

Нанофотоника: азы и приложения

Андрей Федянин

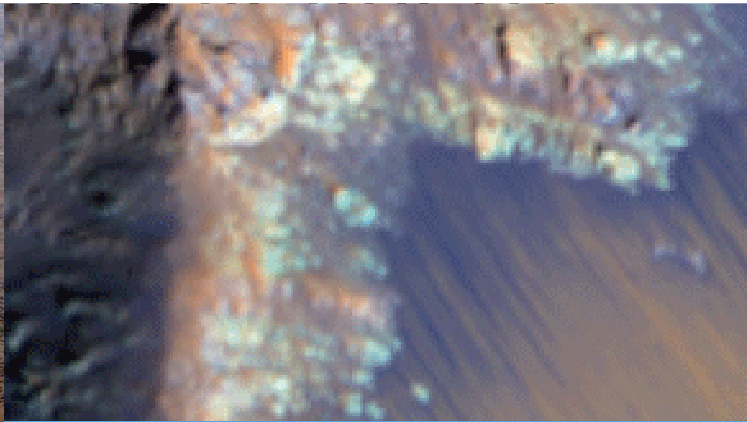


INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT 2015

“...a global initiative adopted by the United Nations to raise awareness of how optical technologies promote sustainable development and provide solutions to worldwide challenges in energy, education, agriculture, communications and health.”



Интерферометр LIGO



Вода на Марсе (источник: NASA)



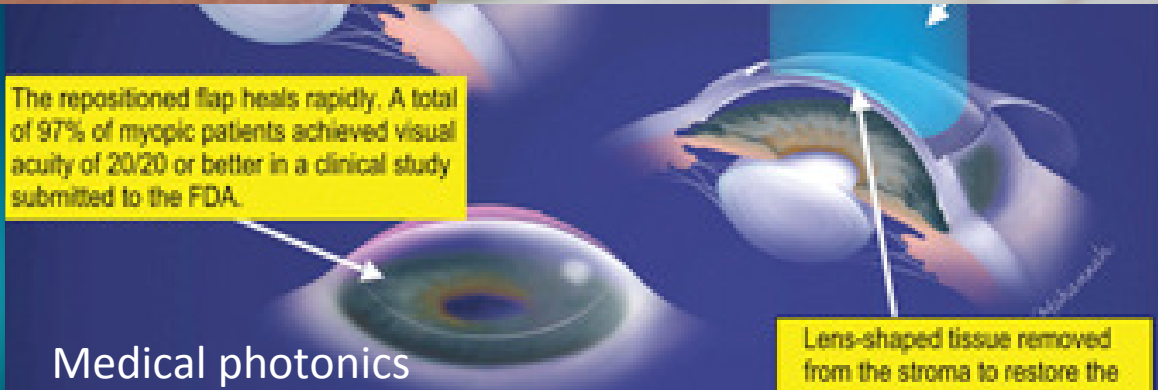
Google Glass



Samsung Edge Screen



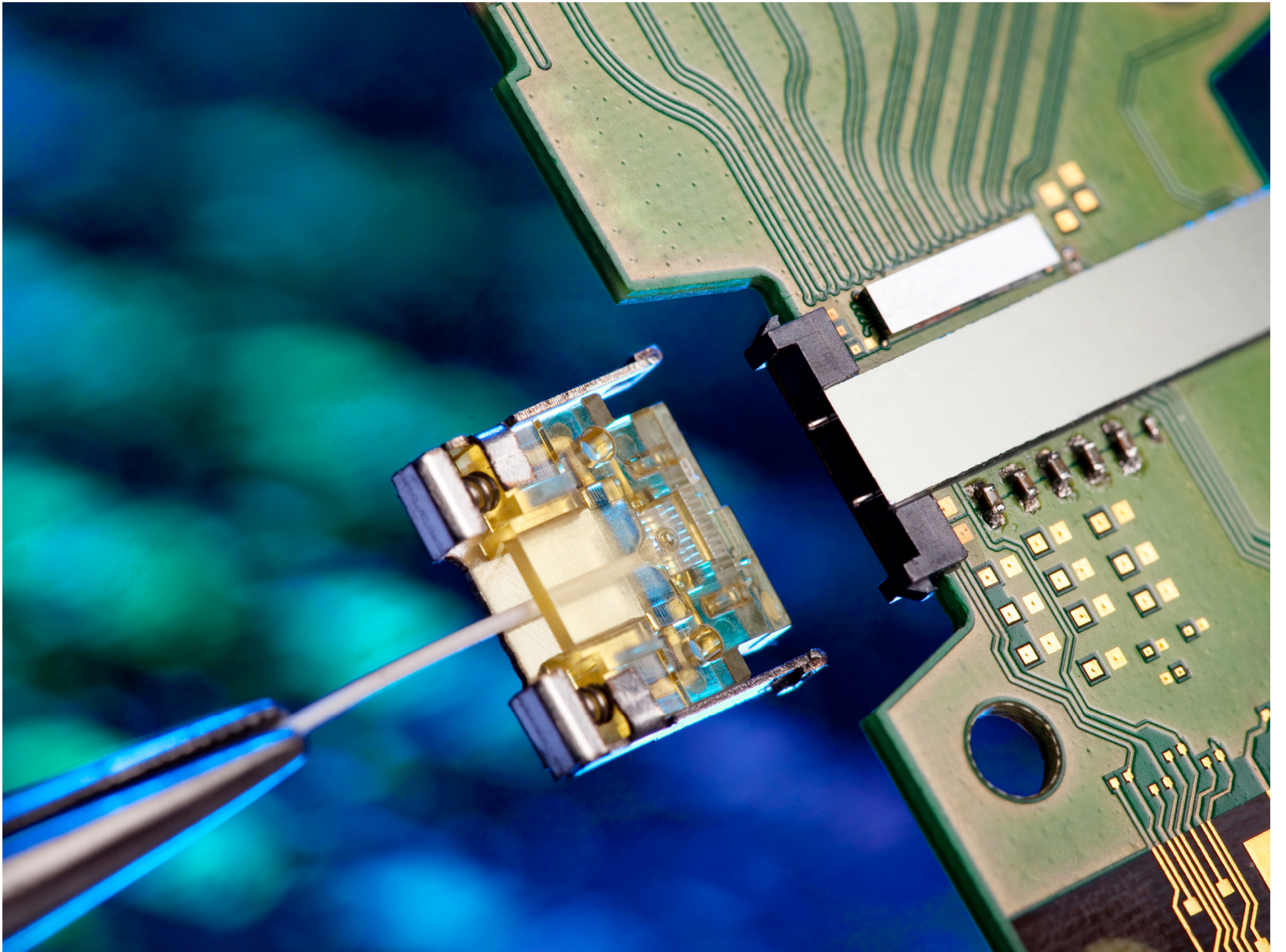
LED lighting



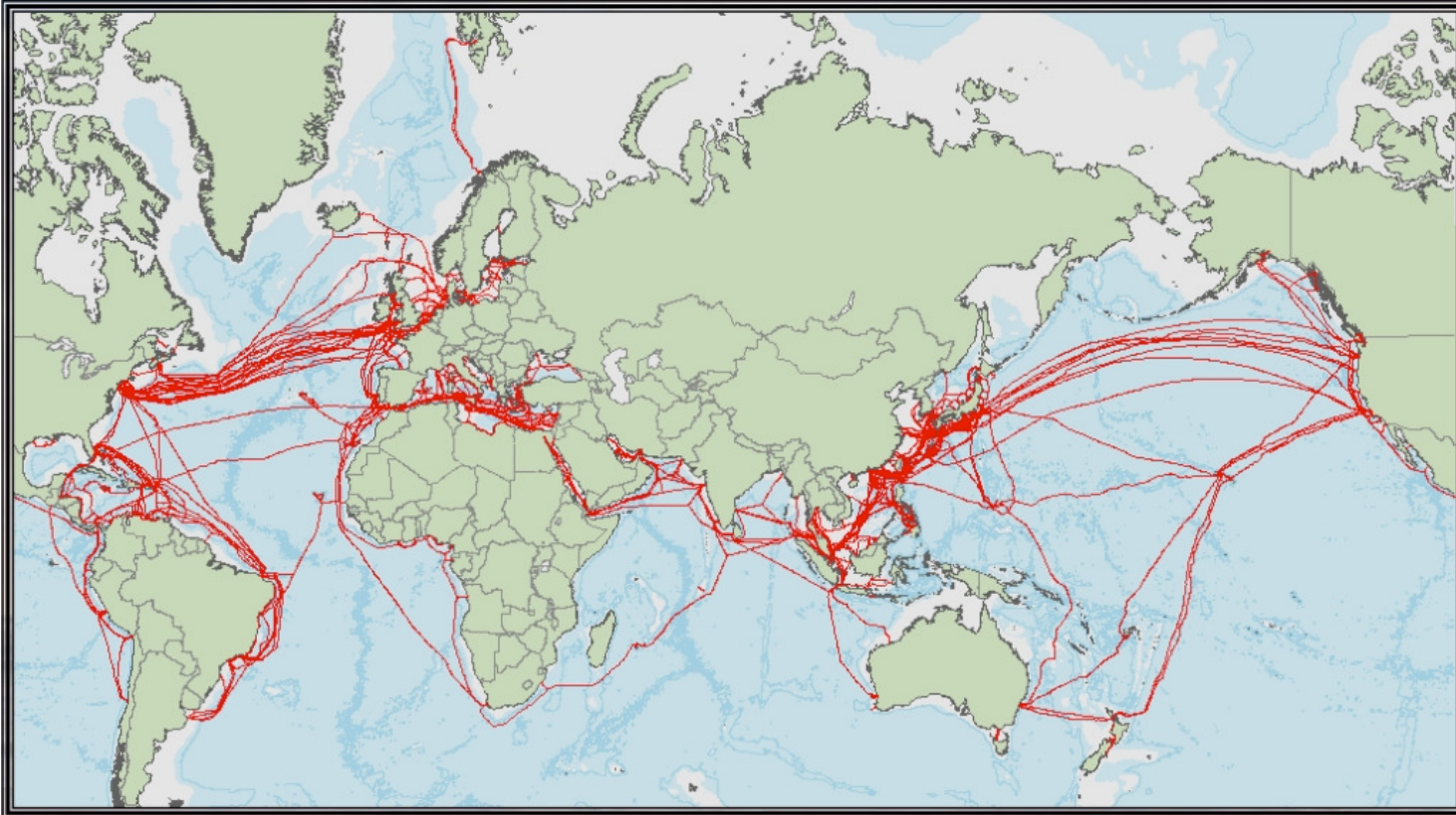
The repositioned flap heals rapidly. A total of 97% of myopic patients achieved visual acuity of 20/20 or better in a clinical study submitted to the FDA.

Medical photonics

Lens-shaped tissue removed from the stroma to restore the



Оптические телекоммуникации



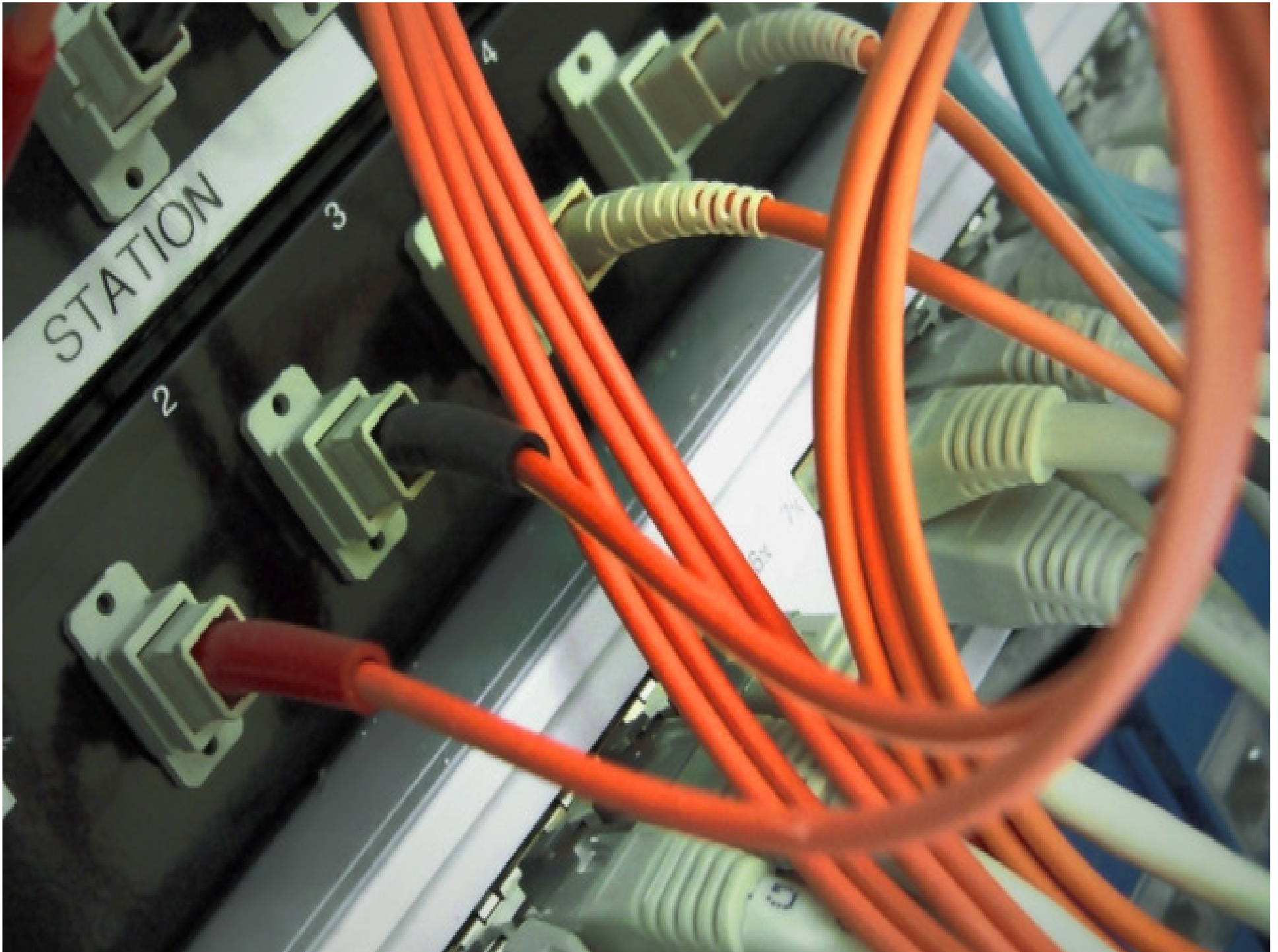
**110.9-Tbit/s SDM transmission over 6,370 km
using a full C-band seven-core EDFA**

**Koji Igarashi,^{1,*} Koki Takeshima,¹ Takehiro Tsuritani,¹ Hidenori Takahashi,¹
Seiya Sumita,¹ Itsuro Morita,¹ Yukihiko Tsuchida,² Masateru Tadakuma,²
Koichi Maeda,² Tsunetoshi Saito,² Kengo Watanabe,² Katsunori Imamura,²
Ryuichi Sugizaki,² and Masatoshi Suzuki¹**

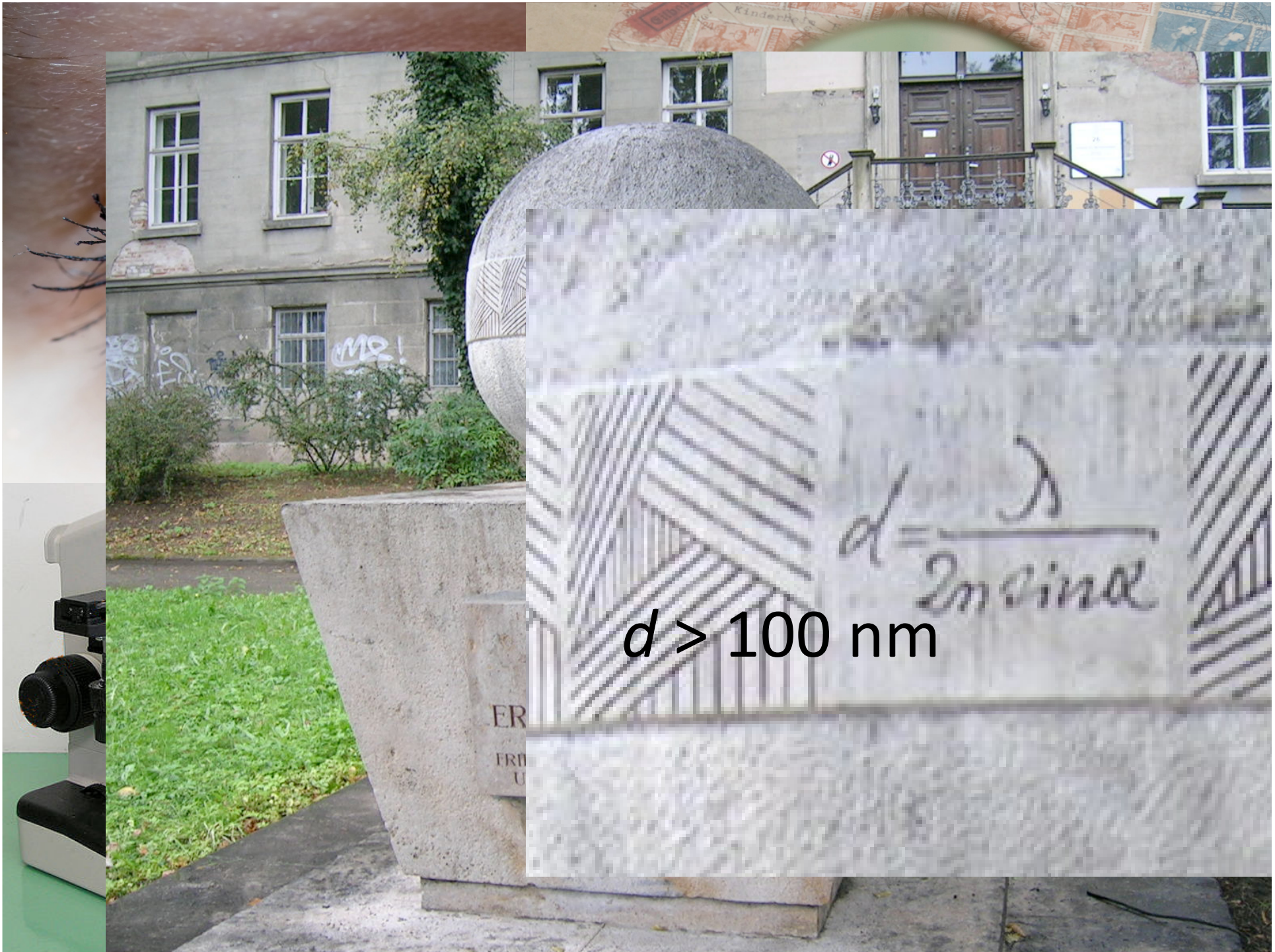
¹KDDI R&D Laboratories Inc., 2-1-15 Ohara, Fujimino, Saitama 356-8502, Japan

²Furukawa Electric Co. Ltd., 6 Yawata-kaigandori, Ichihara, Chiba 290-8555, Japan

ko-igarashi@kddilabs.jp

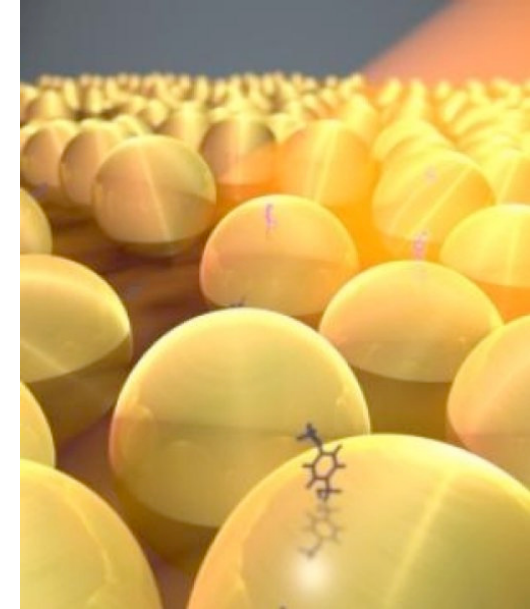
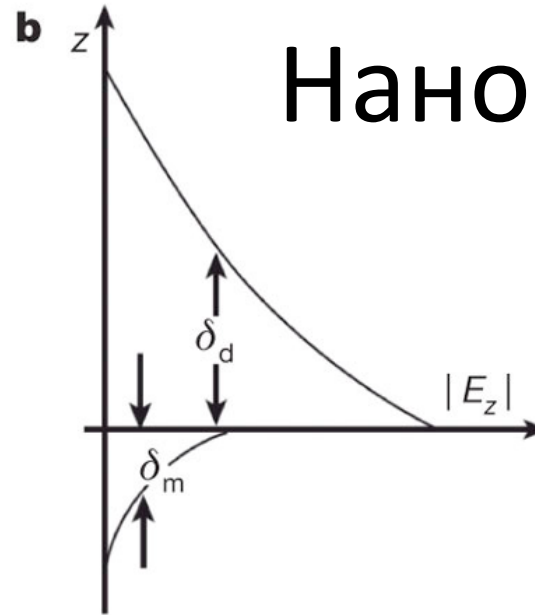
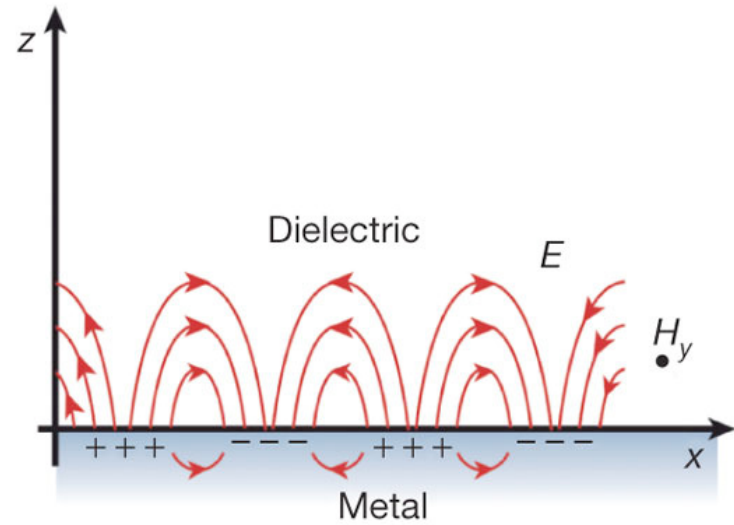




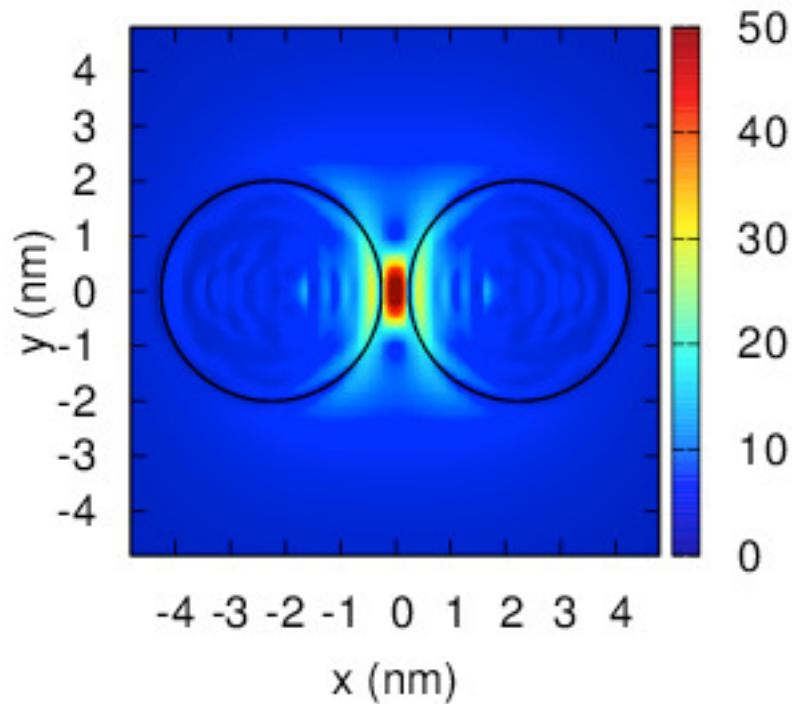


$d > 100 \text{ nm}$

Наноплазмоника



Field enhancement



Недостатки:

- Большие оптические потери
- Отсутствие КМОП-совместимости

Метаматериалы

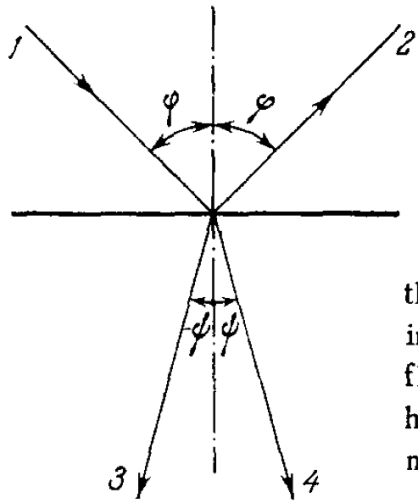
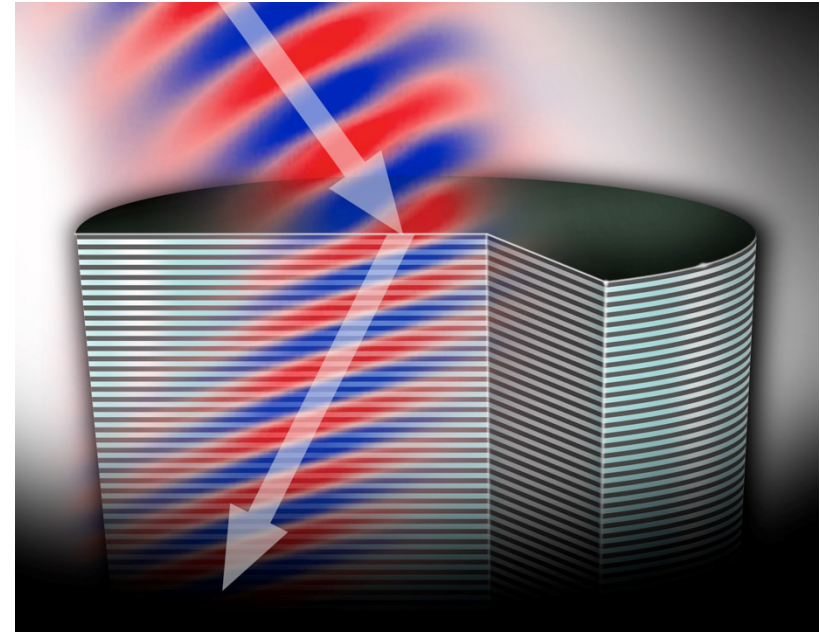
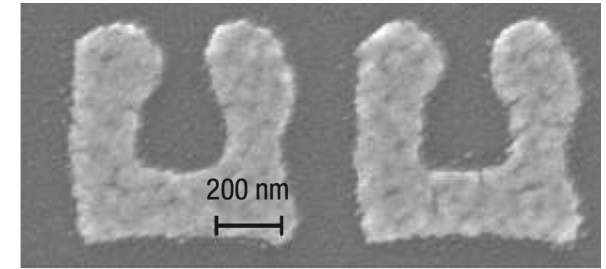
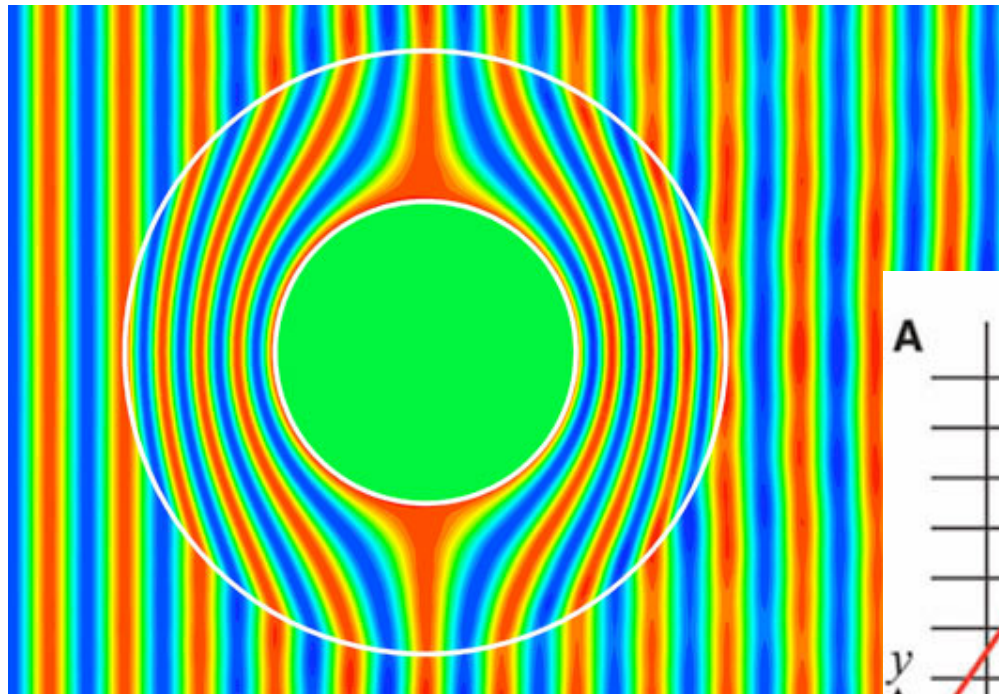


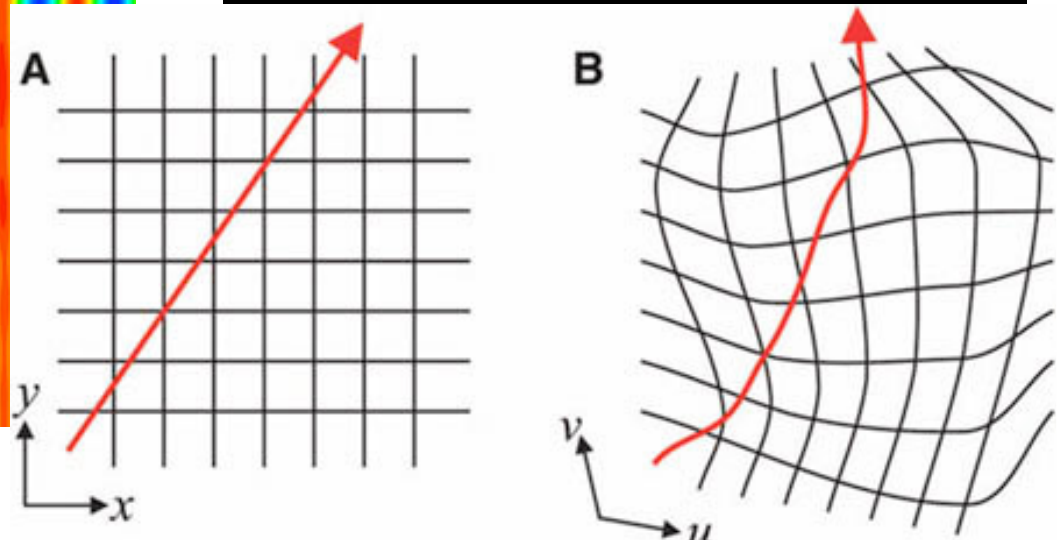
FIG. 3. Passage of a ray through the boundary between two media. 1 – incident ray; 2 – reflected ray; 3 – reflected ray if the second medium is left-handed; 4 – refracted ray if the second medium is right-handed.



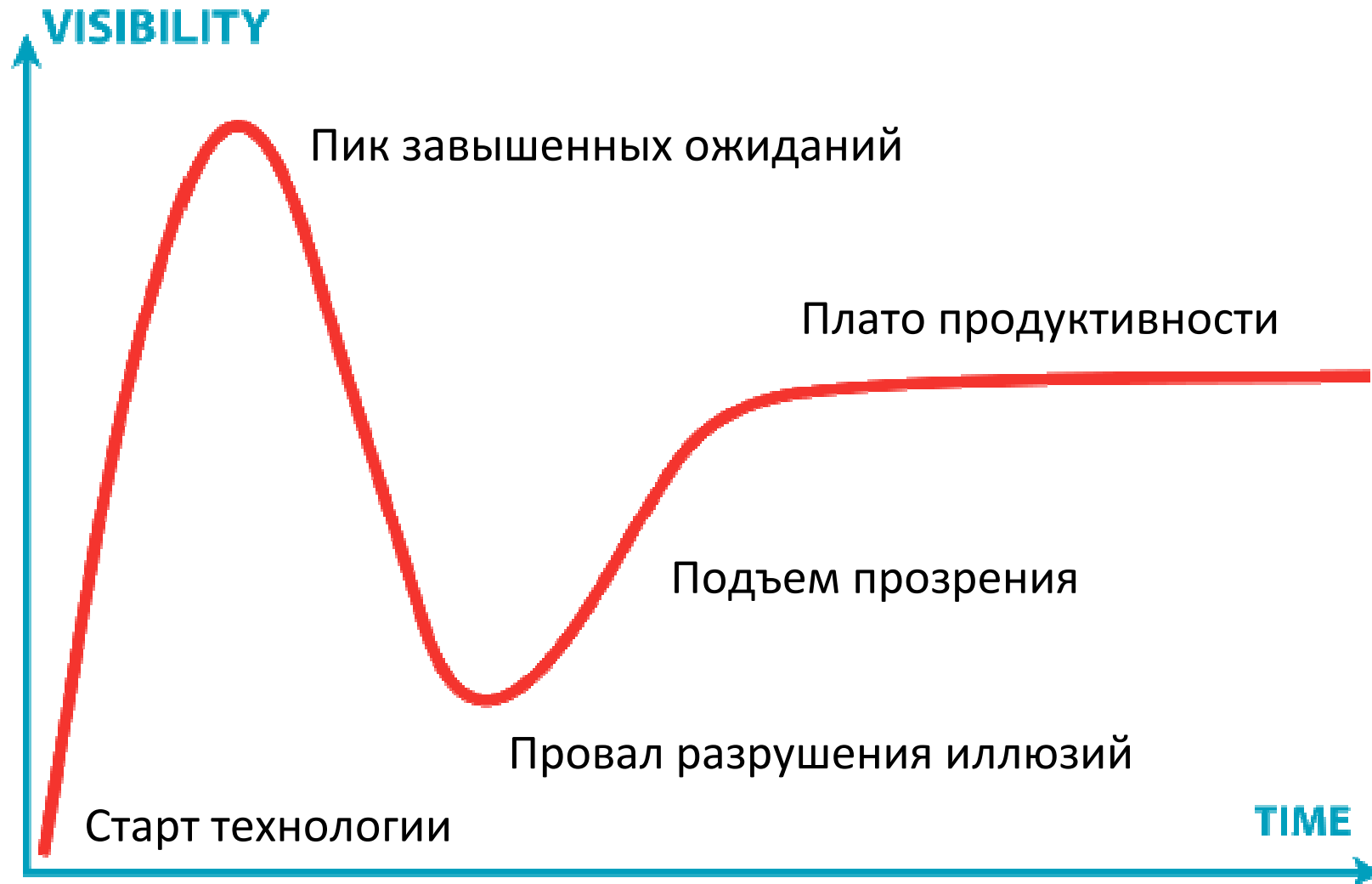
Леворукие среды: Виктор Веселаго (1968)



John Pendry (2000)



Gartner Hype Cycle



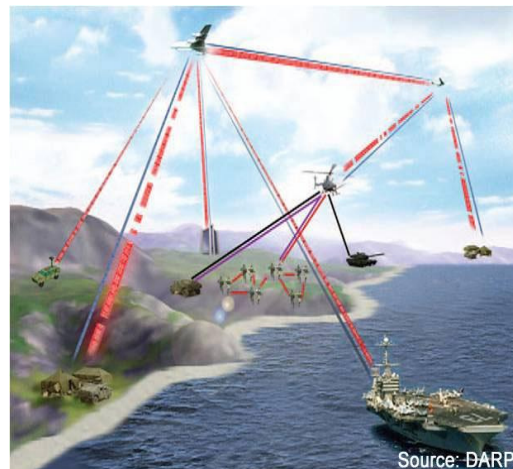
Современные приложения фотоники

Индустрия фотоники:
датчики, сенсоры



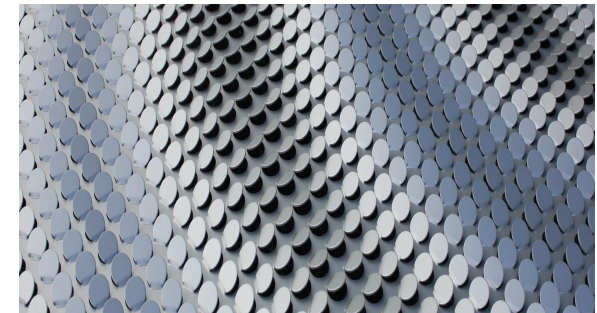
- Возможности фотоники:
1. чувствительность
 2. удаленность
 3. объем данных
 4. многопараметричность

информационные
технологии



- Возможности фотоники:
1. скорость передачи данных
 2. помехозащищенность
 3. криптостойкость

освещение

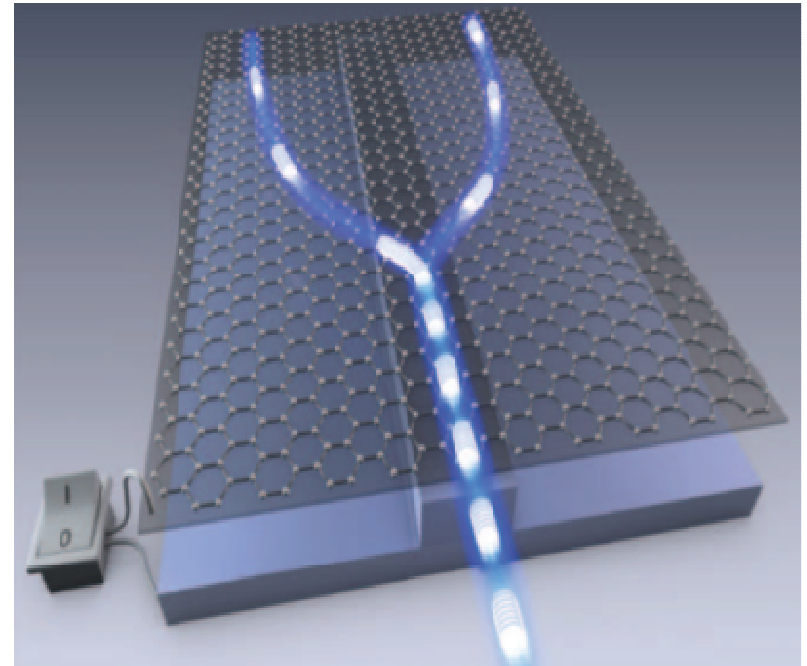


- Возможности фотоники:
1. энергоэффективность
 2. «умное» освещение
 3. передача информации

Нанофотоника

Основные приложения нанофотоники:

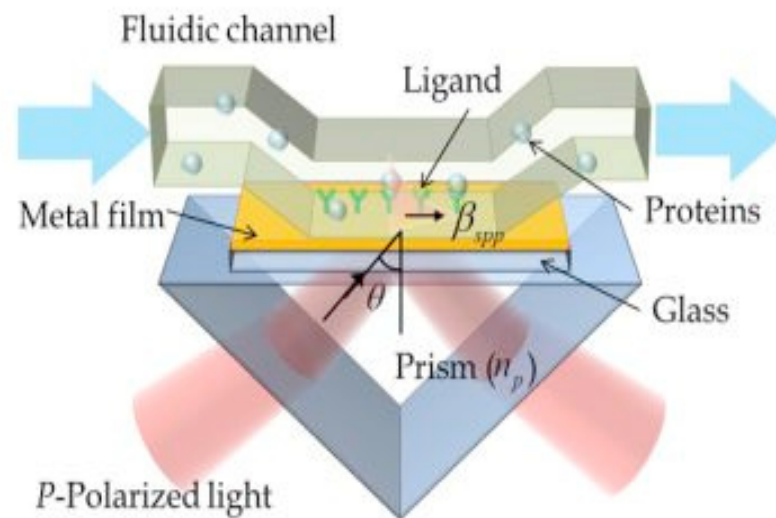
1. оптические компьютеры и магнитная память
2. нелинейные и перестраиваемые материалы
3. медицинская диагностика, доставка лекарств
4. химические и биологические сенсоры
5. 2D и 3D литография и прототипирование



Биосенсоры на основе плазмонного резонанса



Рынок
иммунологического
анализа 13 трлн.\$
Плазмонные
биосенсоры —



Направления развития:

Миниатюризация

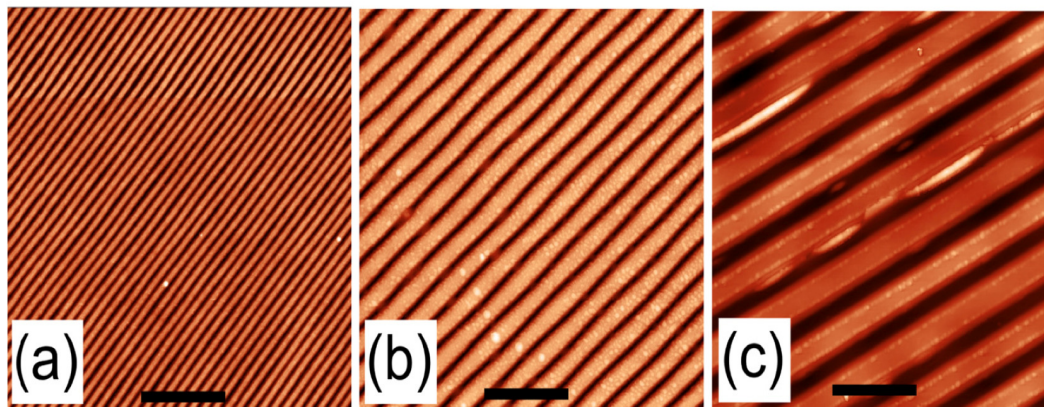
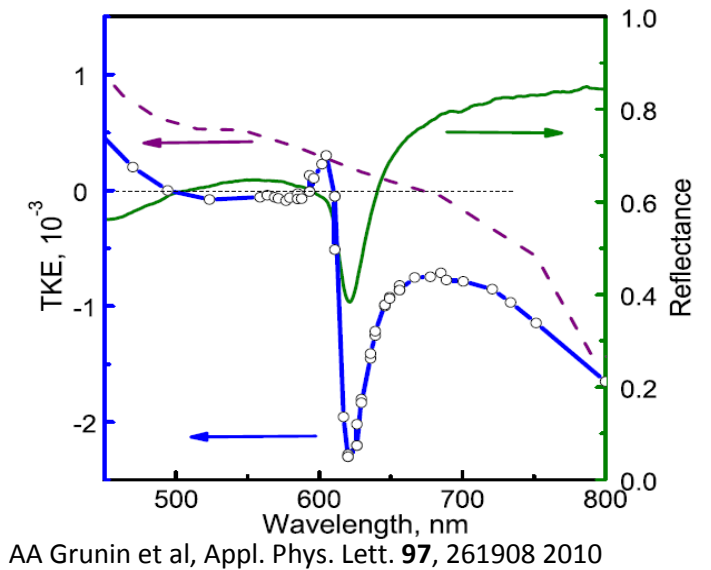
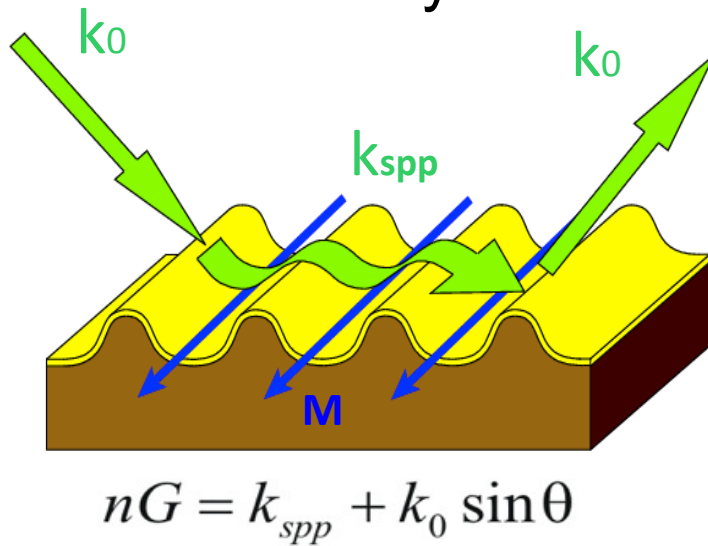
Увеличение чувствительности

Развитие многоканальности

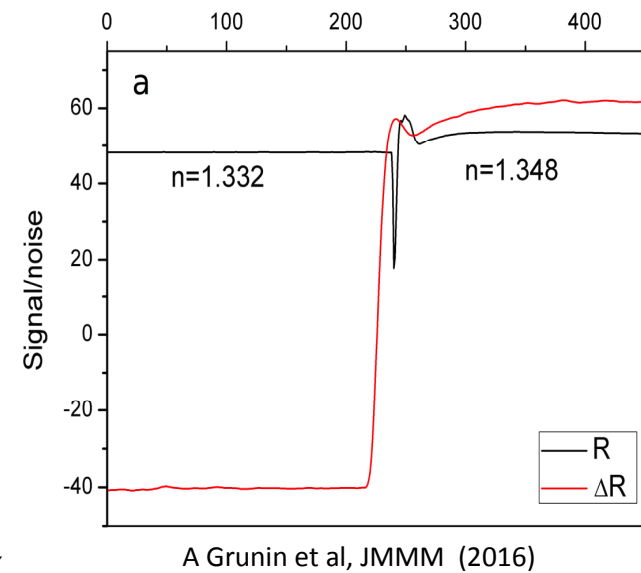


создание биочипа

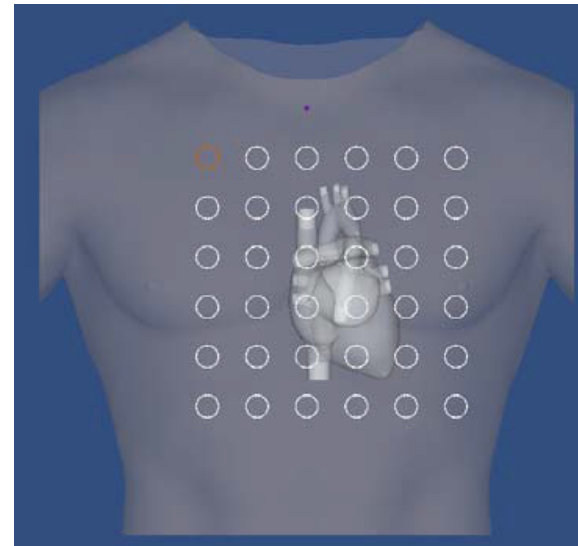
Магнитолазмонные кристаллы: увеличение чувствительности



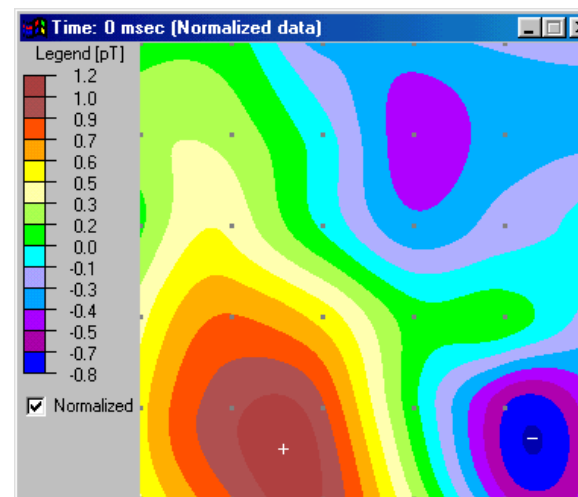
Использование магнитолазмонных кристаллов



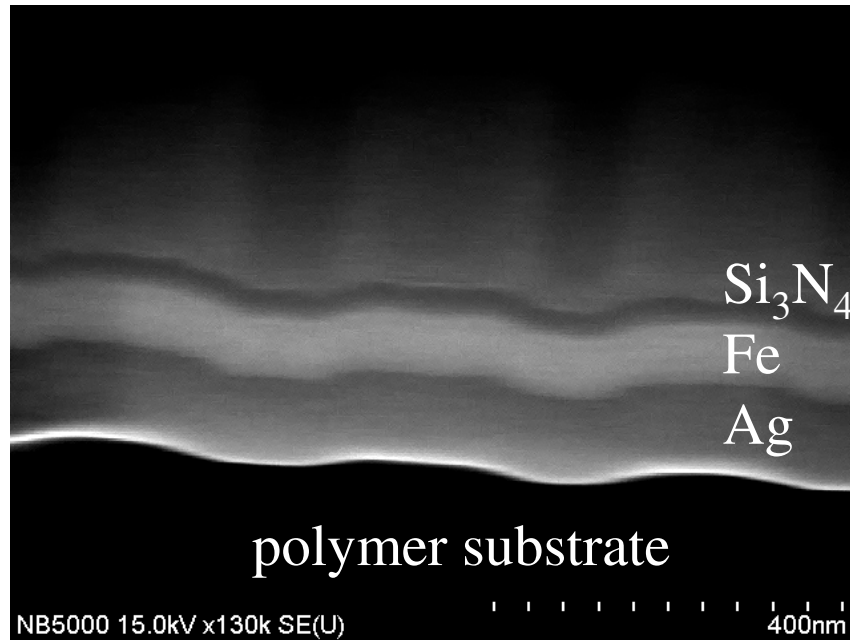
Магнитокардиография: сверхчувствительные сенсоры магнитного поля



Требует применения сверхчувствительных низкотемпературных сенсоров магнитного поля с чувствительностью выше 10^{-7} Oe

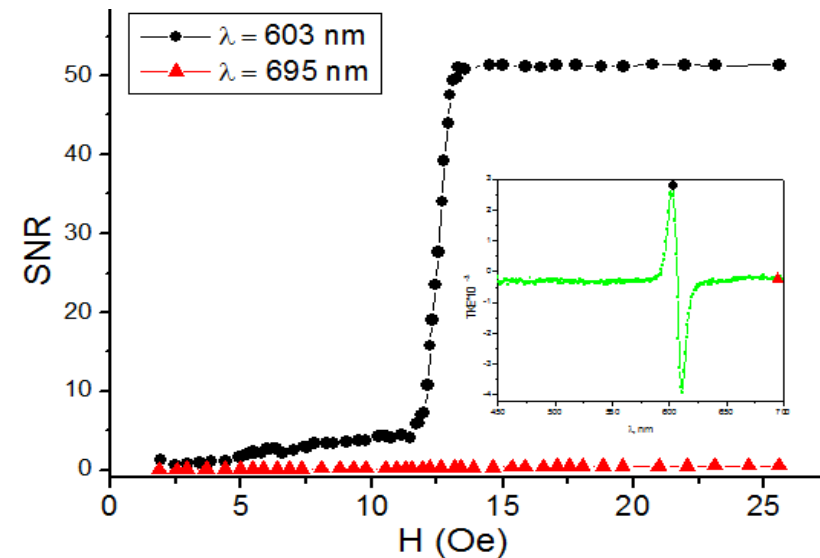
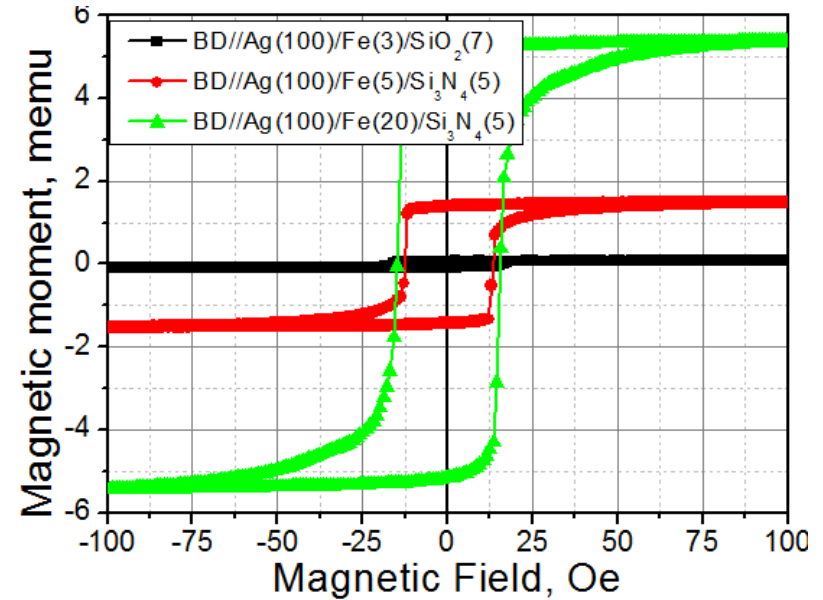


Магнитокардиография: сенсоры на основе магнитоплазмонных кристаллов

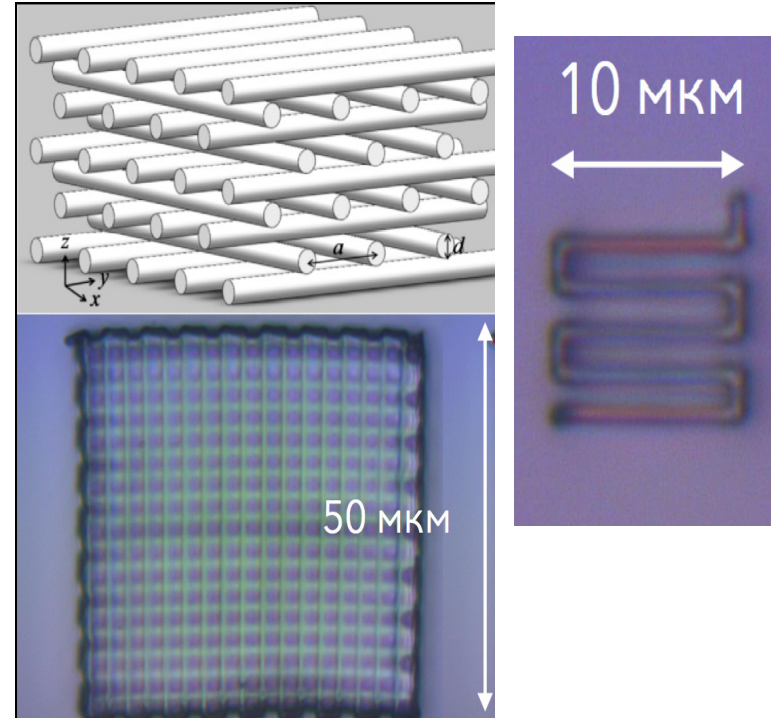
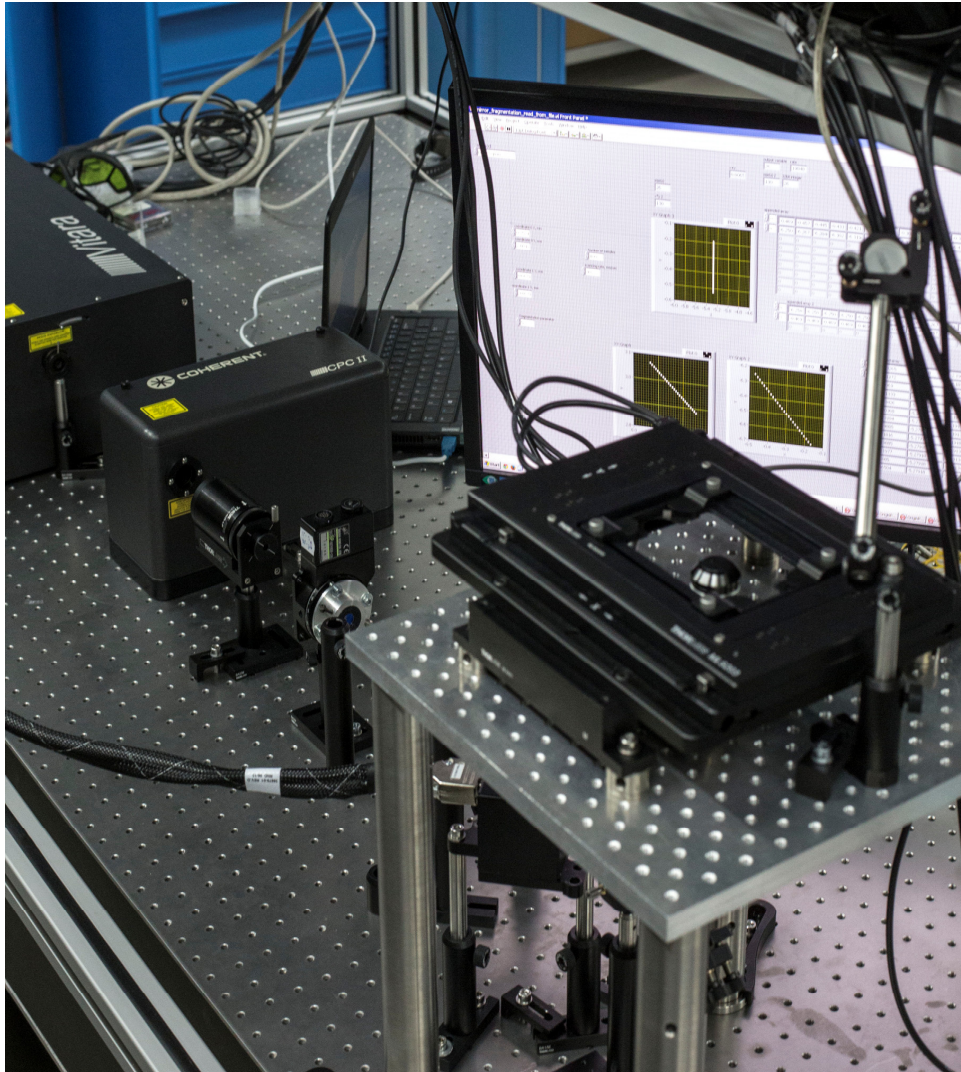


Магнитоплазмонный кристалл

Достигнутая чувствительность: 10^{-6} Oe



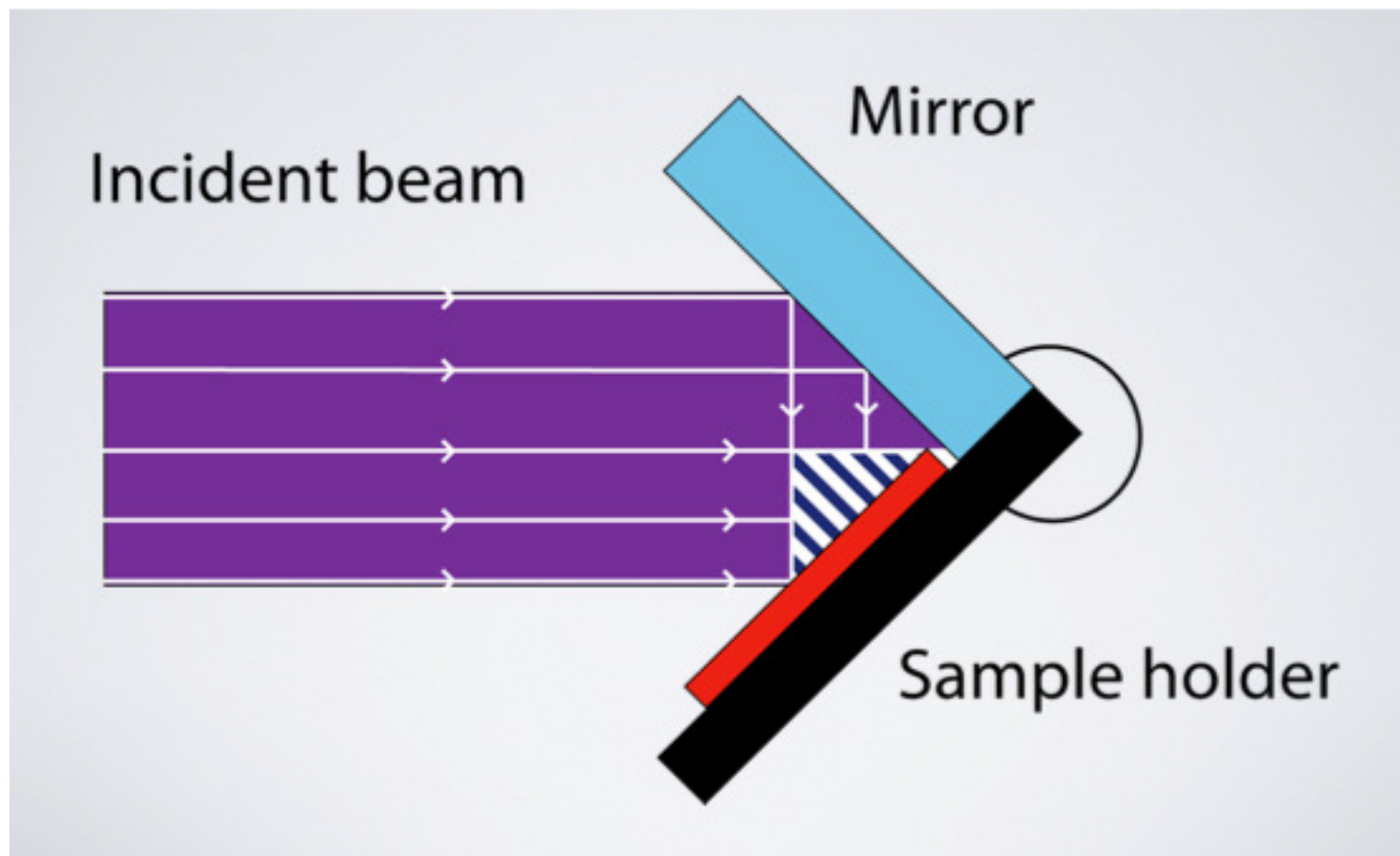
Трёхмерная двухфотонная микропечать



Области применения:

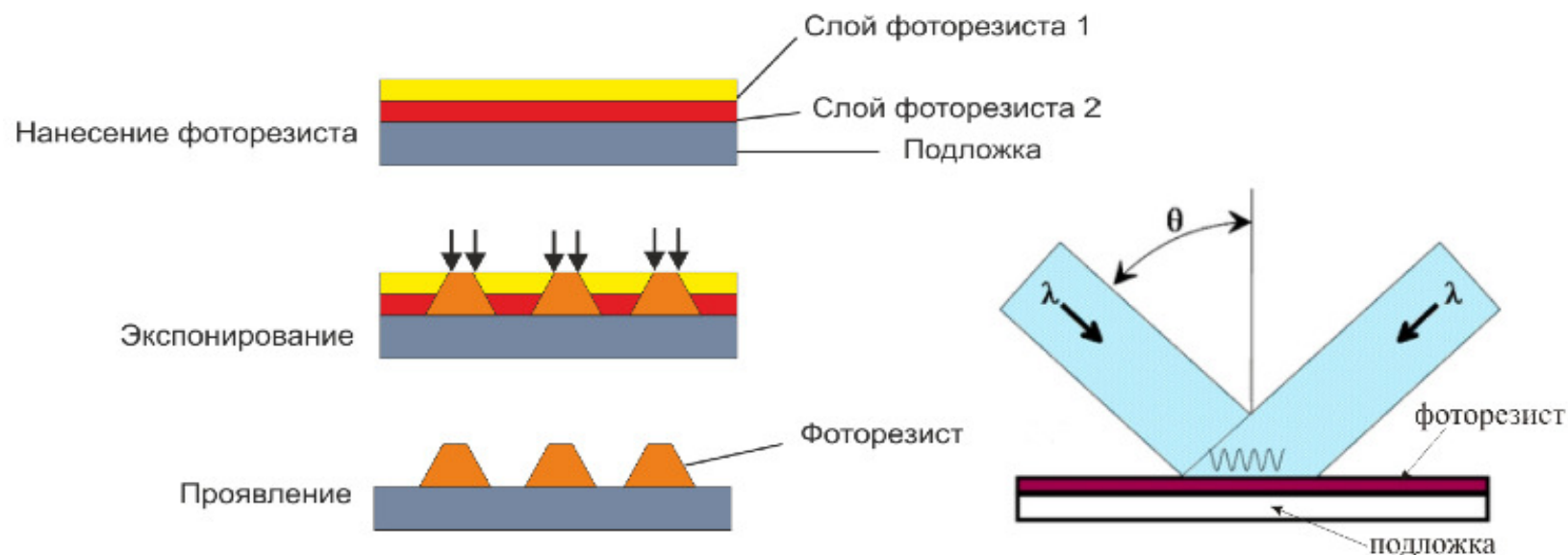
- интегральная фотоника
- микрофлюидика
- медицинское прототипирование

Лазерная интерференционная литография



Возможно создание наноструктур с периодом менее 200 нм

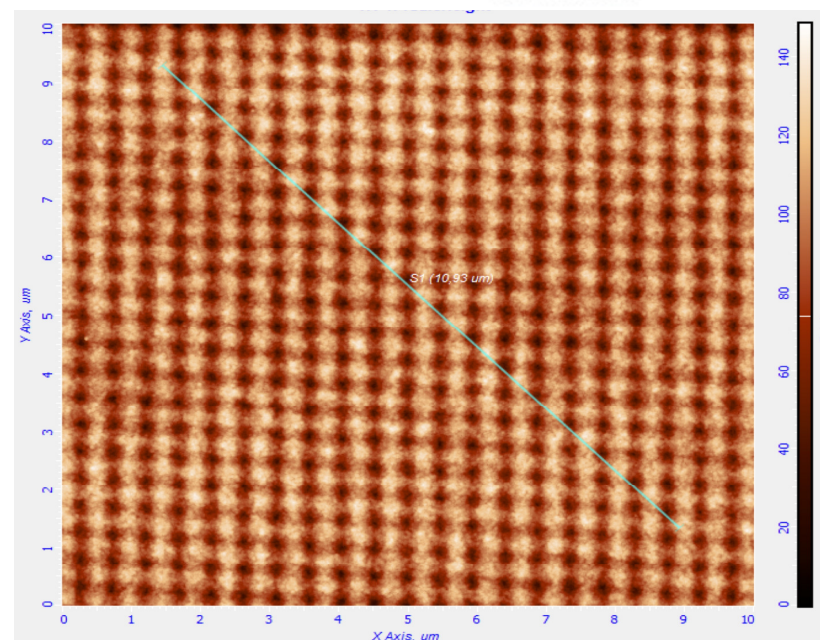
Метод лазерной интерференционной литографии



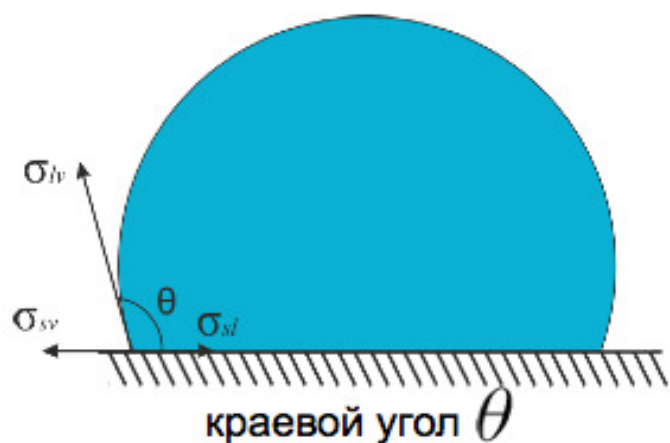
➔ глубокое травление

Период структуры менее 500 нм

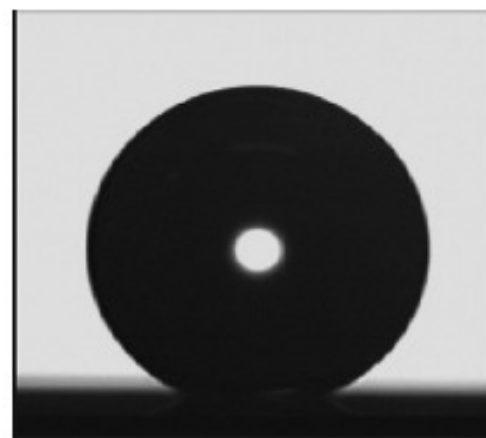
Площадь области
наноструктурирования до 100 см²



Супергидрофобность и эффект лотоса

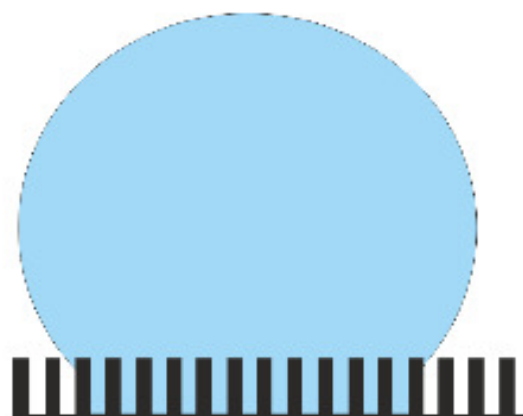


$$\cos \theta = \frac{\sigma_{sv} - \sigma_{sl}}{\sigma_{lv}}$$

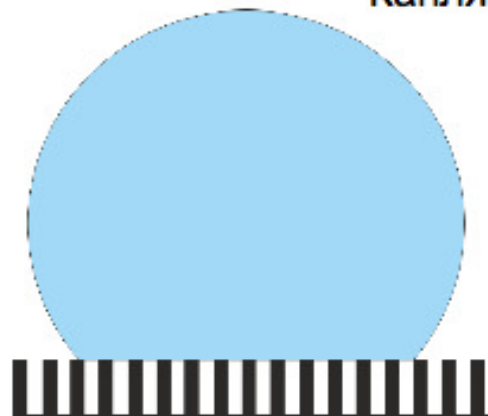


Капля воды на поверхности листа лотоса [1]

- <90 – гидрофильная поверхность
- >90 – гидрофобная поверхность
- >150 – супергидрофобная поверхность



Состояние Вензеля



Состояние Касси

[1] Zorba, Vassilia, et al. Adv. Matt. 20.21 (2008): 4049-4054.

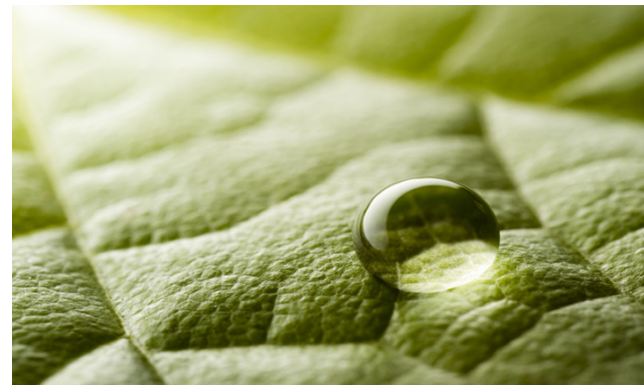
Применение: самоочищающиеся солнечные панели

Проблема

На очистку солнечных панелей от грязи и песка в мире тратится в год более \$2B



Эффект лотоса



Решение

