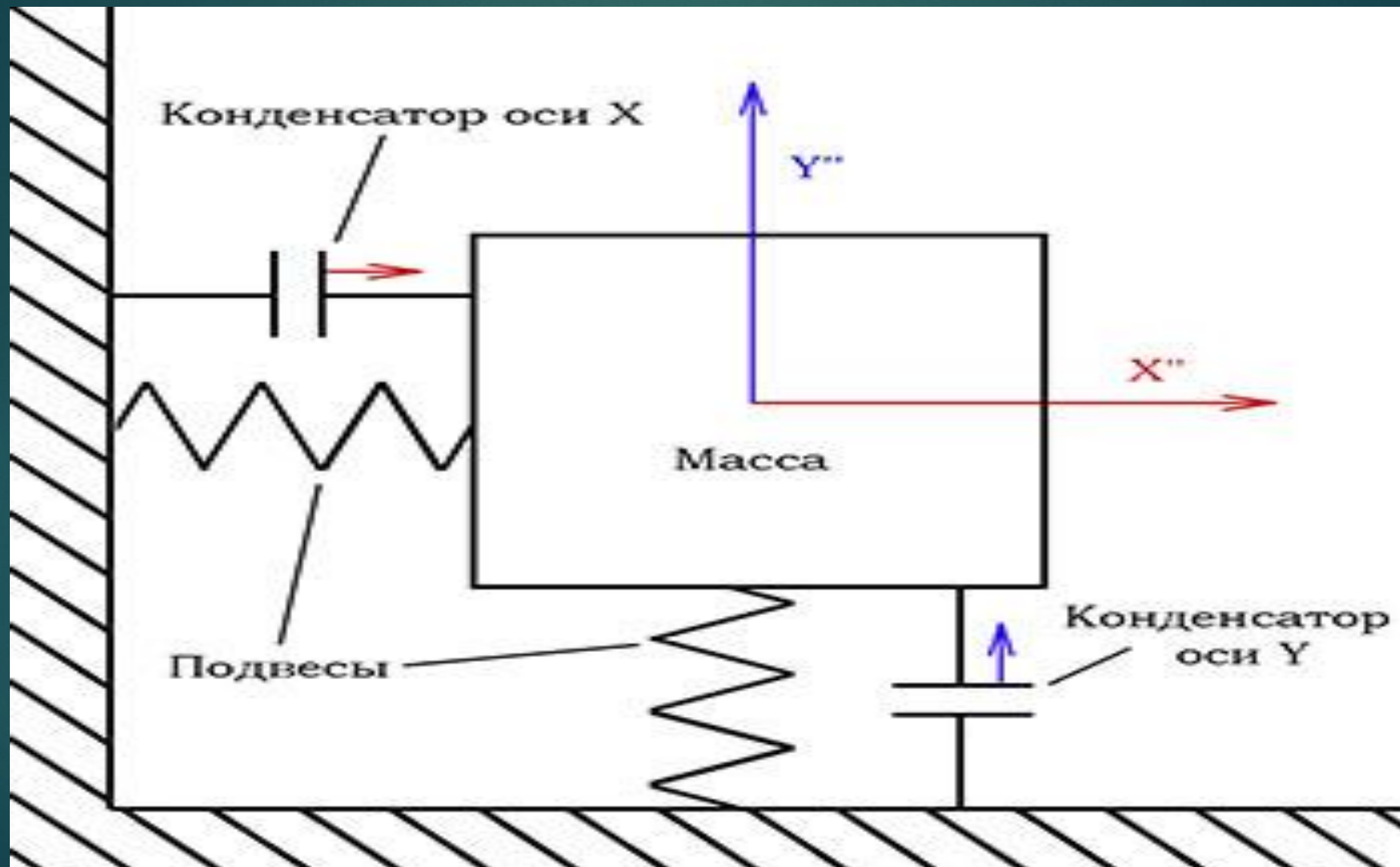
МЭМС-гироскопы. Классический гироскоп образца XIX века.



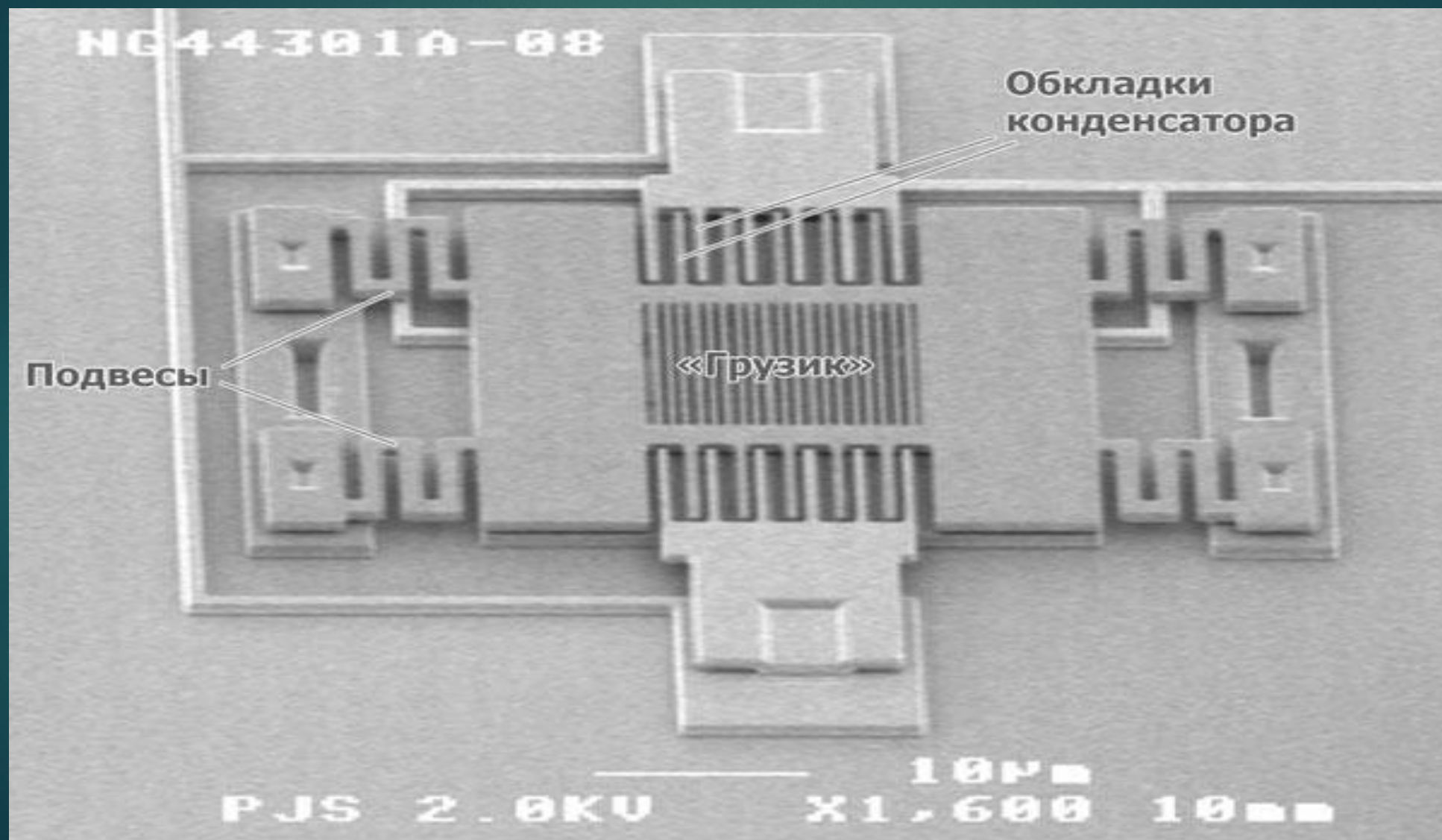
Датчик движения Epson XV-8000.



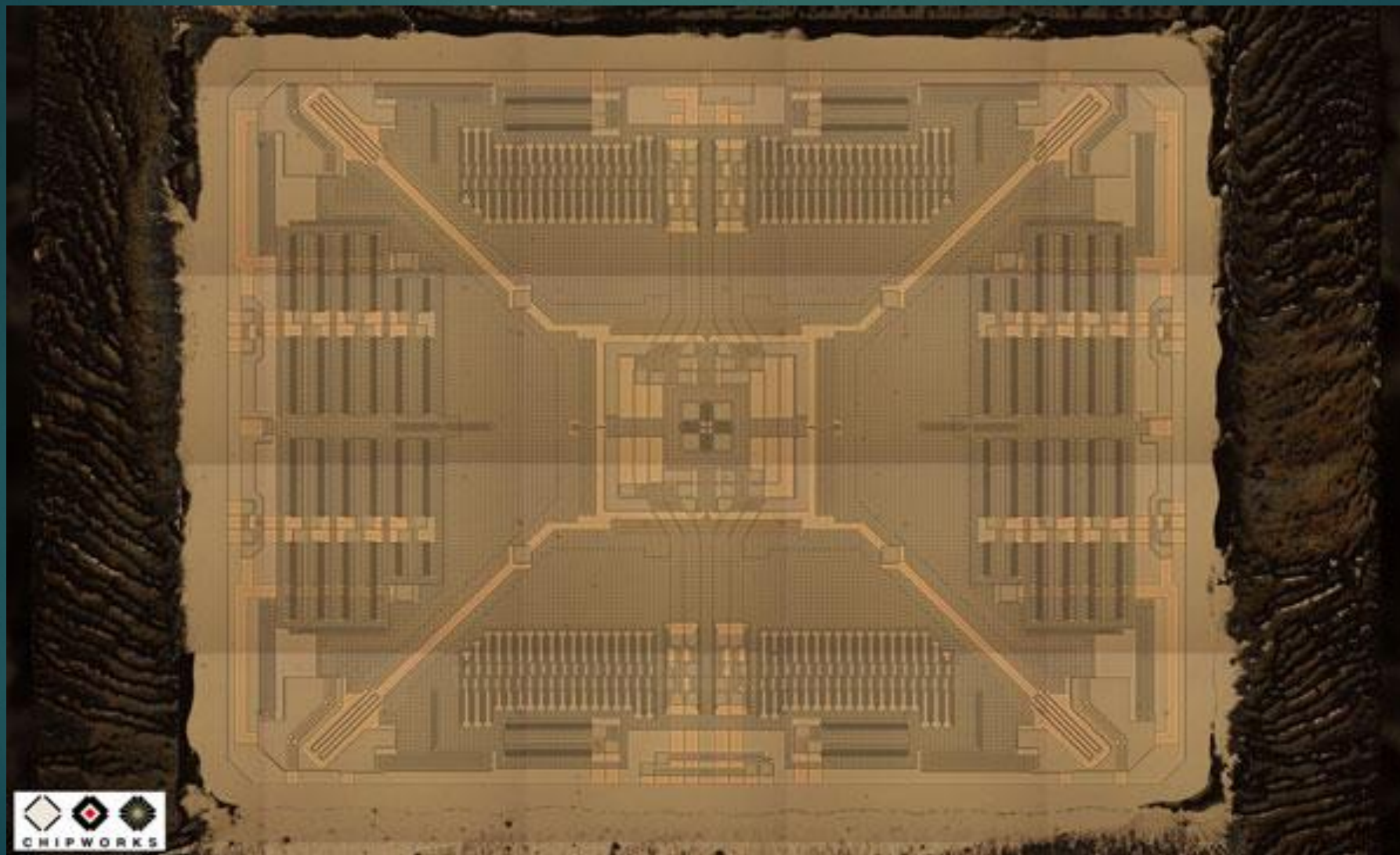
Основной принцип работы конденсаторных акселерометров



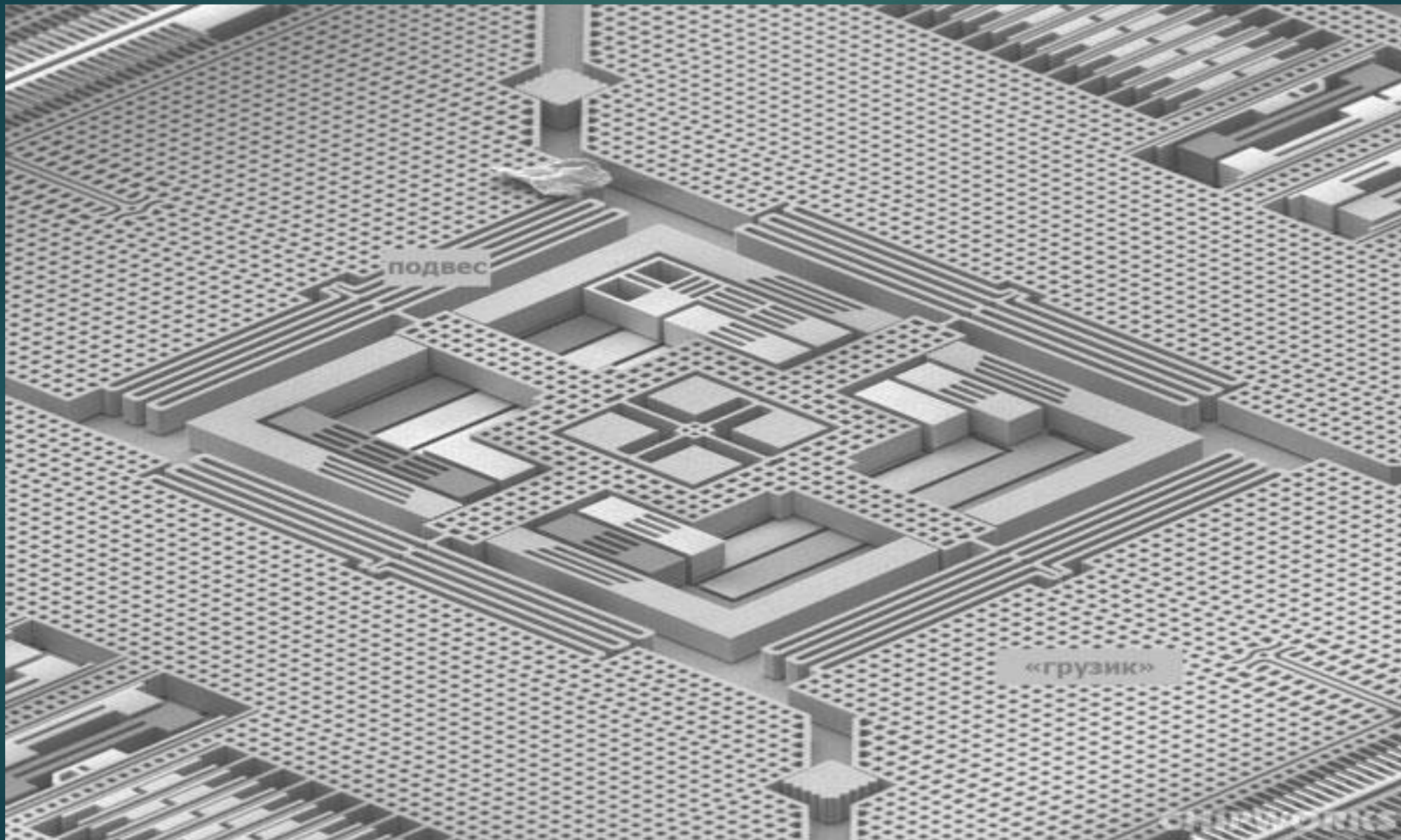
Относительно простой, но чрезвычайно миниатюрный и чувствительный MEMS-акселерометр разработки Sandia Labs



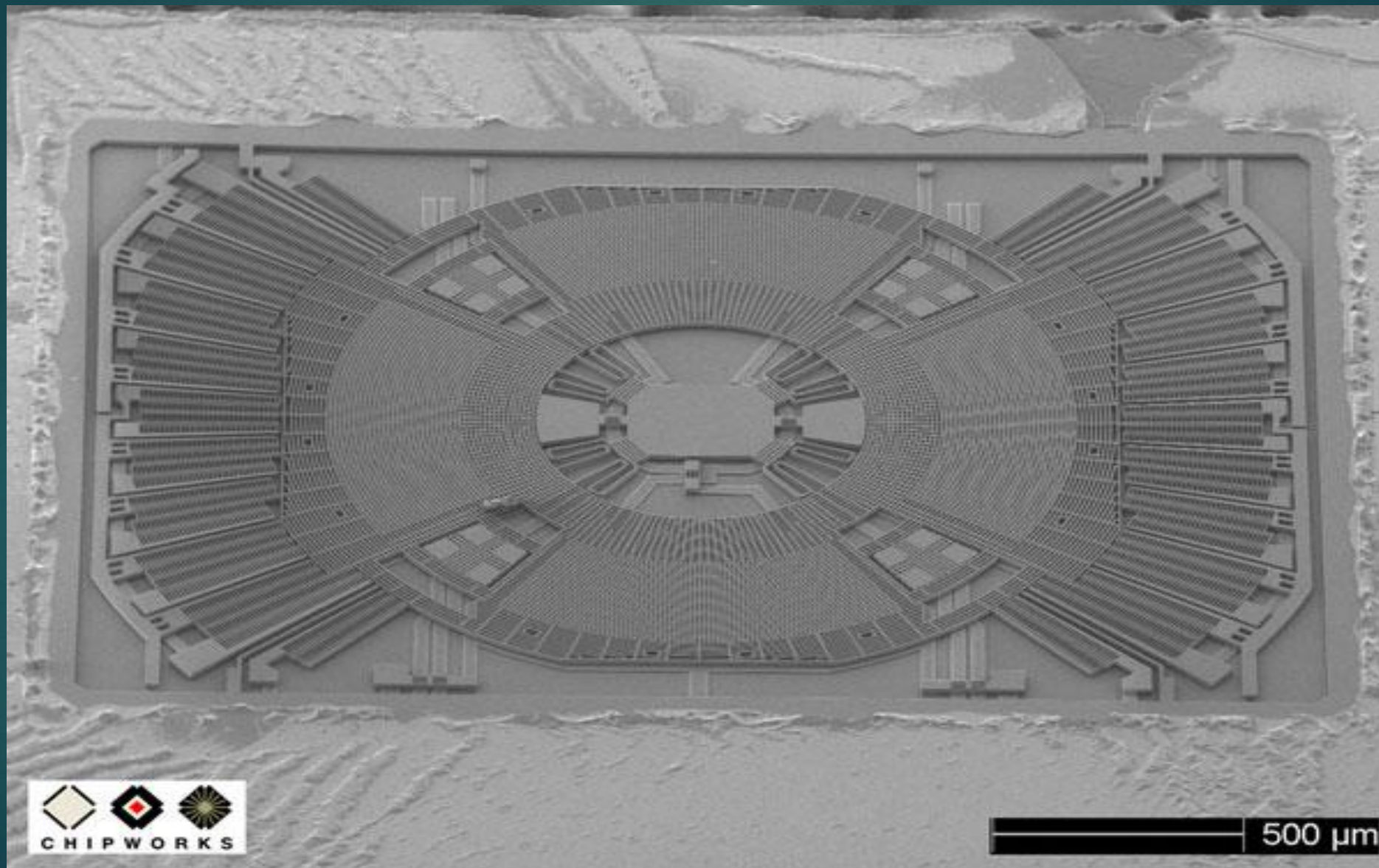
Гироскоп L3G4200D производства ST Microelectronics используется в iPhone 4



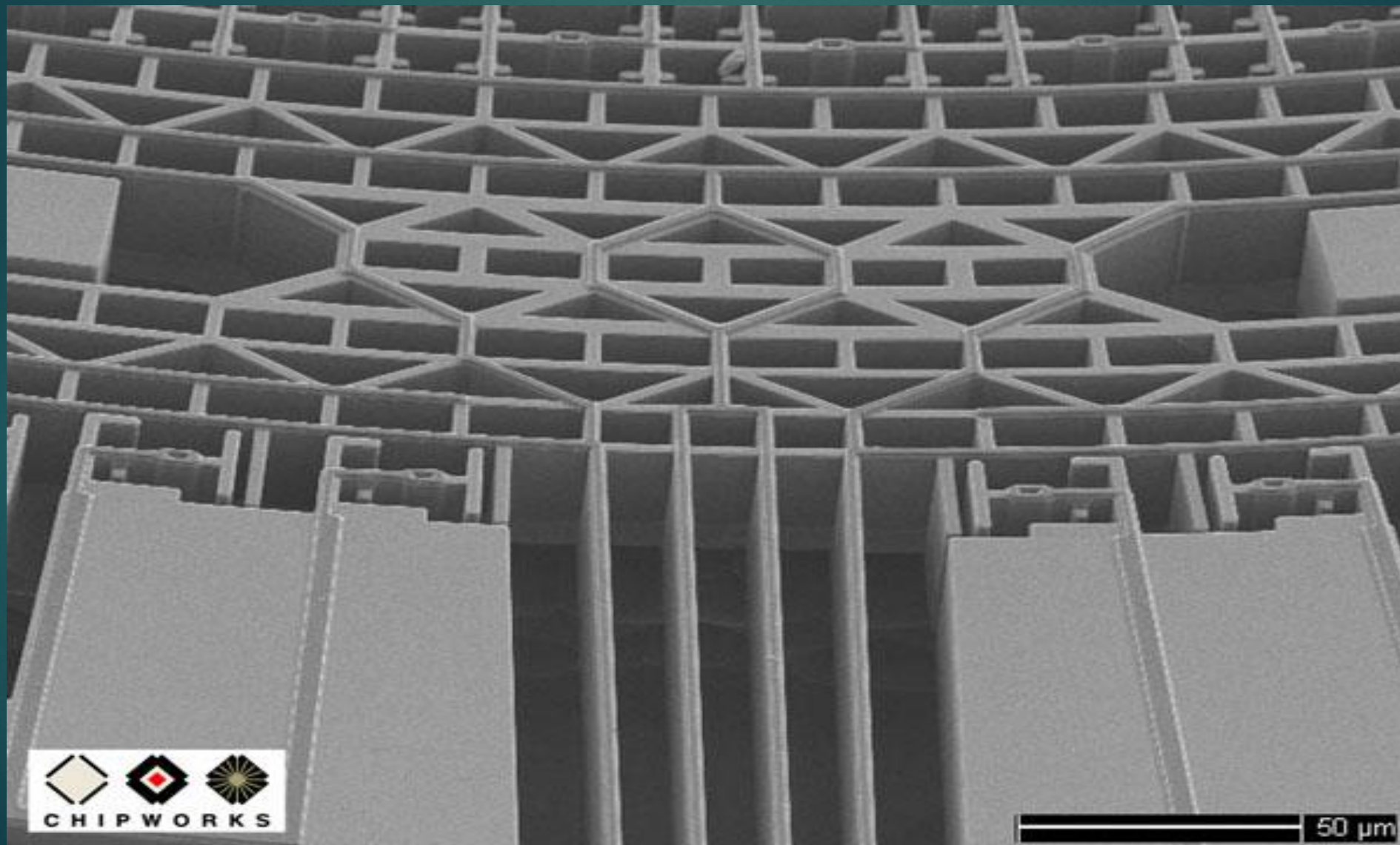
Тот же STM L3G4200D, фотография с большим увеличением



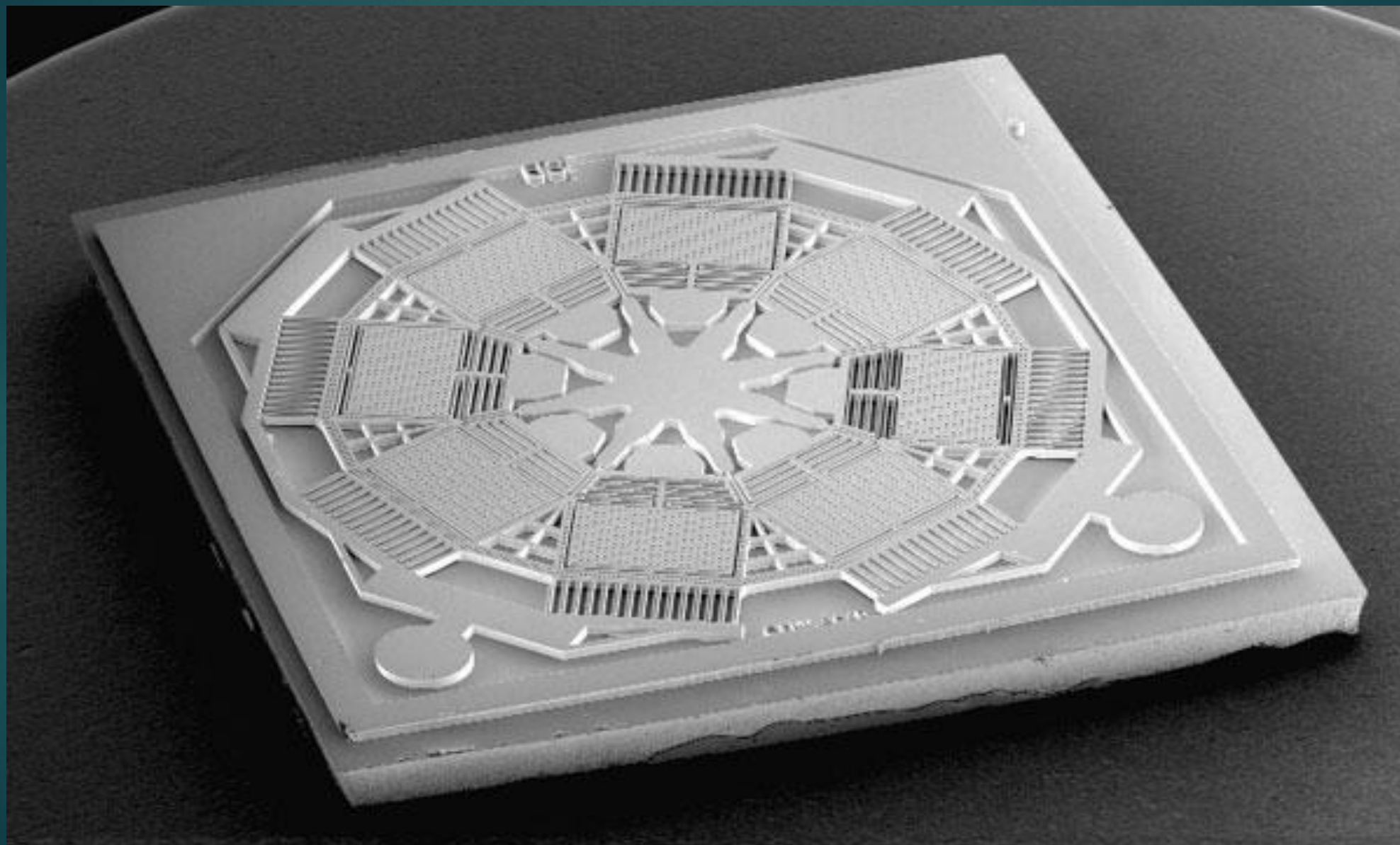
Еще один гироскоп ST Microelectronics – LYPR540AH



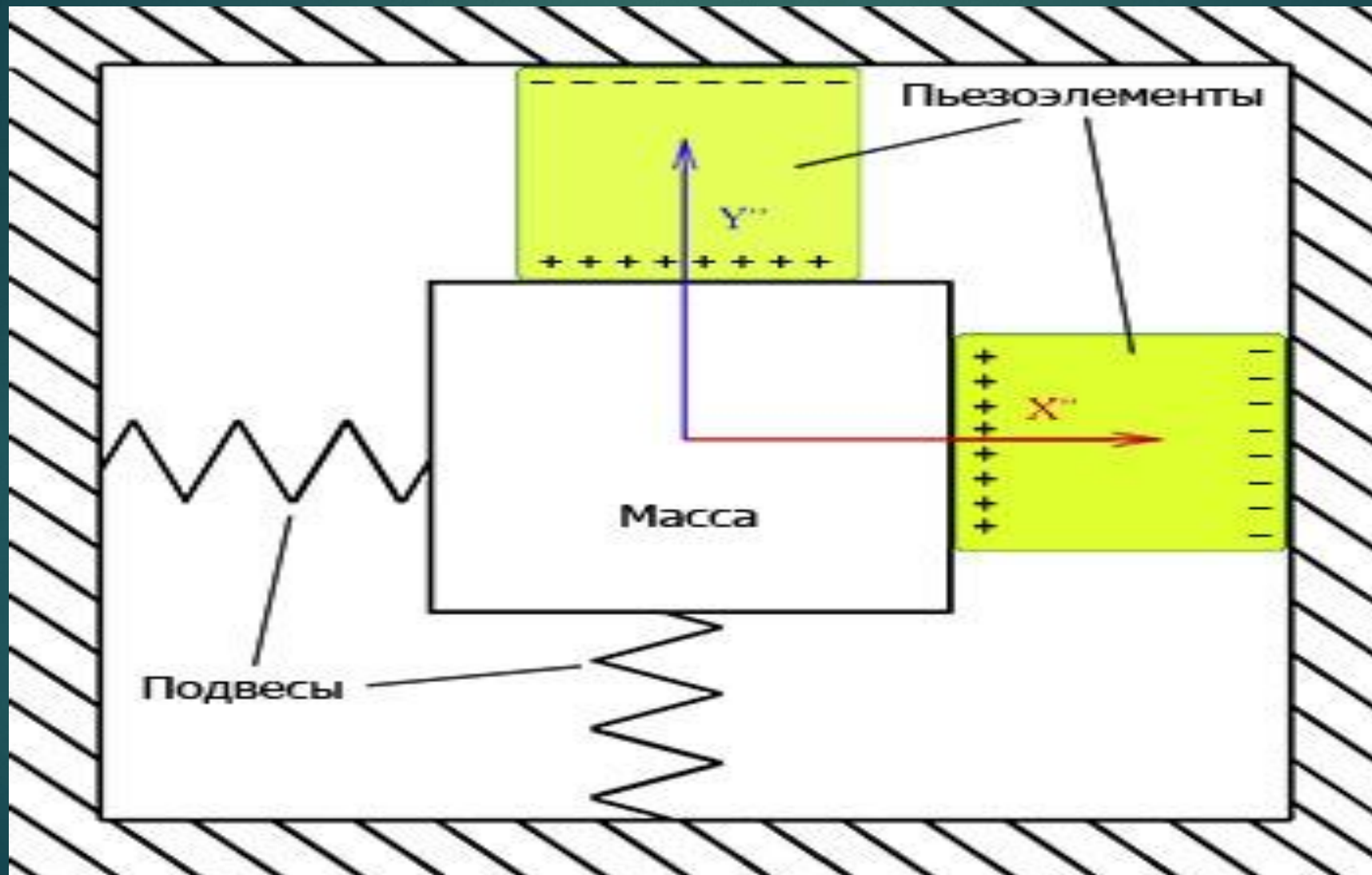
Крупный план STM LYPR540AH. Толщина деталей этой ажурной конструкции – около 3 микрон!



Еще один MEMS-гироскоп



Основной принцип работы акселерометров на пьезоэлементах



Двухосный термальный акселерометр

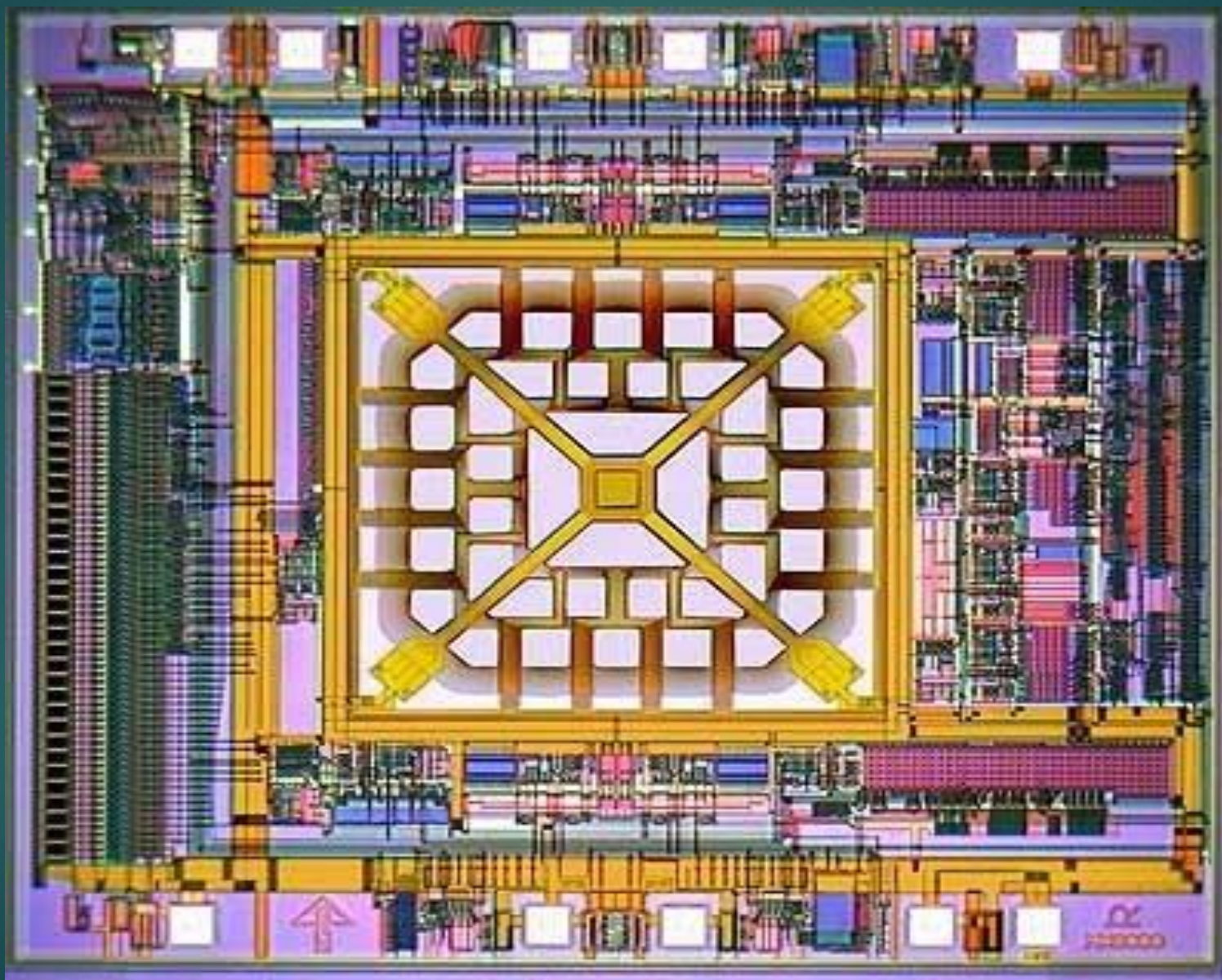


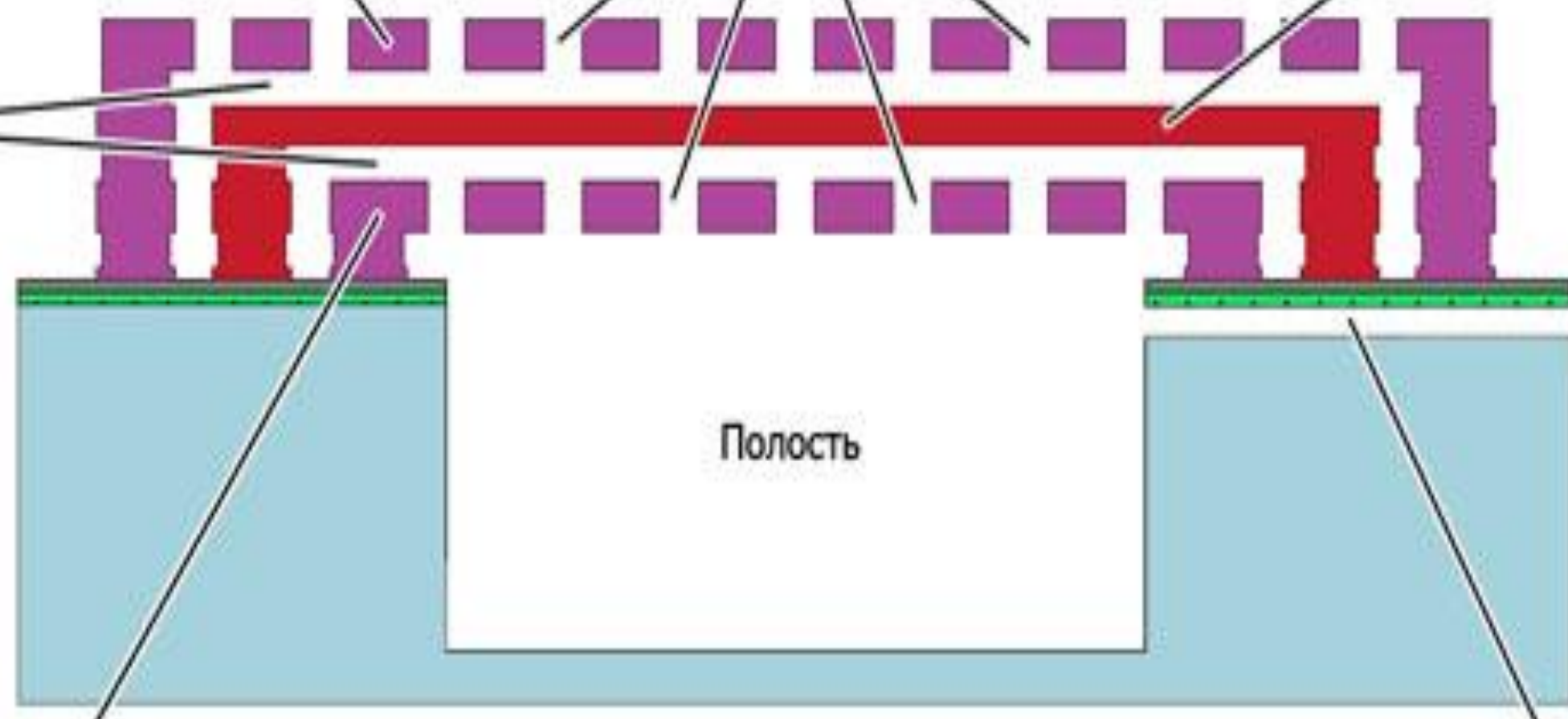
Схема конденсаторного MEMS-микрофона с двумя неподвижными обкладками (Sandia Labs)

Верхняя неподвижная обкладка

Отверстия в неподвижных обкладках

Гибкая обкладка - диафрагма

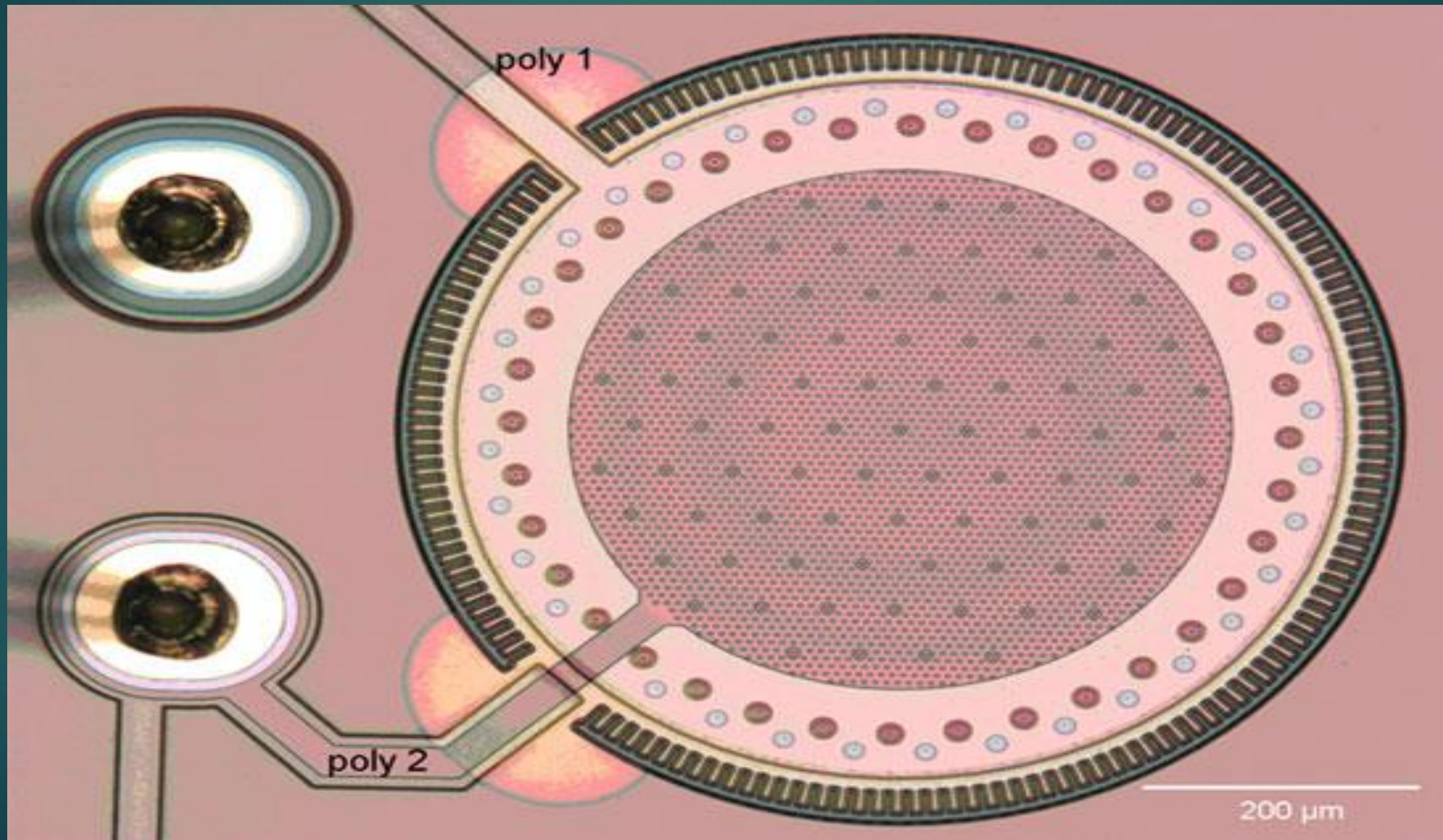
Зазоры



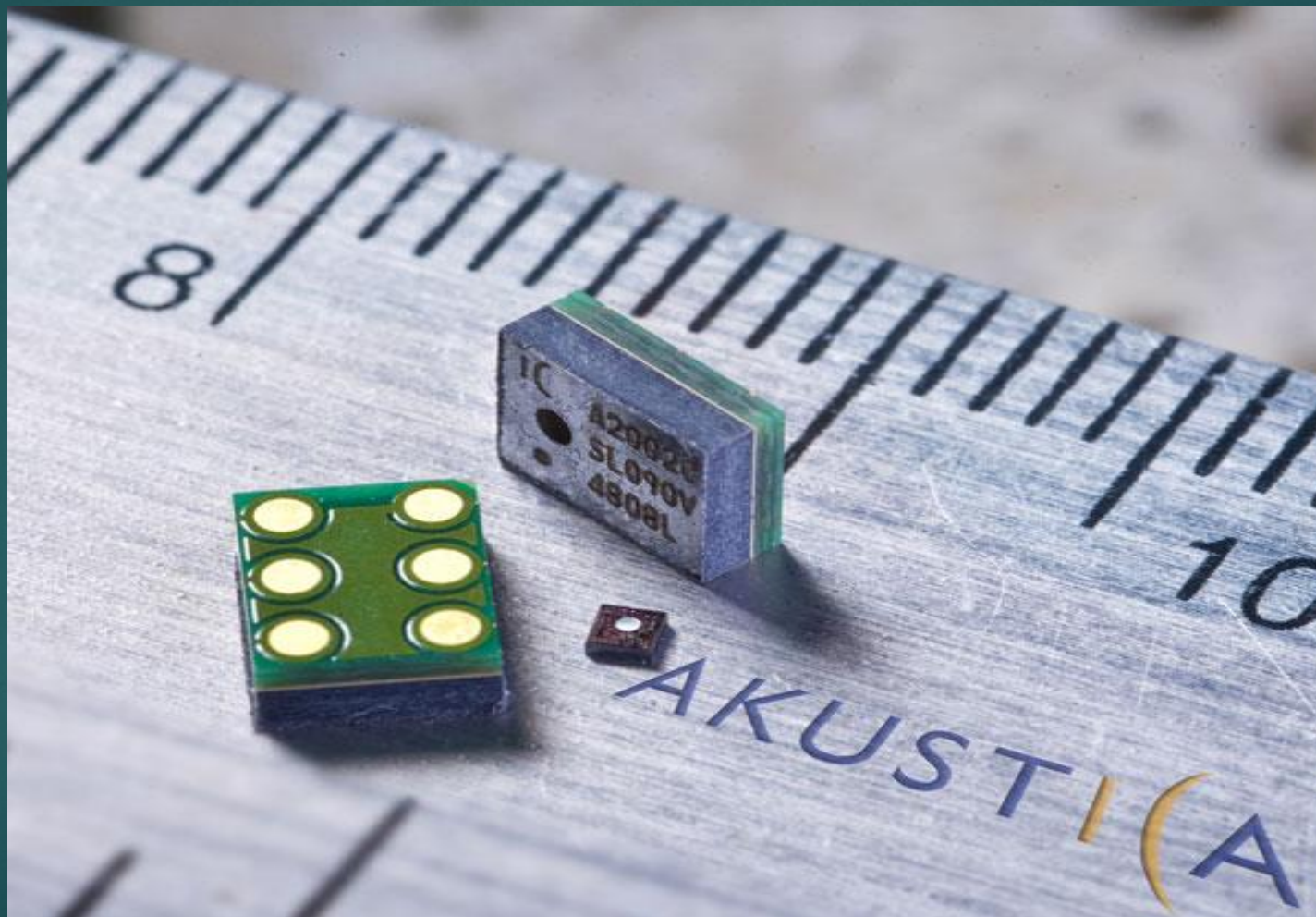
Нижняя неподвижная обкладка

Вентиляционное отверстие

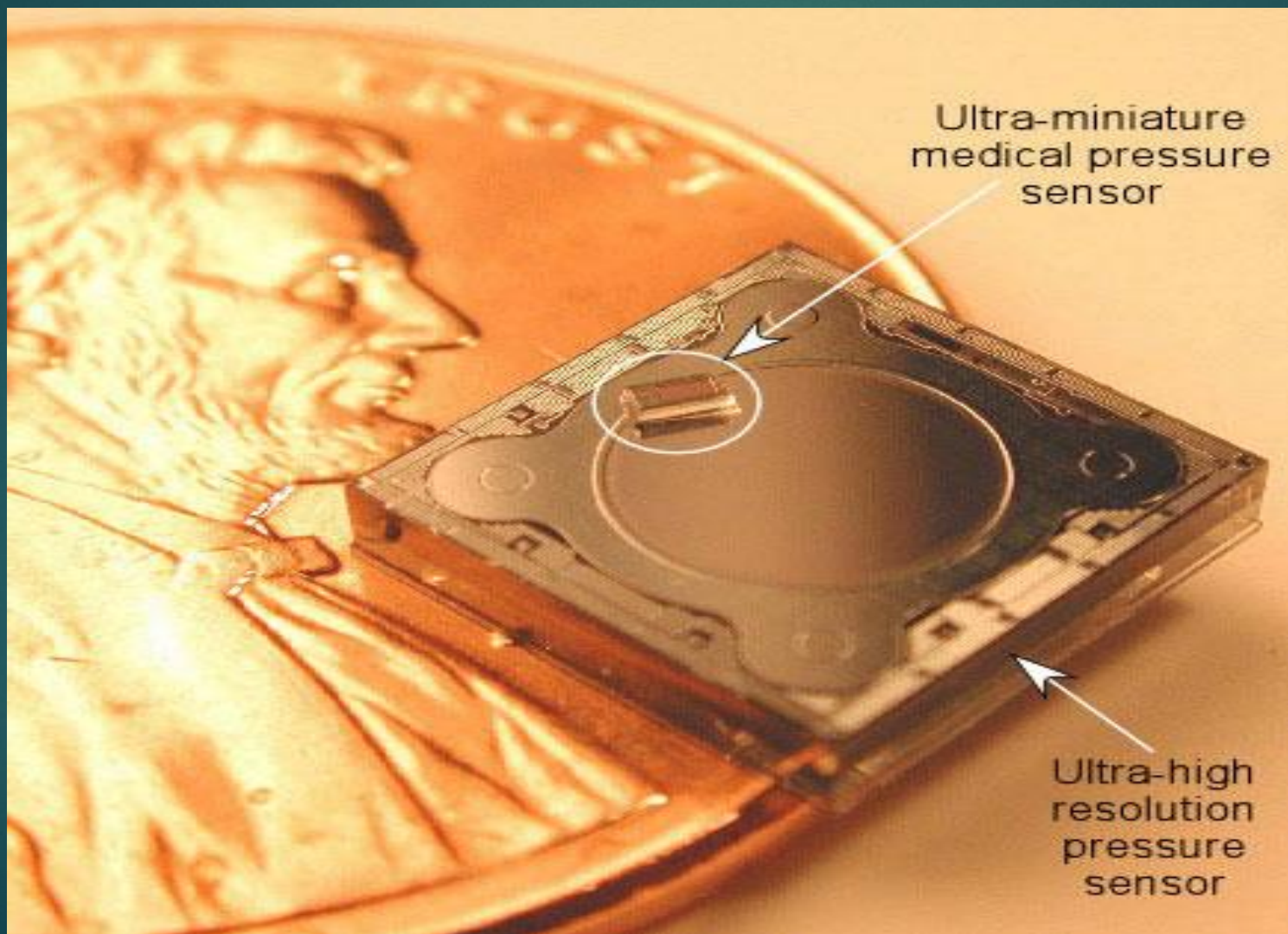
Микроэлектромеханический микрофон под микроскопом. Диаметр мембраны чуть больше половины миллиметра



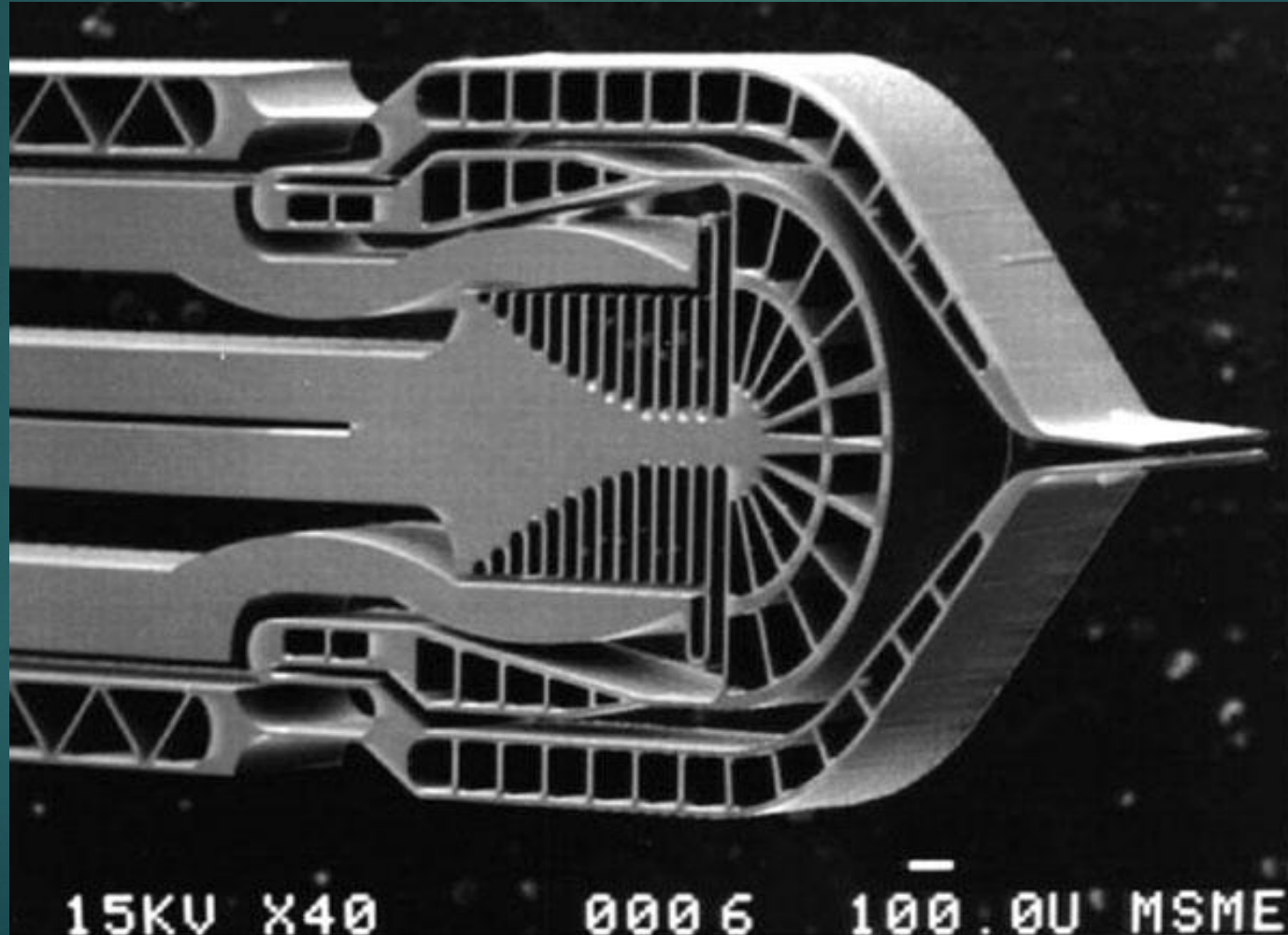
Самый миниатюрный MEMS-микрофон компании Akustica (площадь кристалла – 1 кв.мм) теряется рядом со своими более крупными родственниками



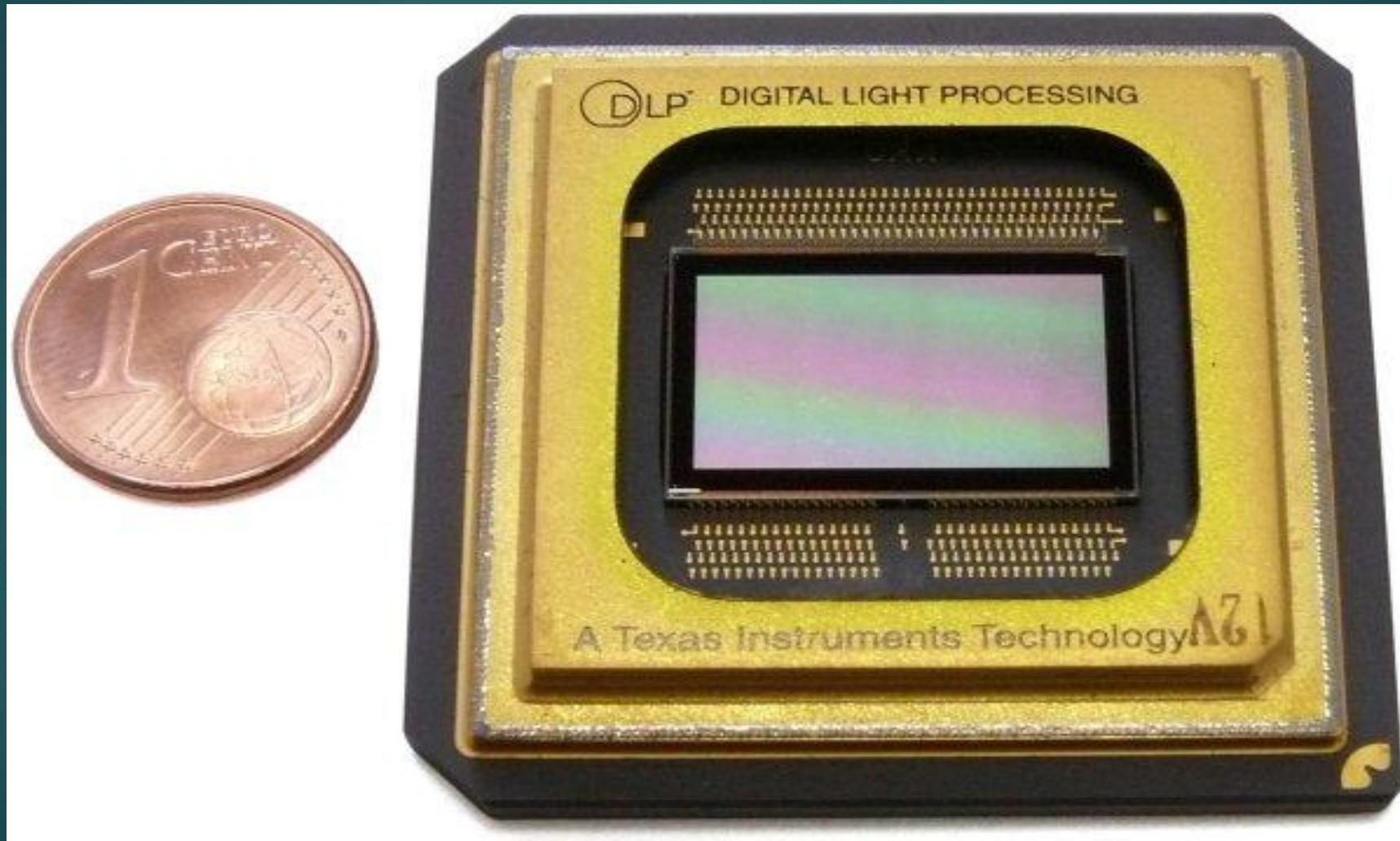
Ультракомпактный и высокоточный датчики давления на фоне одноцентовой монеты (по размеру она примерно эквивалентна нынешним русским 50 копейкам)



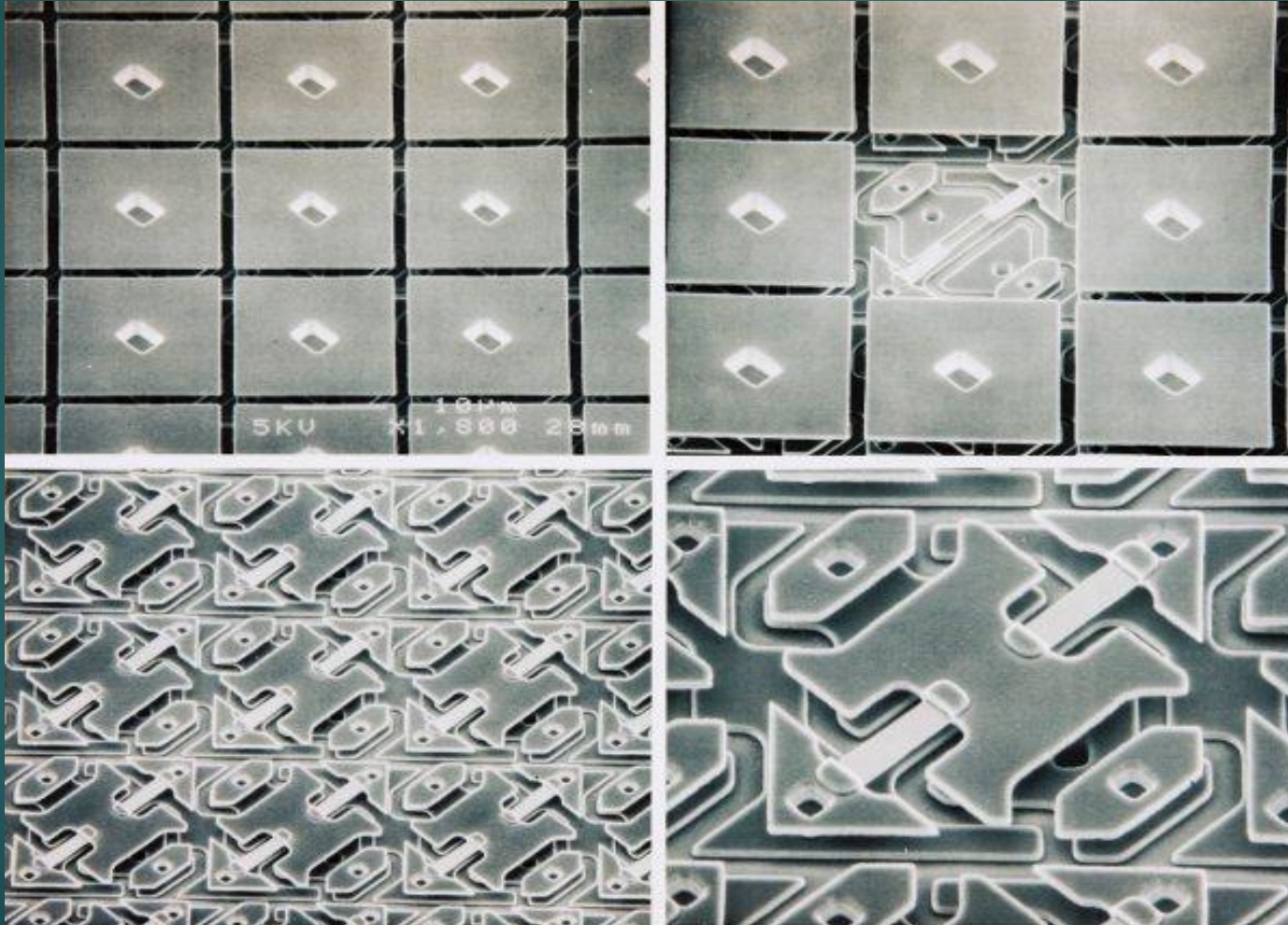
Прототип щипцов для микрохирургии глаза. Размеры головки щипцов – порядка 1,5x1,5 миллиметра. Толщина губ – несколько десятков микрон. Человеческий волос этими щипцами подцепить не получится – он для них слишком толстый



MEMS-актуаторы.
DMD-чип в сборе. Сравнительно с другими MEMS,
устройство достаточно крупное



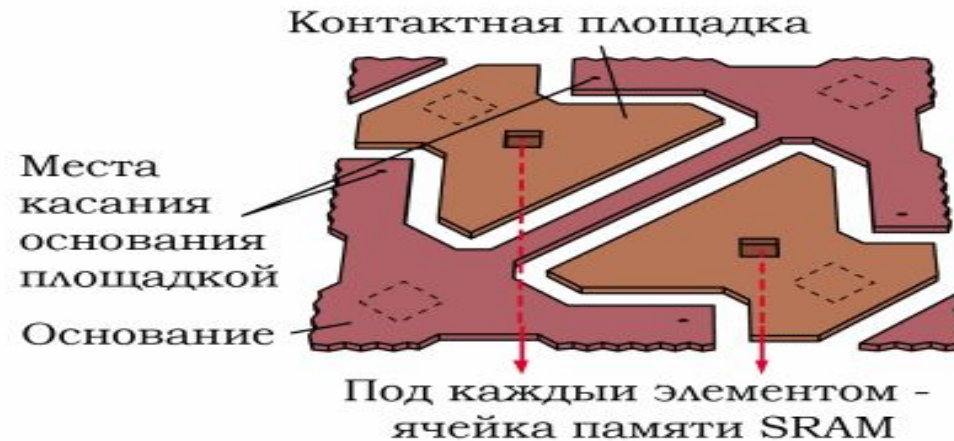
Сами микрозеркала чрезвычайно миниатюрны. На фото изображена одна из старых матриц с размером ячейки 16x16 микрон. В более новых DMD-чипах зеркала еще меньше



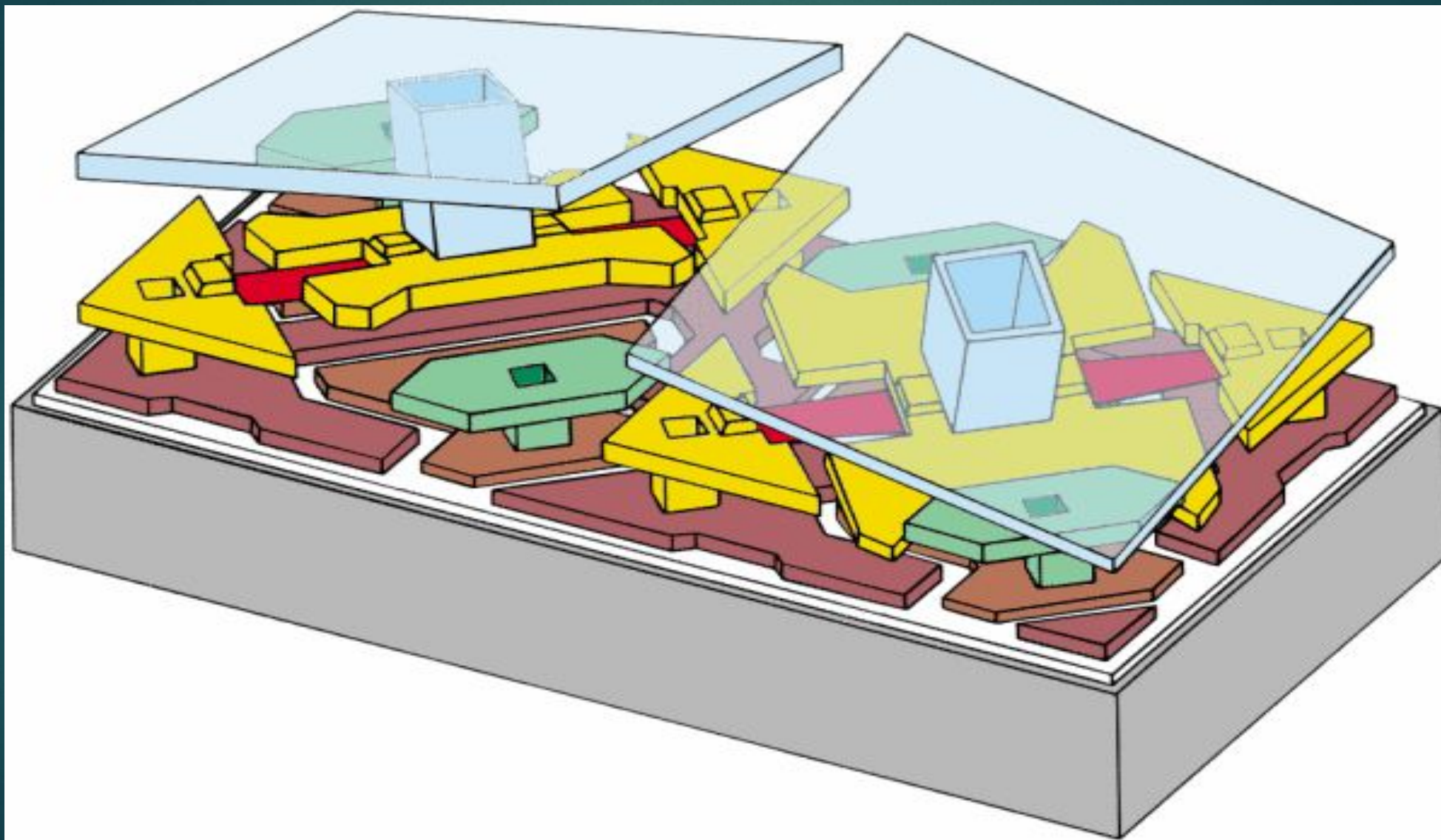
Так устроен каждый из миллионов используемых в микрозеркальной матрице элементов



Кончики площадки, упирающиеся в основание при наклоне



Два микрозеркала. Одно в «черном» положении, другое – в «белом». Среднее – «горизонтальное» – положение зеркала занимают только в припаркованном состоянии, когда проектор выключен

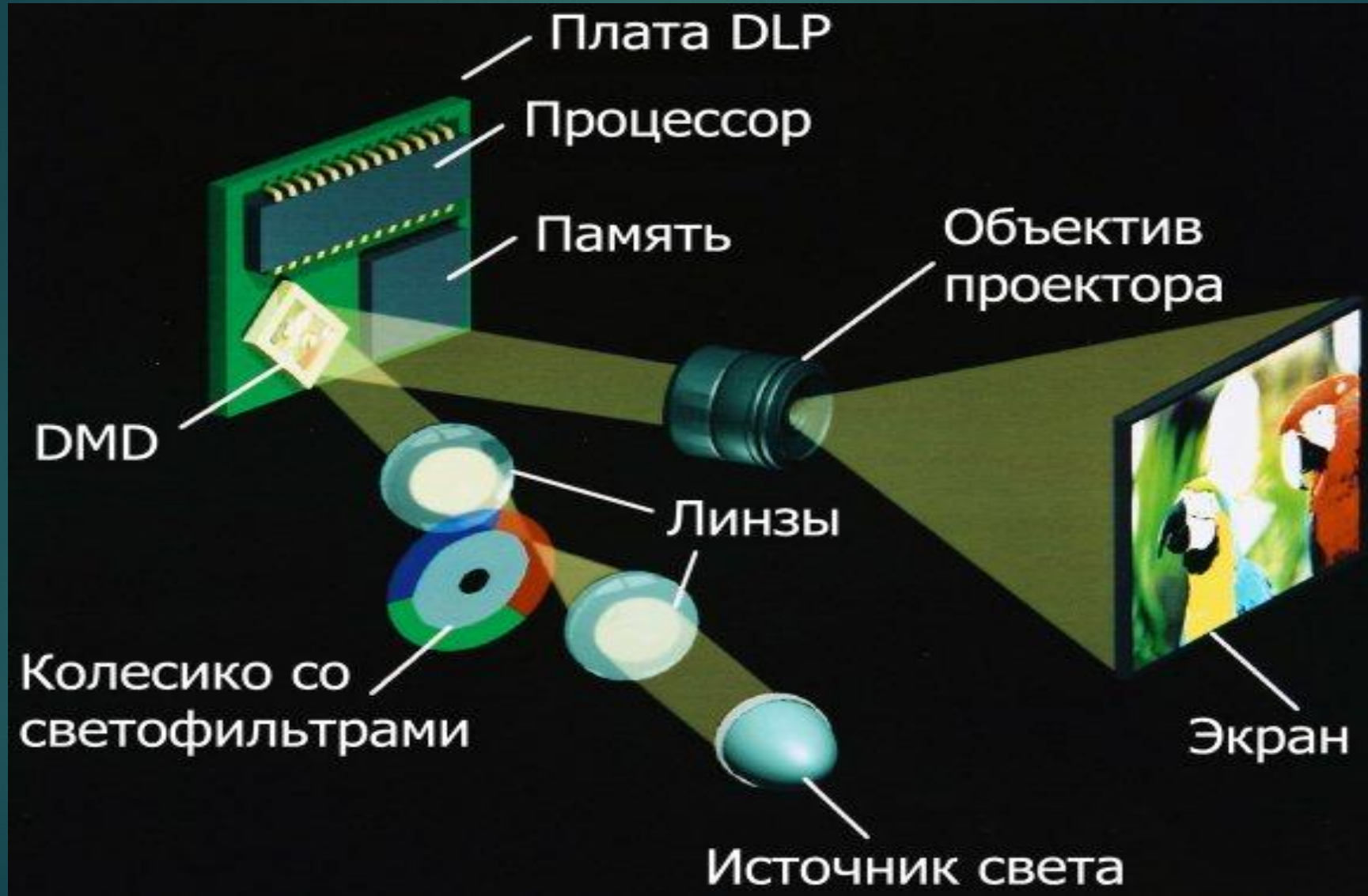


Достаточно простое колесико, в нем есть светофильтры только трех стандартных цветов, RGB

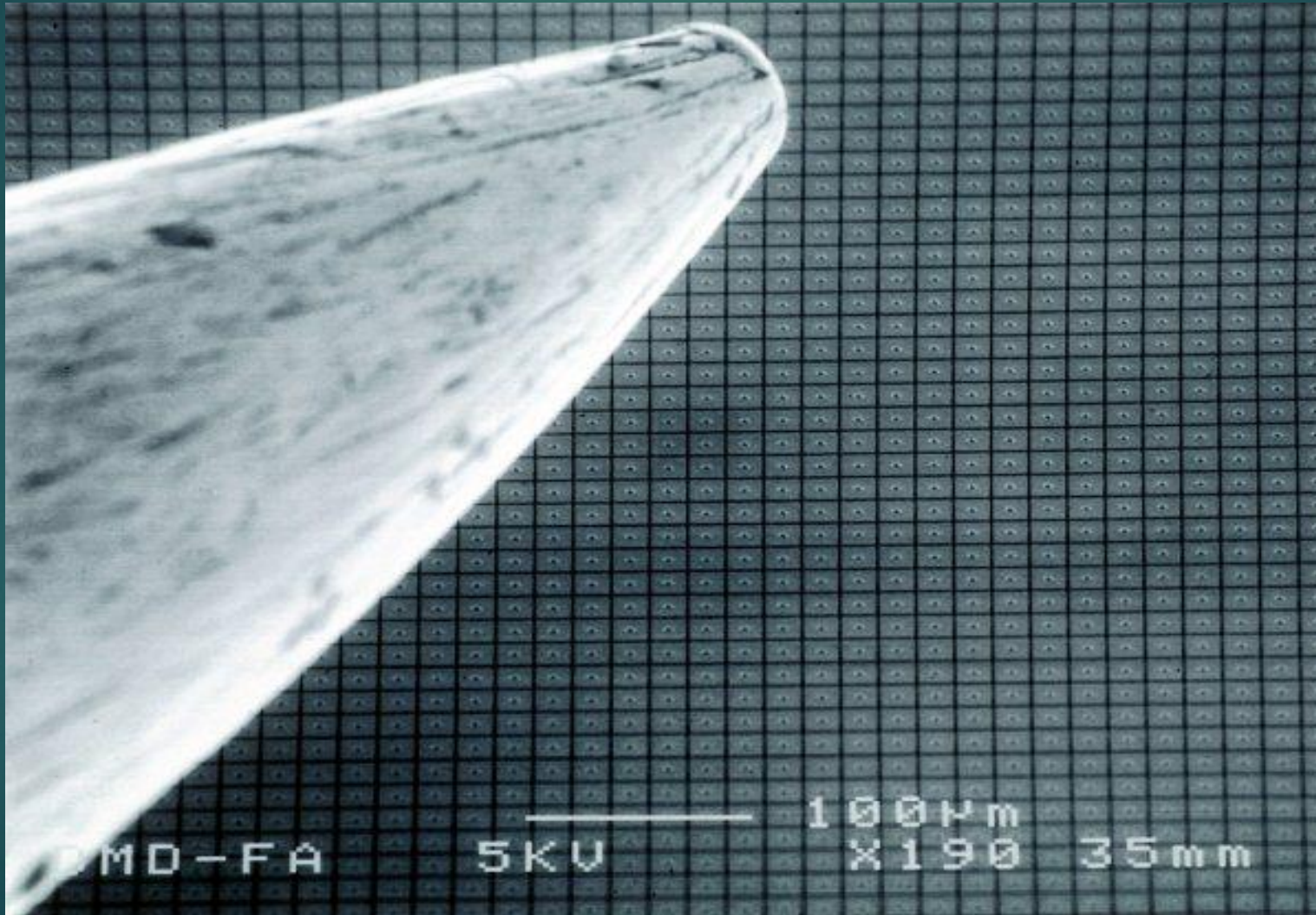




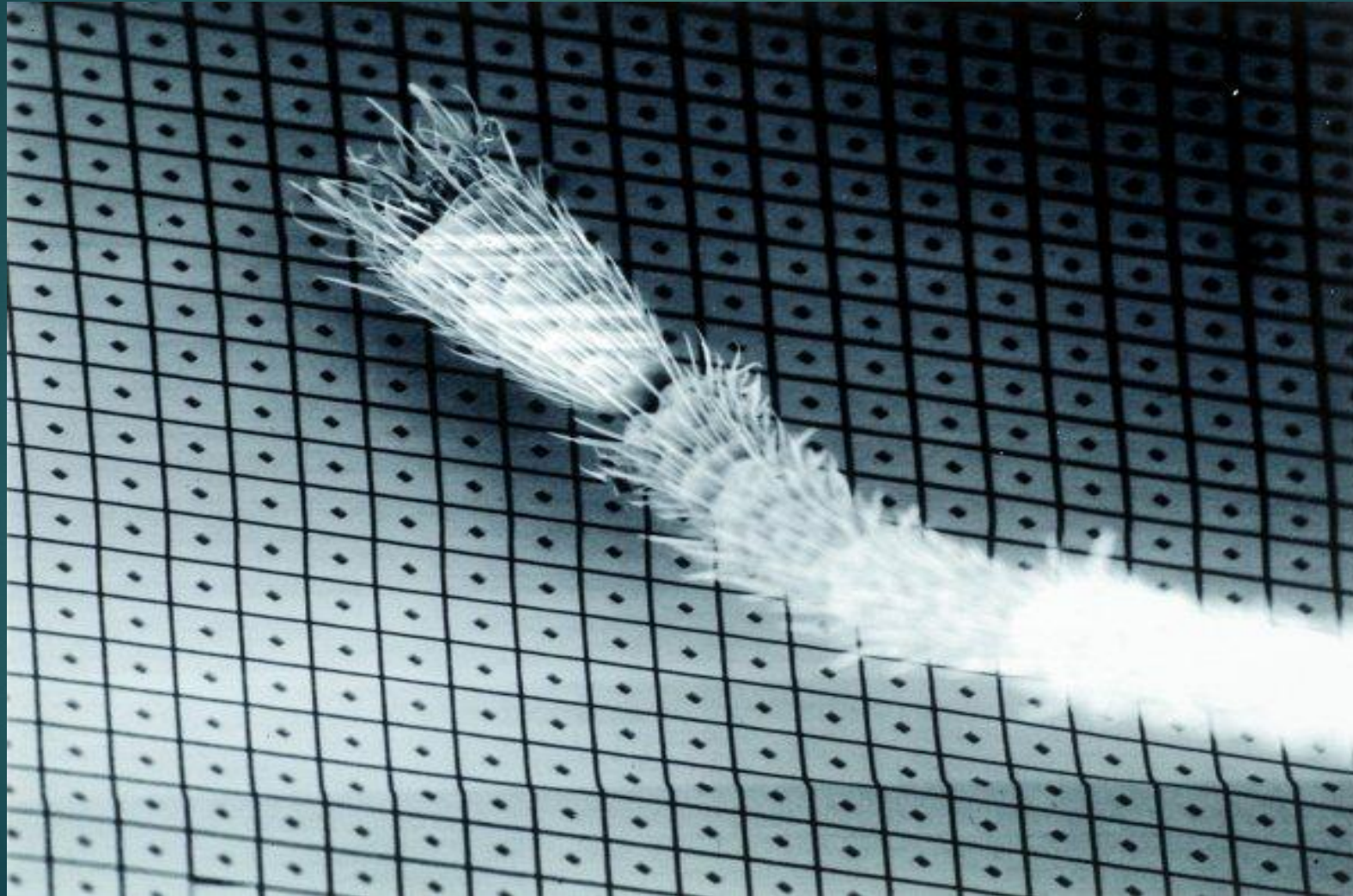
Общий принцип работы стандартного DLP-проектора – с одним DMD-чипом



Сходу человеческий разум едва ли способен адекватно оценить размер в 10 микрон. Другое дело – фото в масштабе



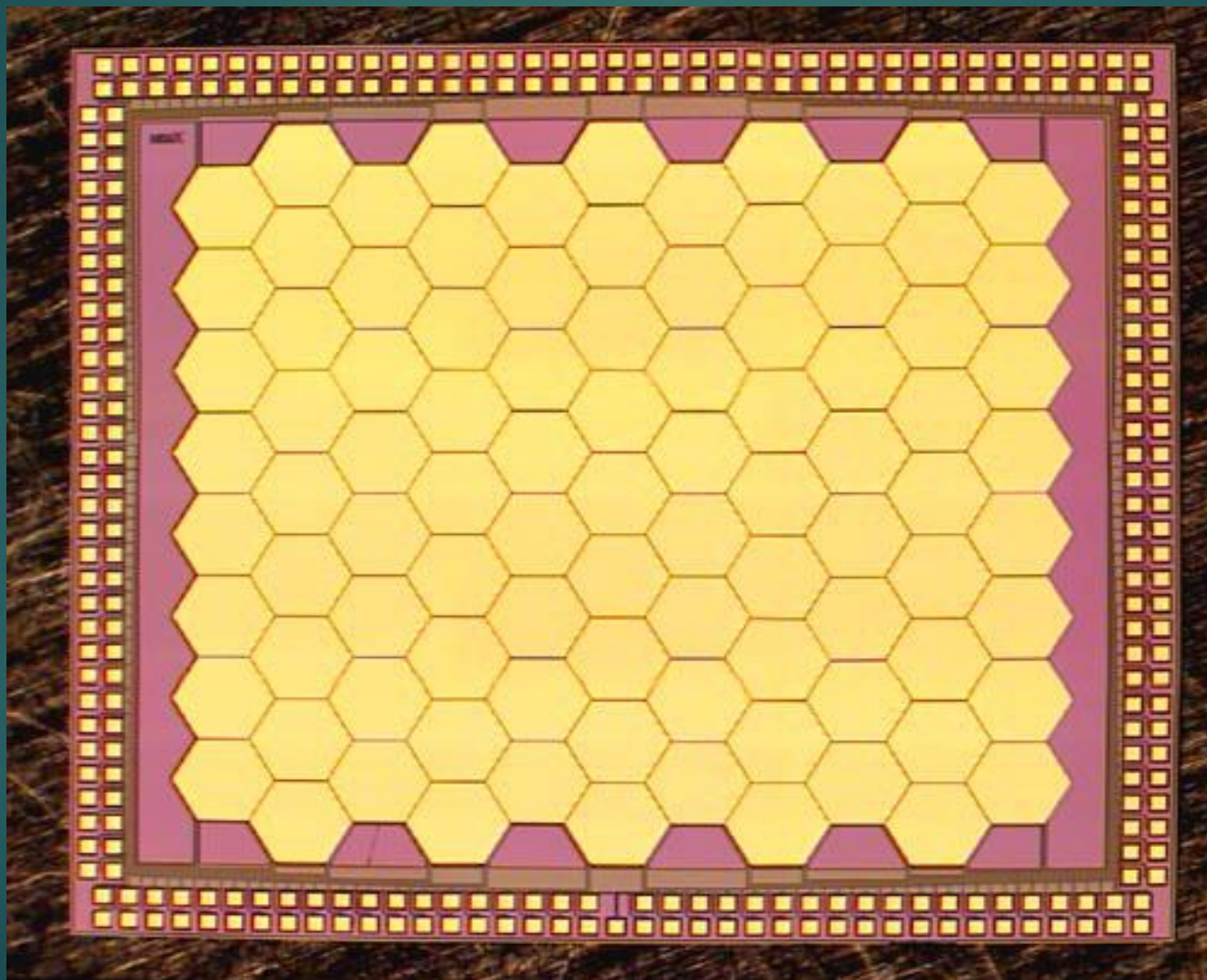
Лапка муравья. На фото изображена довольно старая модель DMD-чипа, современные микрозеркала Texas Instruments еще миниатюрнее



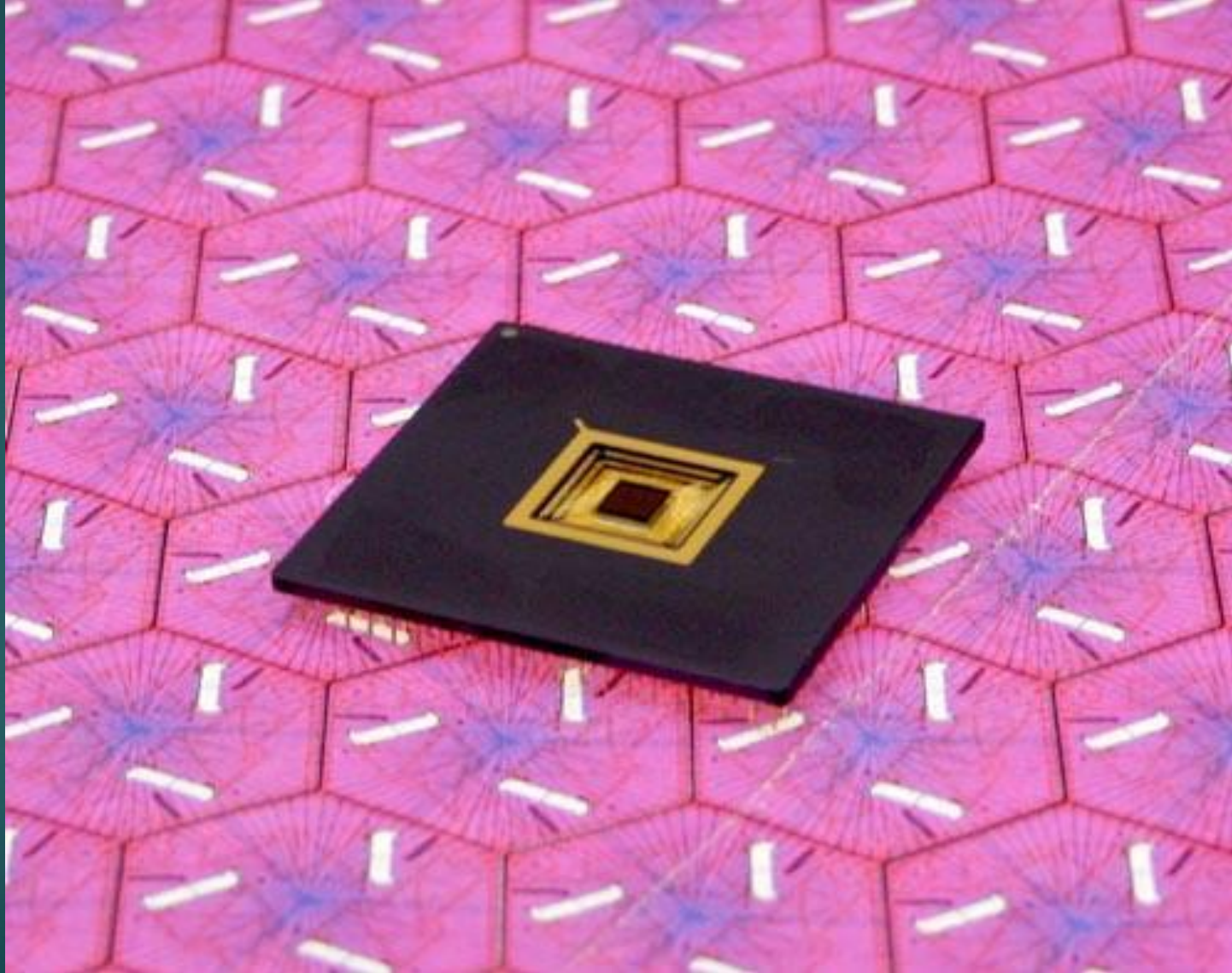
Микрозеркальная матрица разработки
Фраунгоферовского института полупроводниковых
технологий



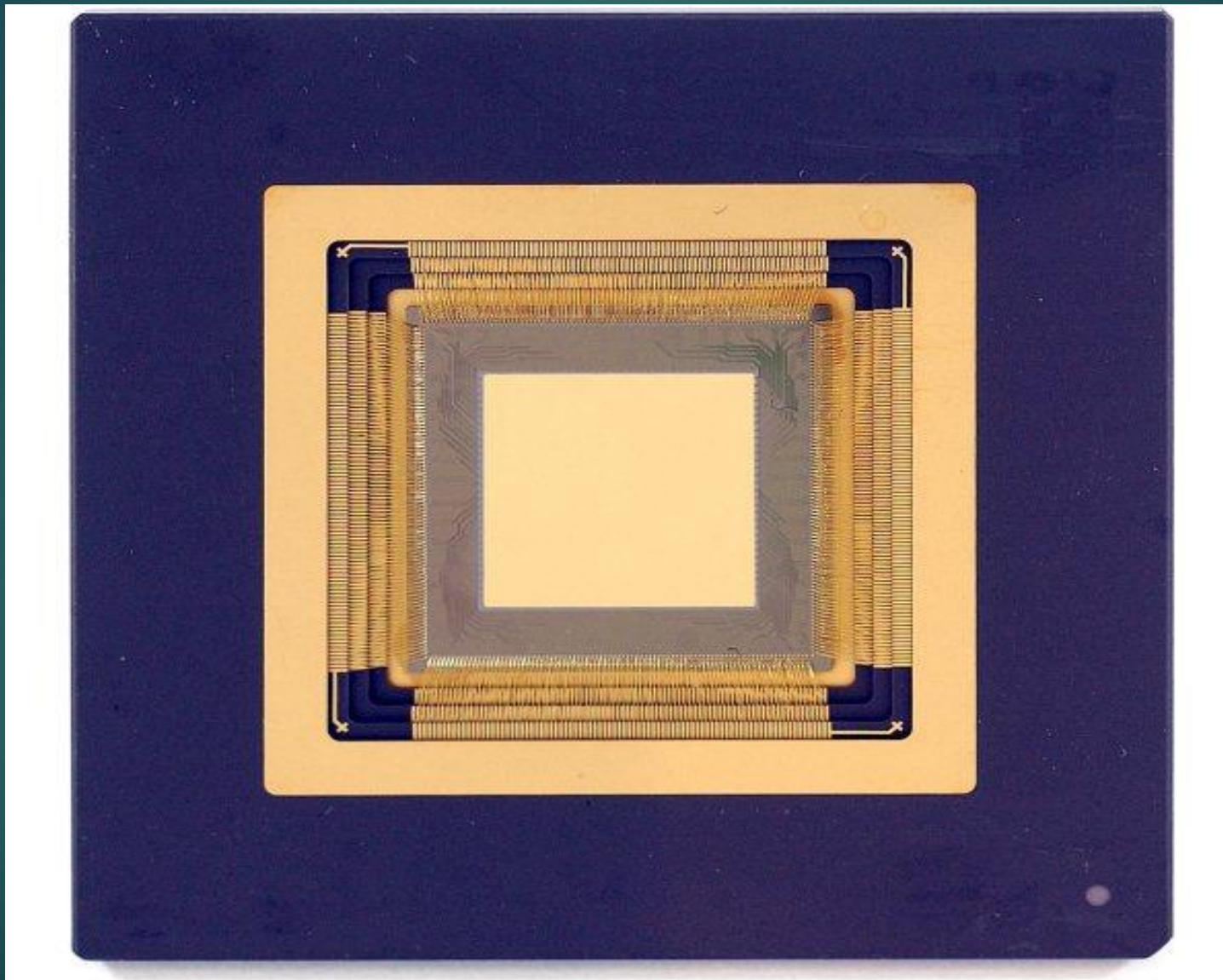
Зеркало с изменяемой геометрией, состоящее из 93 элементов



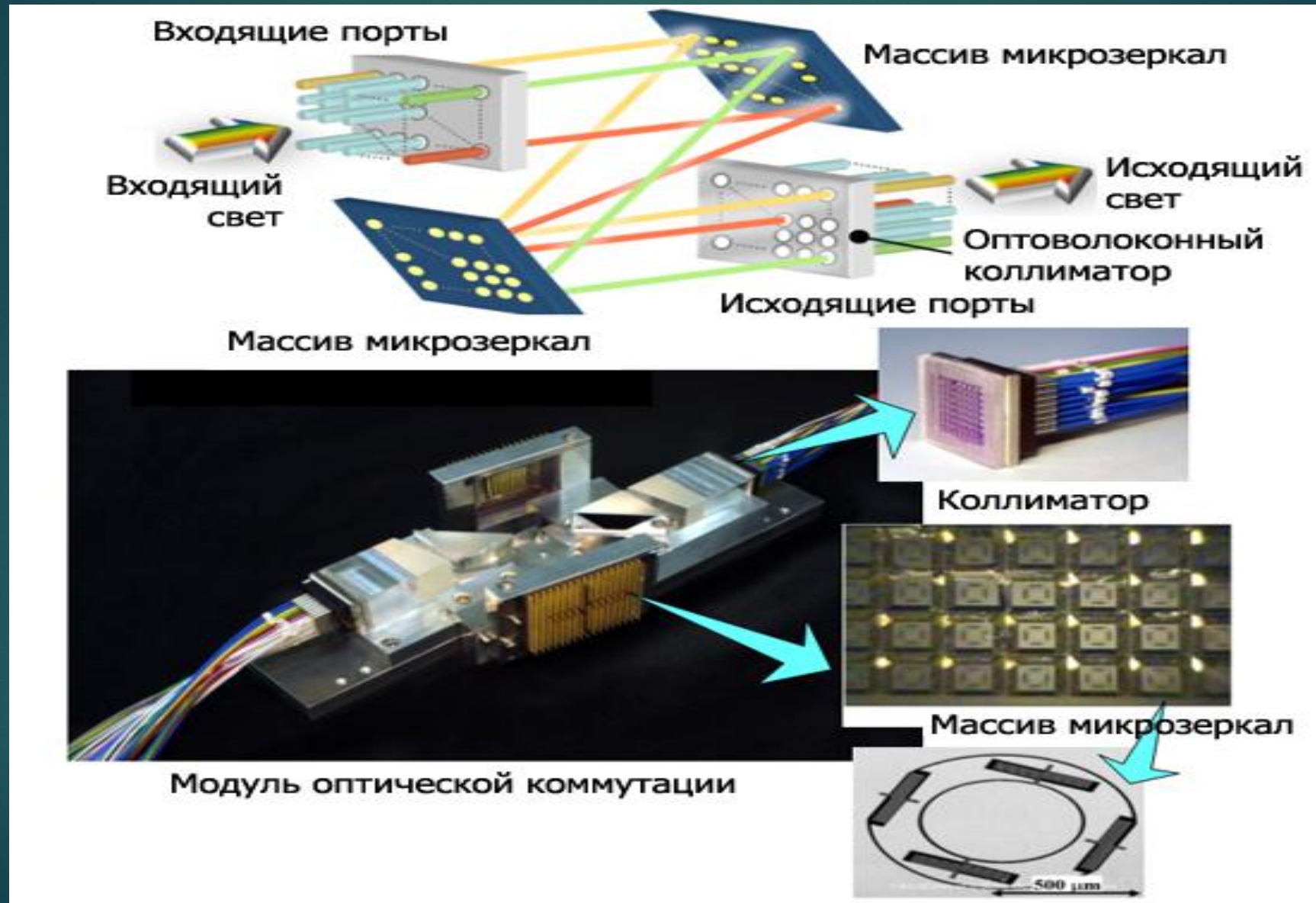
Готовый чип на основе той же системы (размер 5 на 5 см)
на фоне более крупного снимка поверхности зеркала



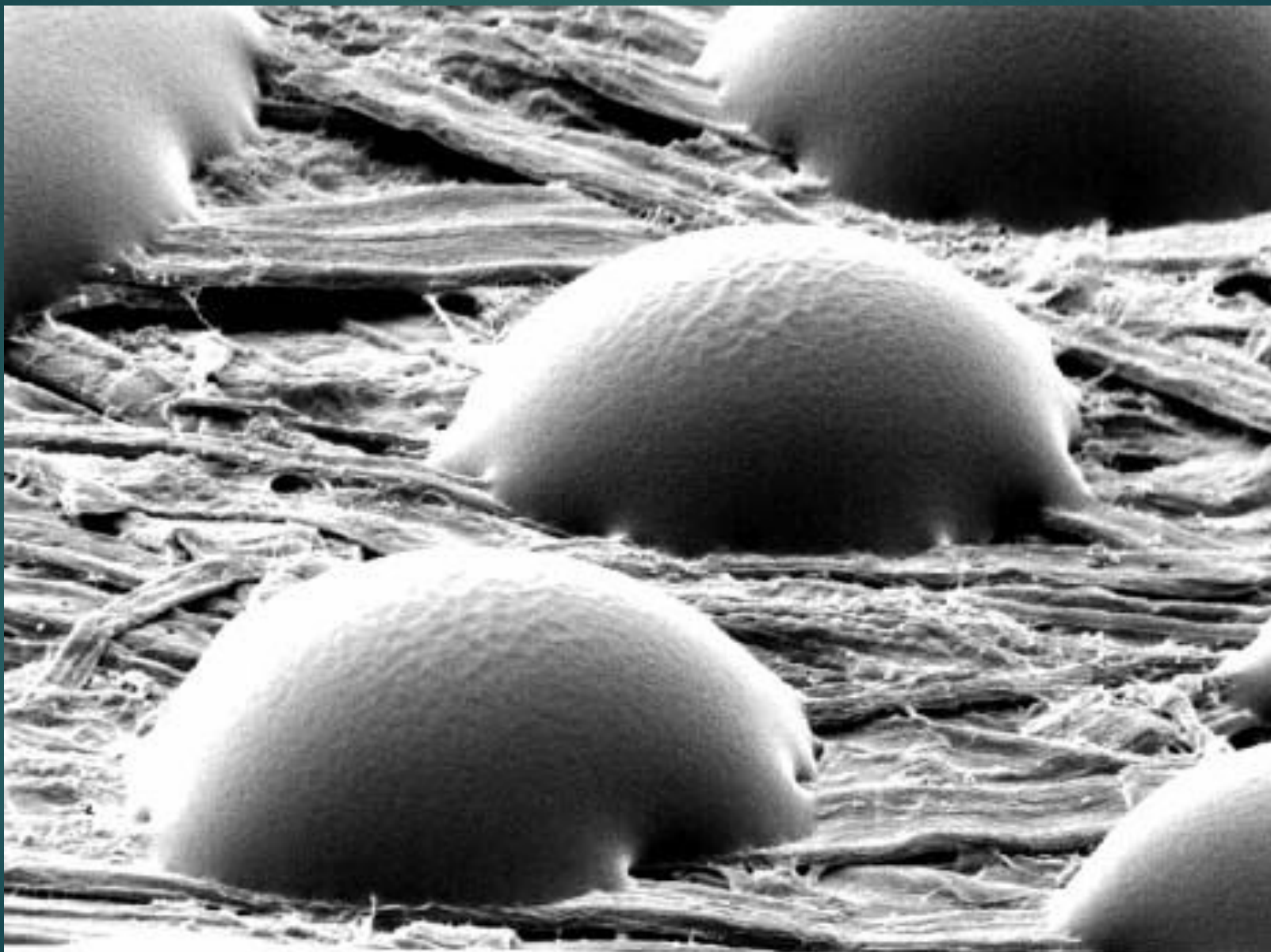
Зеркало с изменяемой геометрией, состоящее из 1020 элементов. Разработка Boston Micromachines Corporation



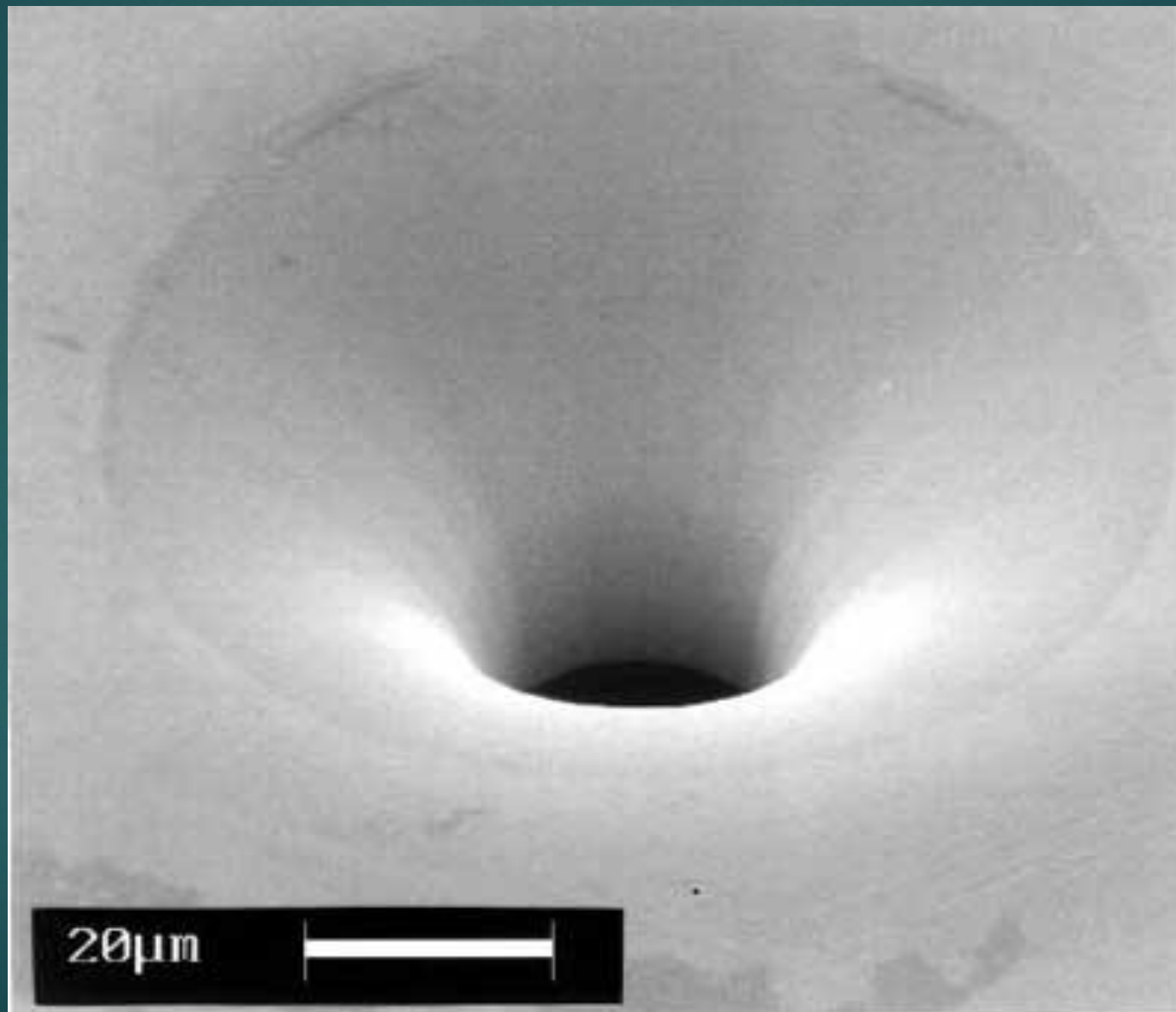
Один из вариантов устройства двухосного микрозеркала



Капли чернил на бумаге



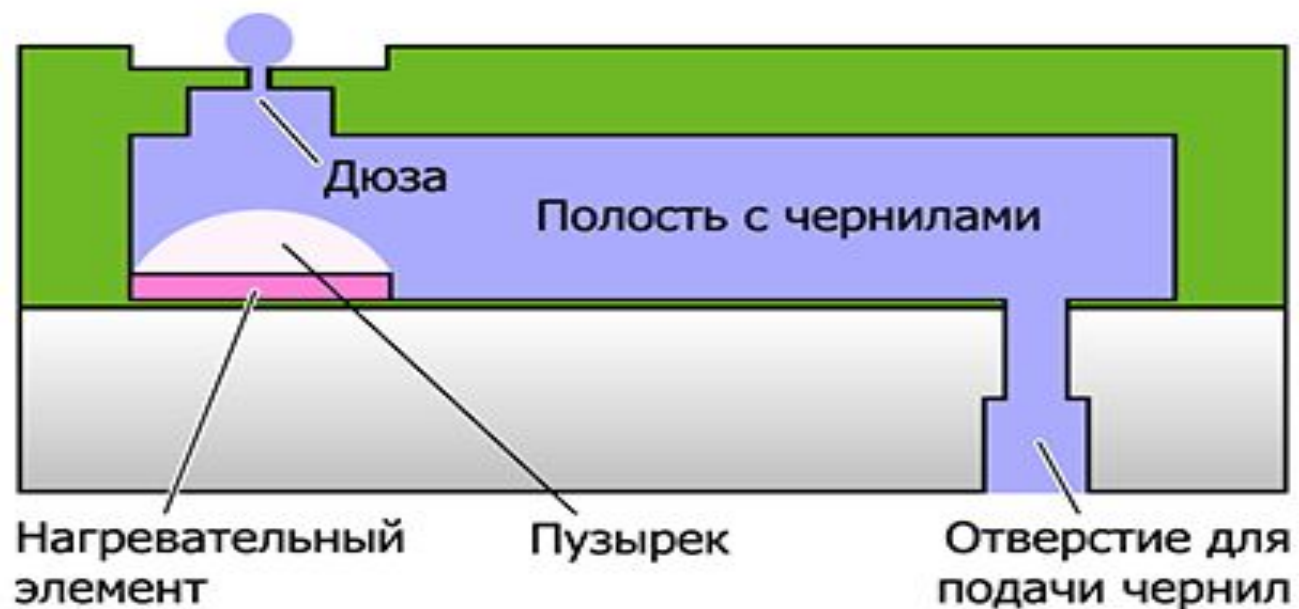
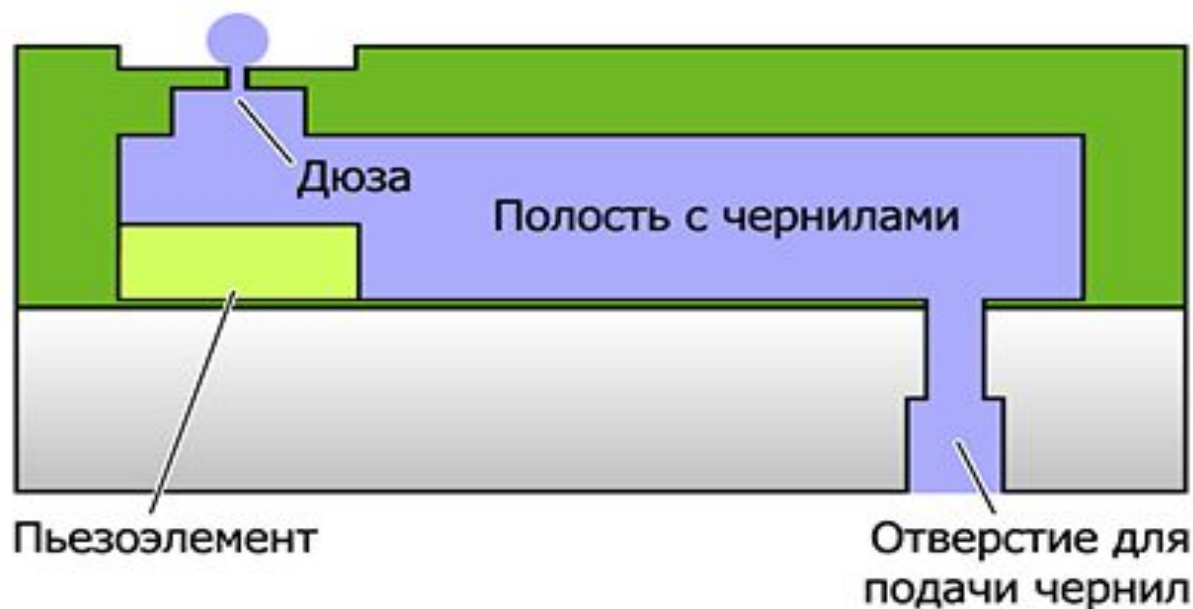
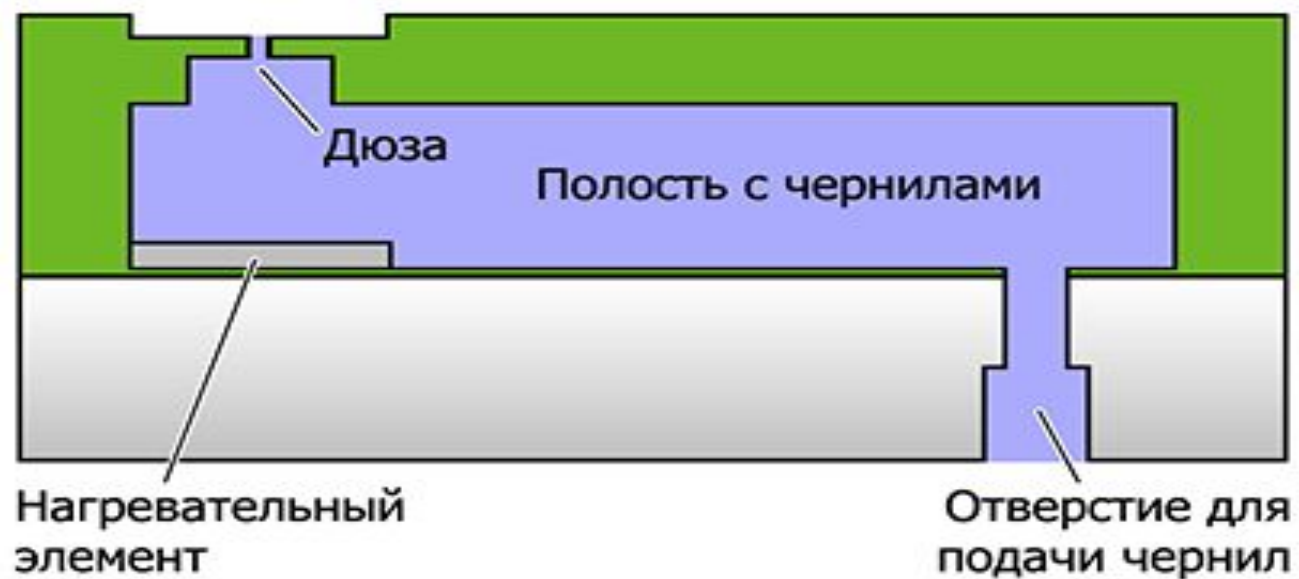
Крупный план одной дюзы печатающей головки струйного принтера



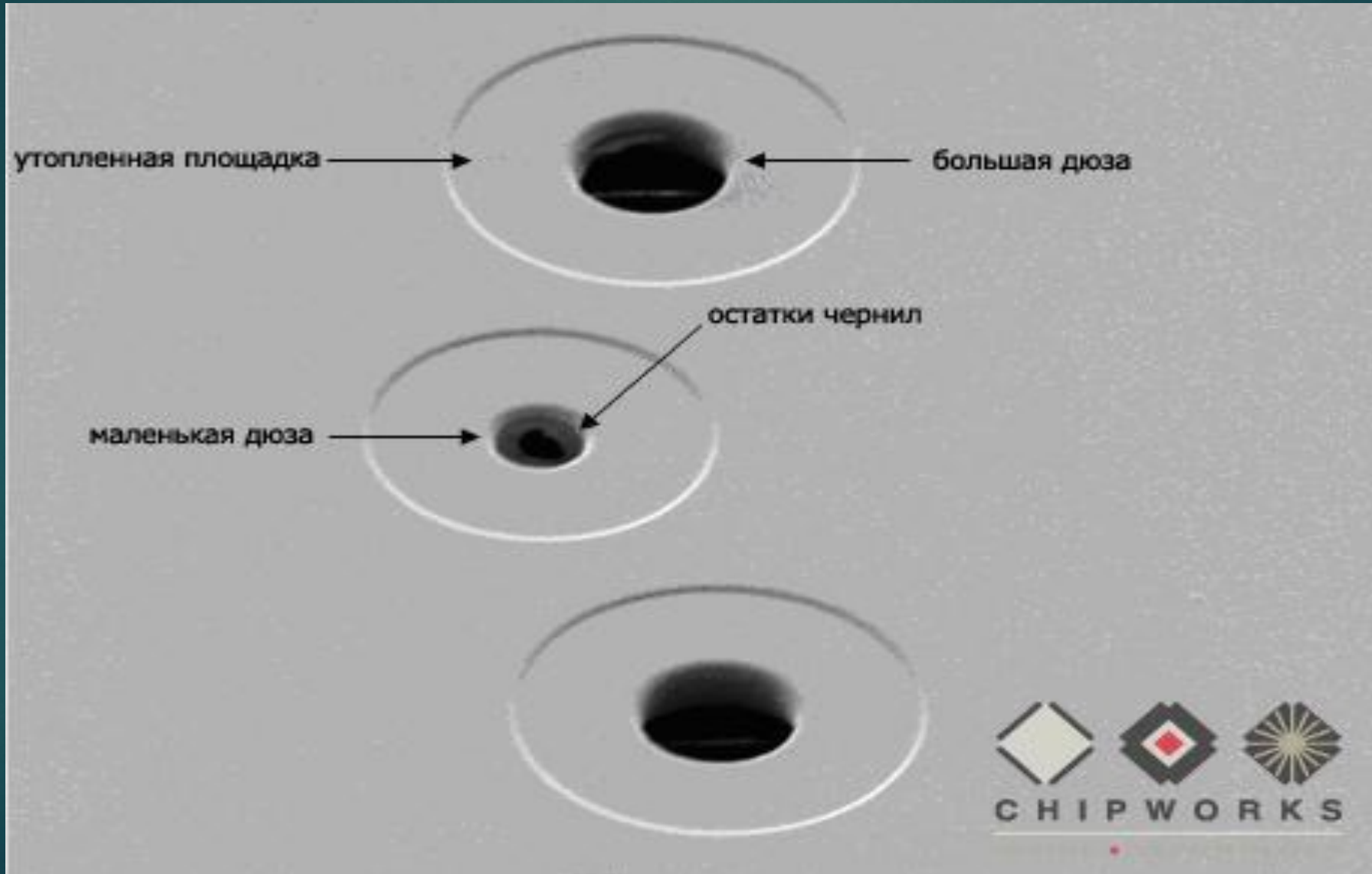
Принцип работы пьезоструйной печатающей головки



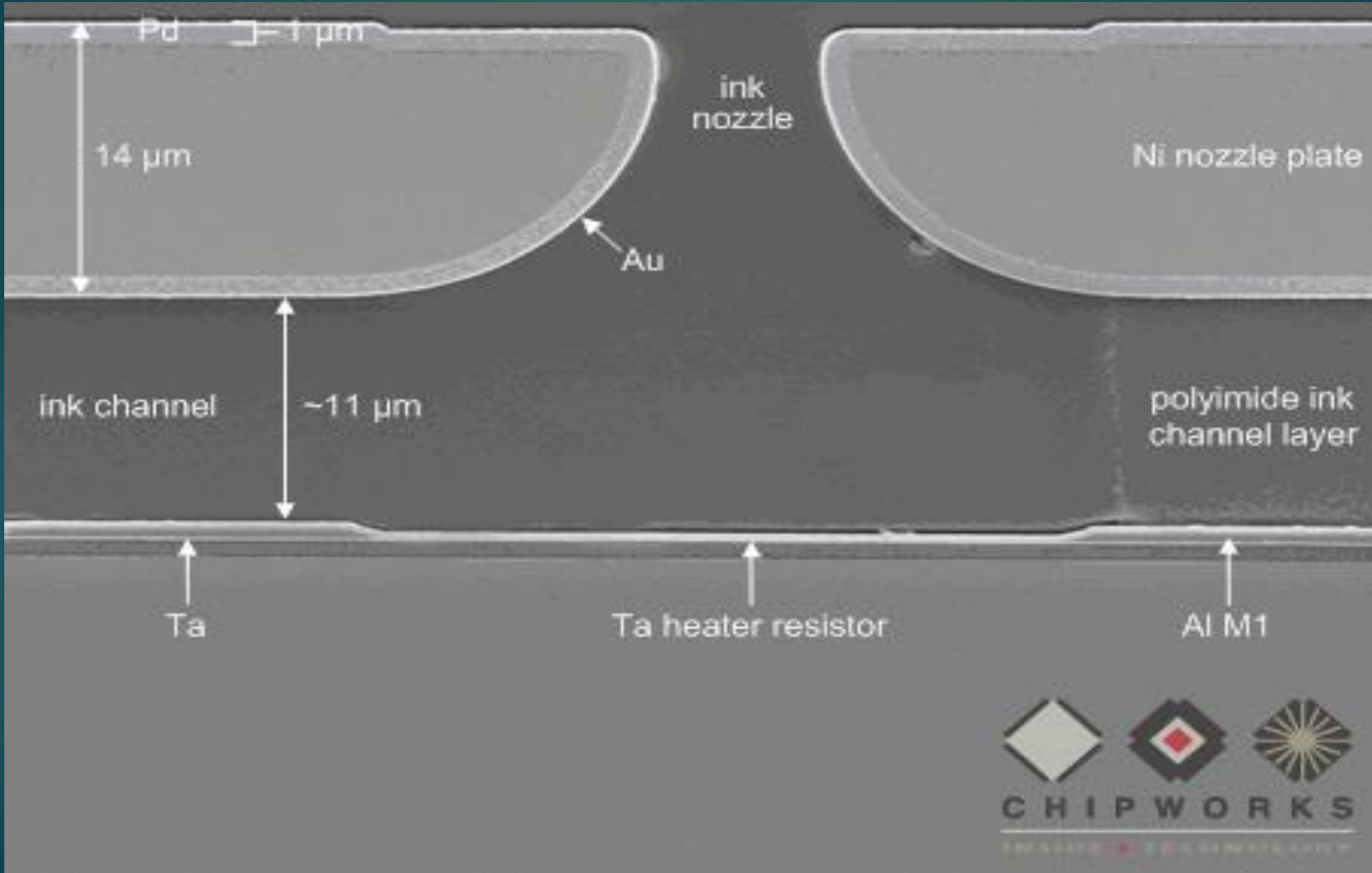
Принцип работы термоструйной печатающей головки



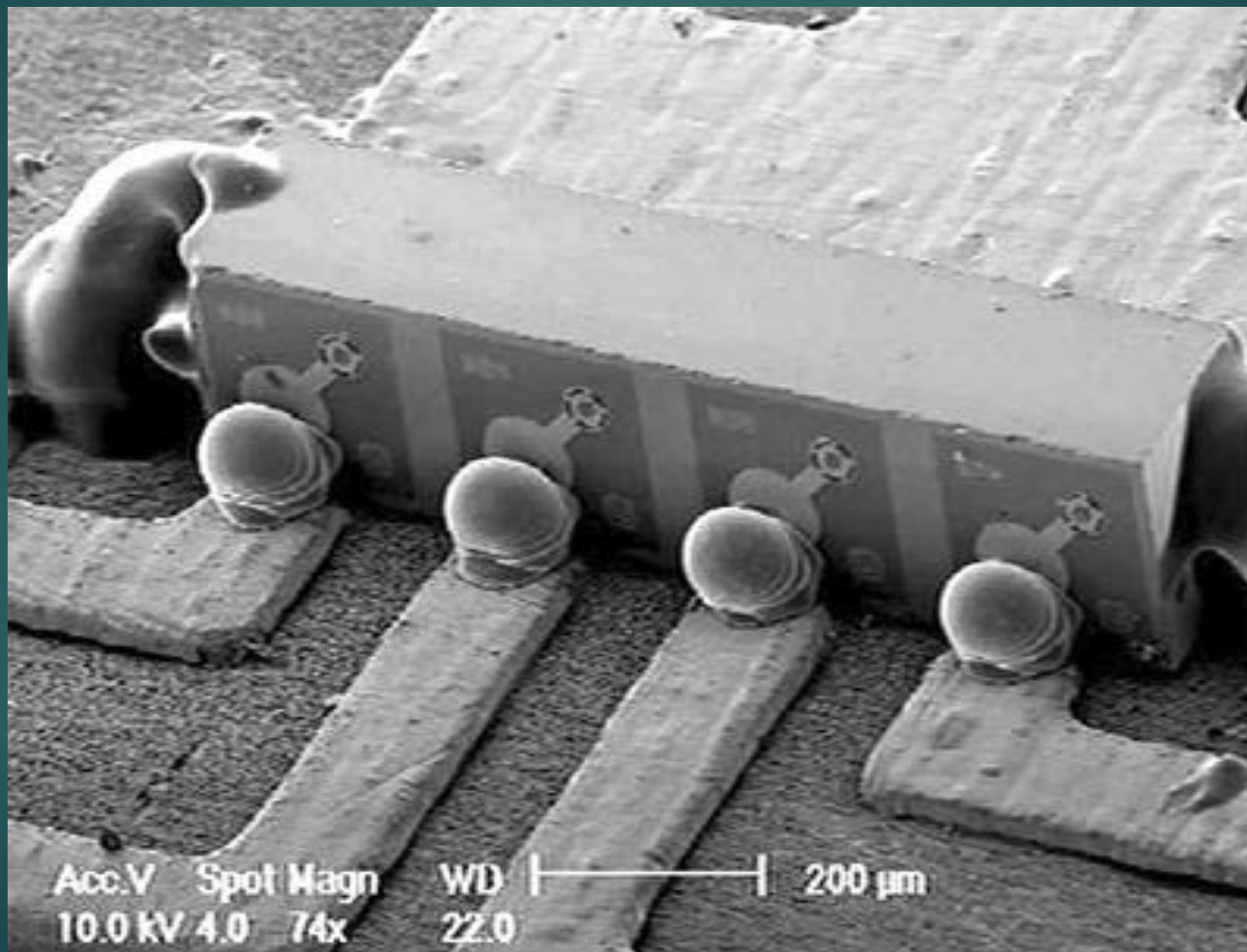
В печатающих головках используются дюзы разных размеров



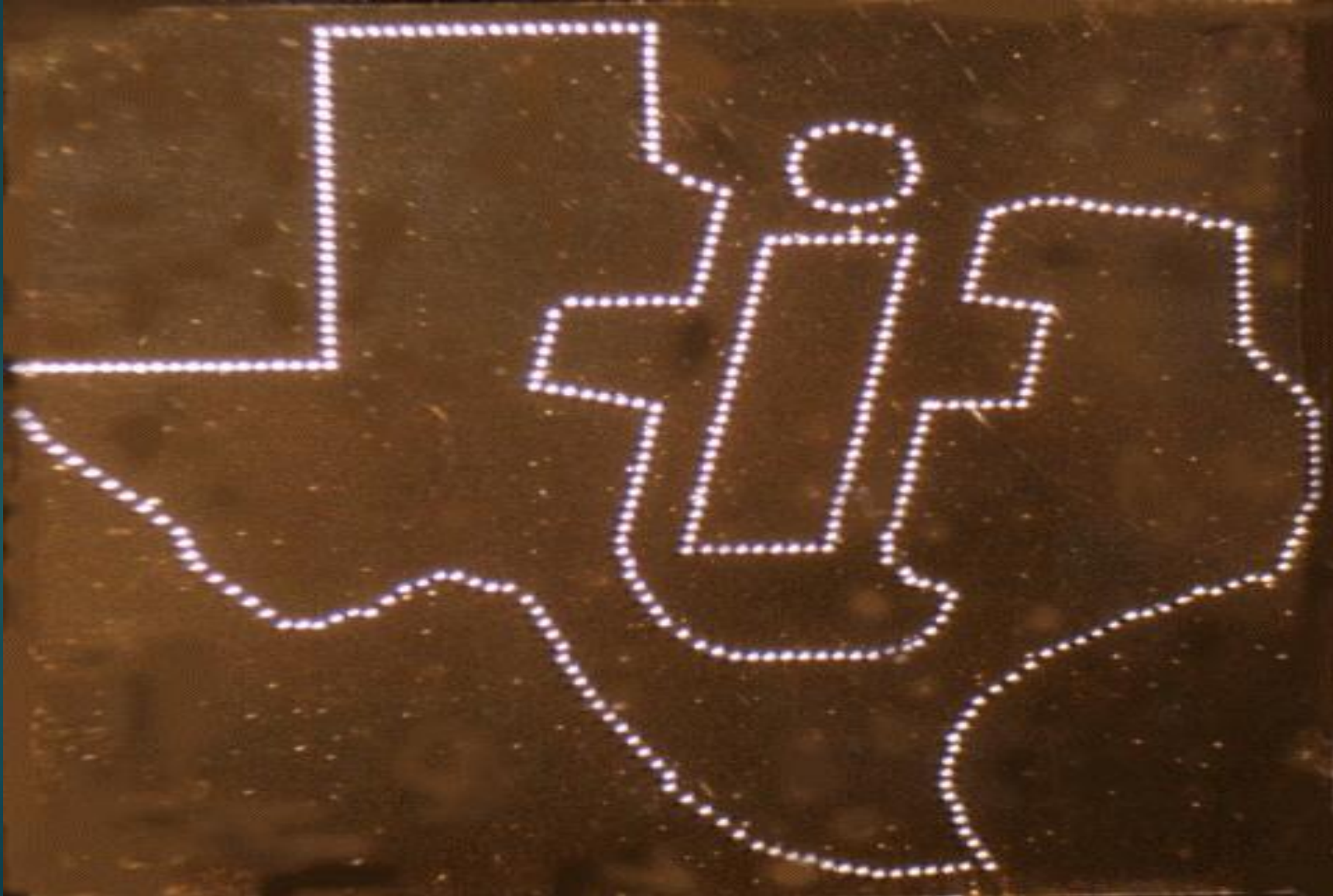
Одна из ячеек печатающей головки HP 60 в разрезе



«Пайка» контактов на этом снимке произведена с помощью пьезоструйной печати



Микроскопический логотип Texas Instruments
напечатан каплями диаметром 60 микрон



Капилляр

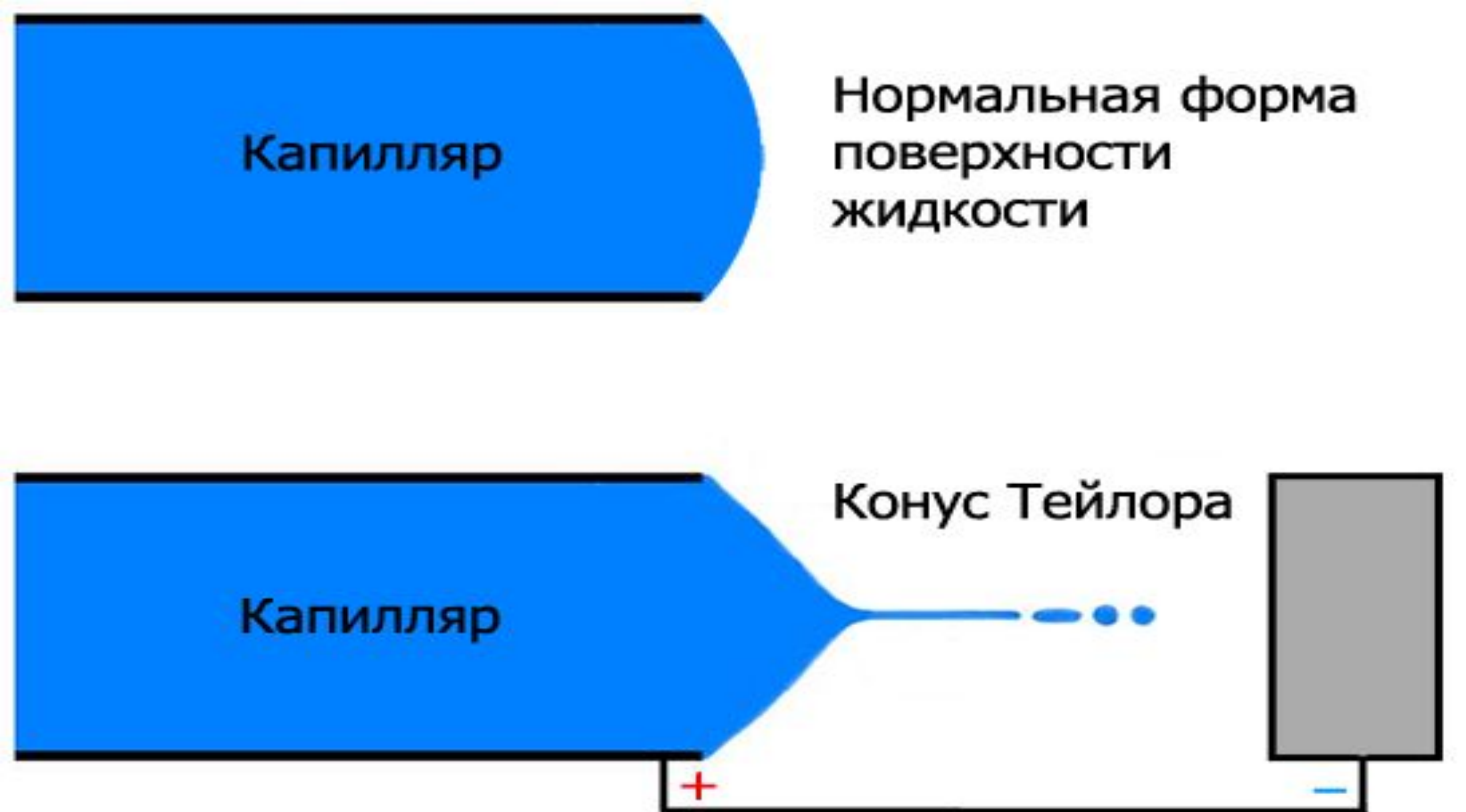
Нормальная форма
поверхности
жидкости

Капилляр

Конус Тейлора

+

-



▶ СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- ▶ 1. Алексей Борзенко, «Технология MEMS» , Россия. - 2006. - № 1.
- ▶ 2. А. Тузов, «Датчики для измерения параметров движения на основе MEMS-технологии», Часть 1. «Электроника:наука, технология, бизнес». №1, 2011
- ▶ 3. Steve Nasiri, David Sachs and Michael Maia. «Selection and integration of MEMS-based motion processing devices» //www.dspdesignline.com/howto/218401101#.
- ▶ 4. Сафронов А. и др. «Малогобаритные пьезоэлектрические вибрационные гироскопы: особенности и области применения». — ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2006, №8
- ▶ 5. Горнев Е.С., Зайцев Н.А. и др. «Обзор микрогироскопов, сформированных по технологии поверхностной или объемной микромеханики». — Нано- и микросистемная техника, 2002, № 8, с. 2–6.
- ▶ 6. <http://micro-tech.ru/>
- ▶ 7. <http://b.artemiev.su/>
- ▶ 8. <http://www.3dnews.ru/>