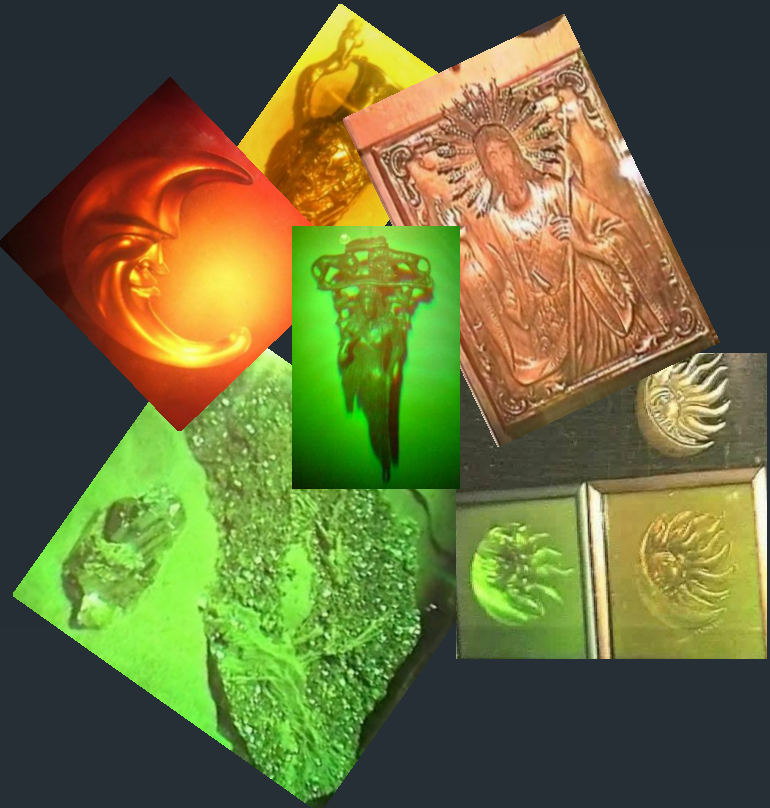




Холографски методи за запис и визуализиране на триизмерни обекти

Елена Стойкова



Научни направления:

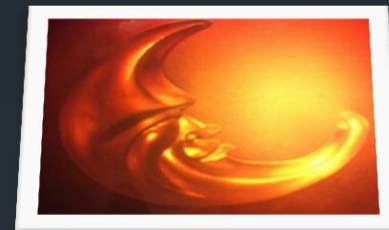
- ✓ Оптични материали
- ✓ Наноструктурирани материали и технологии
- ✓ Холография и оптична метрология

Основан на 1 юли 1, 2010 чрез сливане на Централната лаборатория по фотопроцеси и Централната лаборатория по оптичен запис и обработка на информация

Холография и оптична метрология



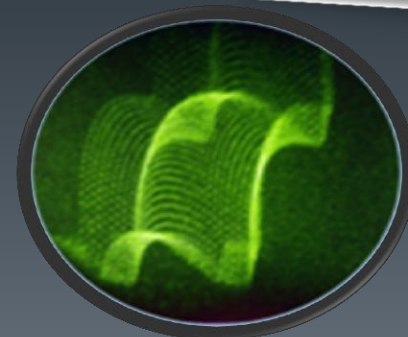
Изобразителна холография



Цифрова холография и оптична метрология



Поляризационна холография

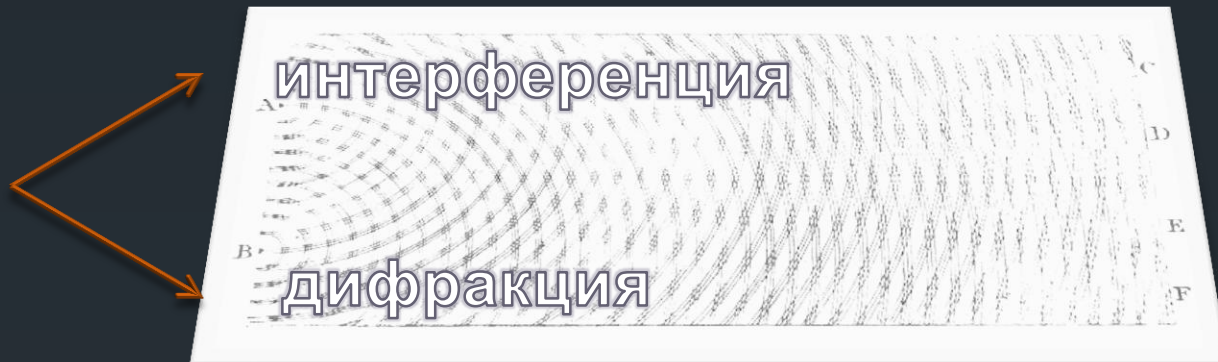


Холография

ὅλος (холос; „цял“) и γράφή
(графе; „пиша“ или „рисувам“)

3

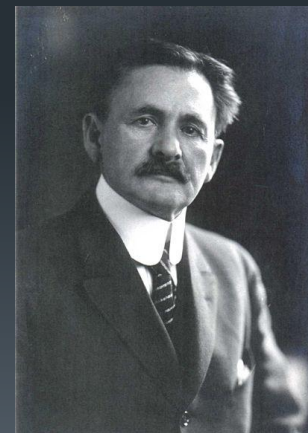
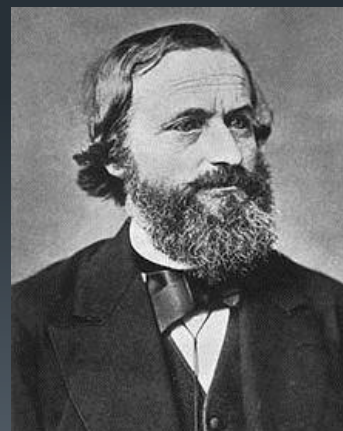
Холография



Холография



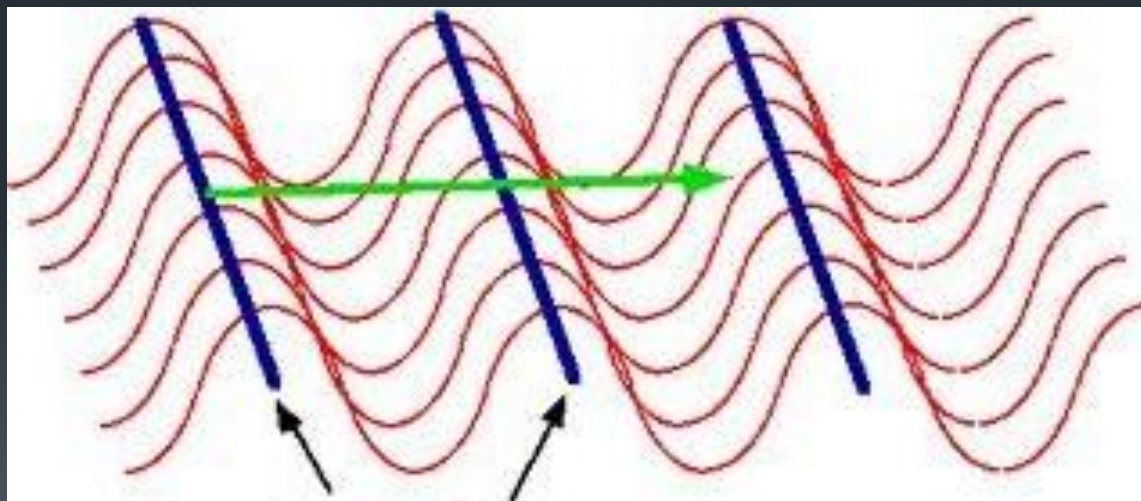
ВЪЛНОВА ОПТИКА



Хюйгенс (1629), Френел (1788), Юнг(1773), Кирхоф(1824) , Майкелсън (1852)

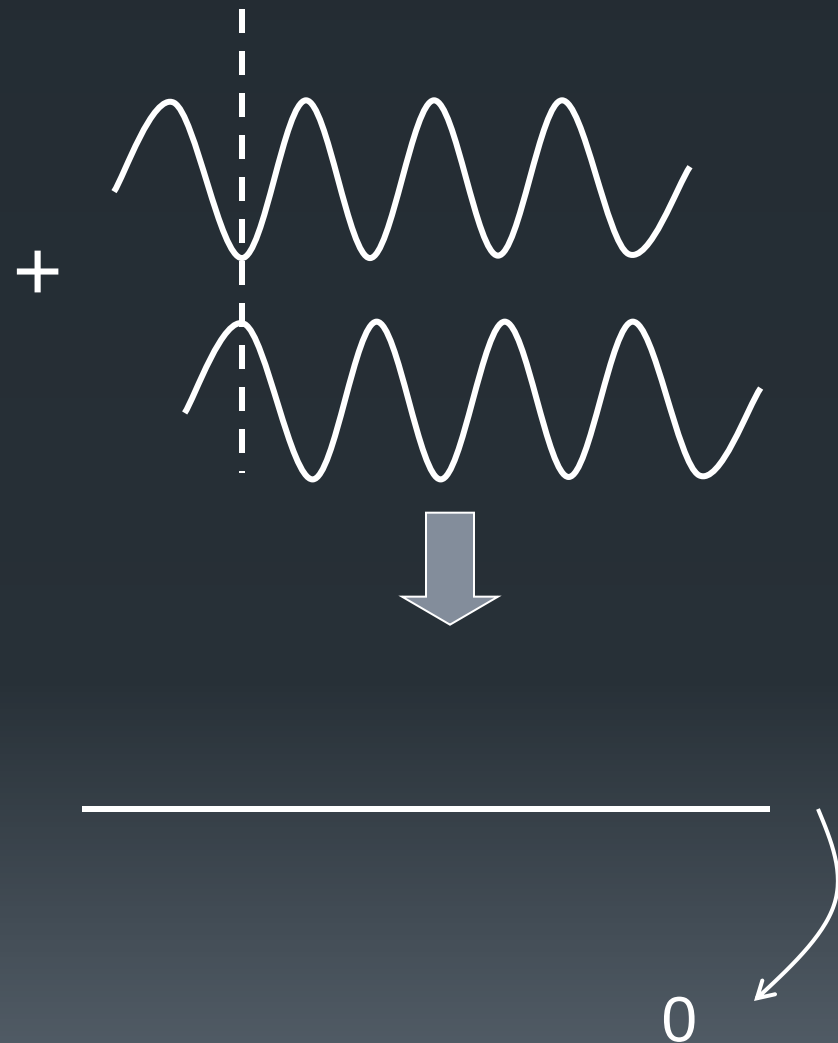
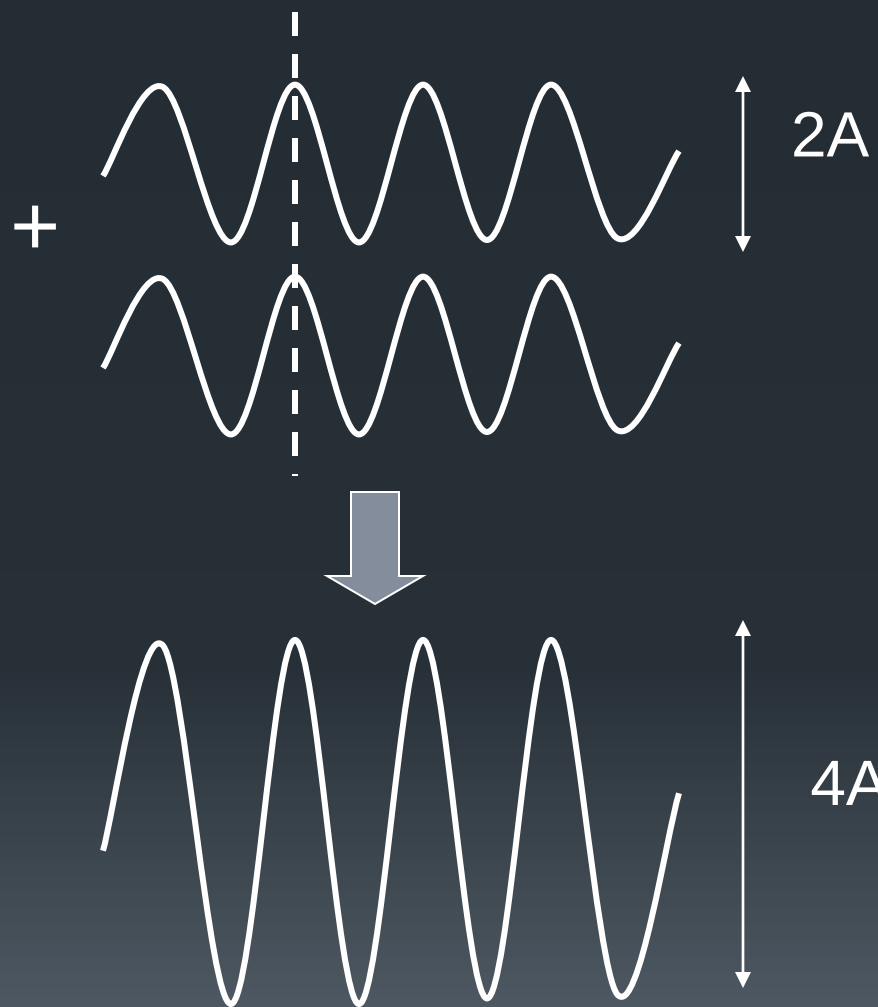


$$I = 2A \sin \phi$$

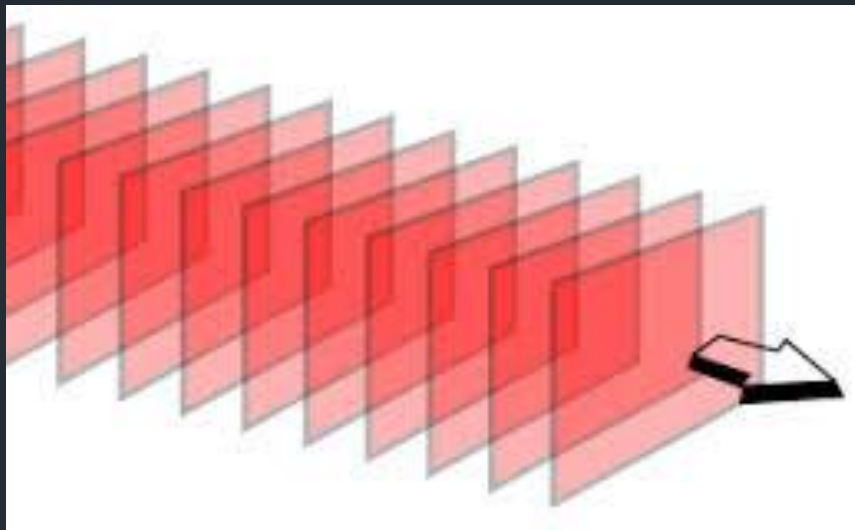


Вълнов фронт = постоянна фаза

Сумиране на вълни

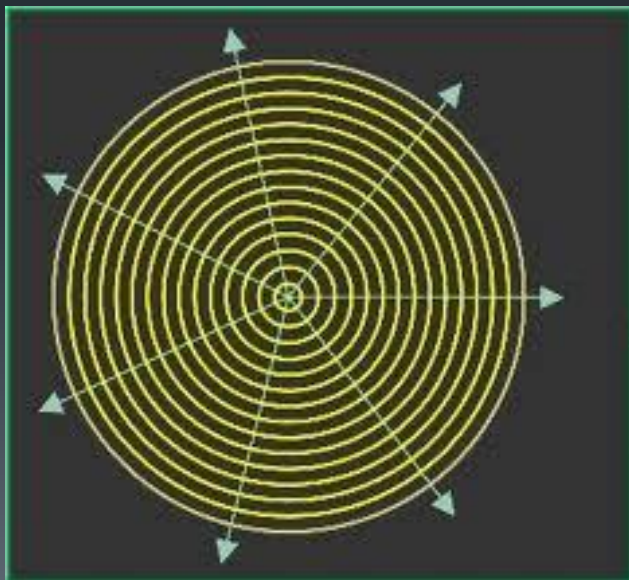


Плоска вълна

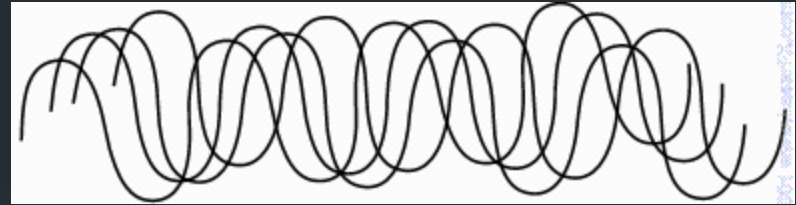


6

Сферична вълна от точков източник



Некохерентна светлина

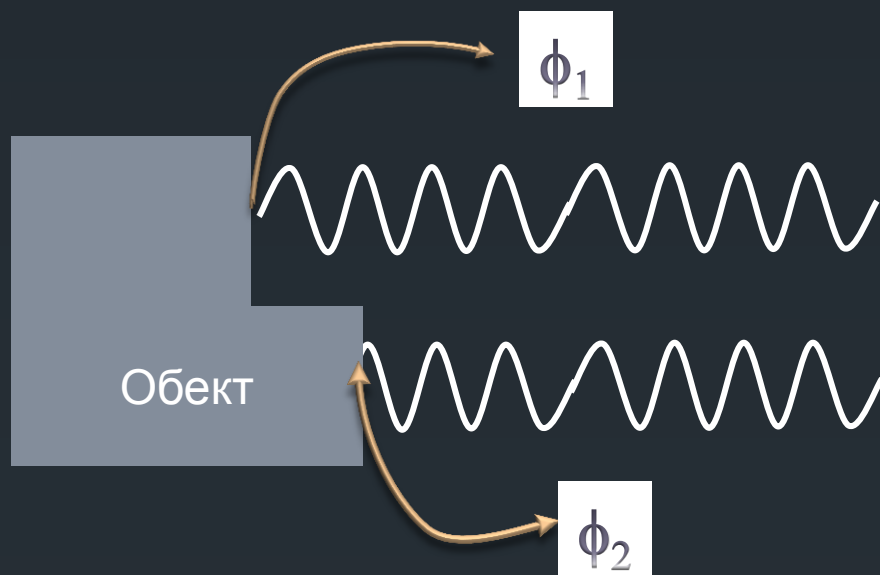


Некохерентни светлинни вълни

Кохерентна светлина



Кохерентни светлинни вълни



В обикновената
фотография се
регистрира само
интензитетът и
информацията за
фазата се губи

Фазата носи информация за дълбочината

Фотосензорът записва интензитета на вълната

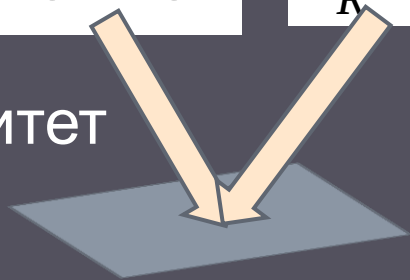
$$O = A_O \sin(\phi_O)$$

$$R = A_R \sin(\phi_R)$$

$$I_O = O \cdot O = O^2$$

$$I_R = R \cdot R = R^2$$

ИНТЕНЗИТЕТ



$$I = I_O + I_R$$



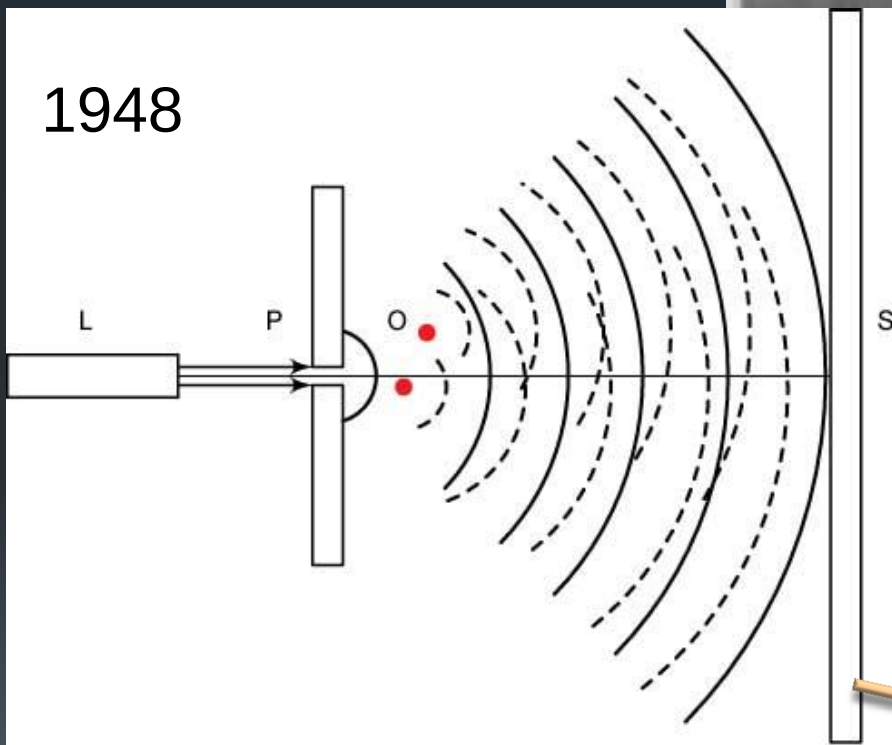
Денис Габор

Нобелова награда
по физика за 1971



9

1948



$$O = A_O \sin(\phi_O)$$

$$R = A_R \sin(\phi_R)$$

$$I = I_O + I_R + 2\sqrt{I_O I_R} \sin(\phi_O - \phi_R)$$

холограма

Холограмата кодира фазата чрез явлението интерференция

Интерференция → източник на кохерентни светлинни вълни

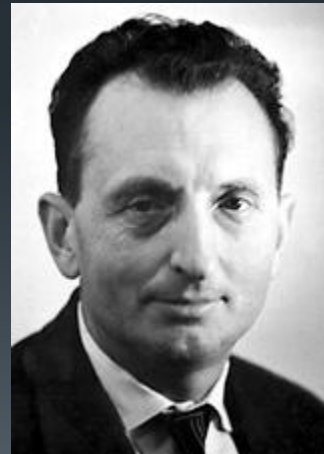
10



лазер



Нобелова награда по физика за 1964



1960

Чарлз Хард Таунс

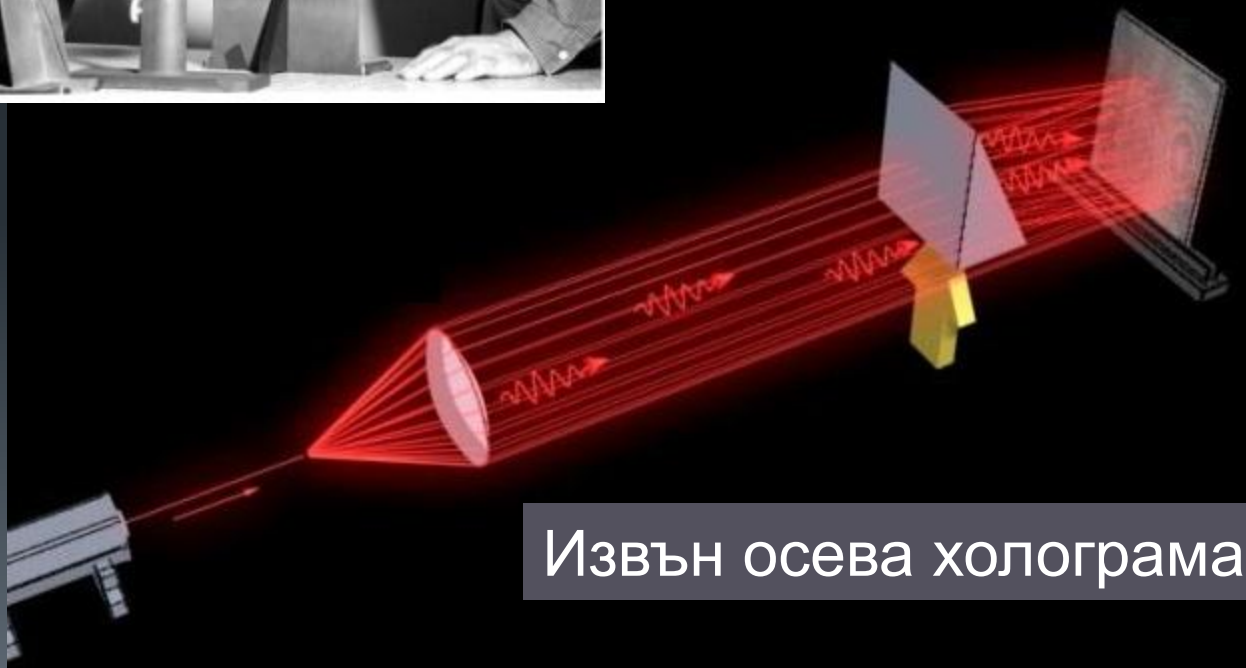
Николай Басов

Александър Прохоров

Теодор Майман

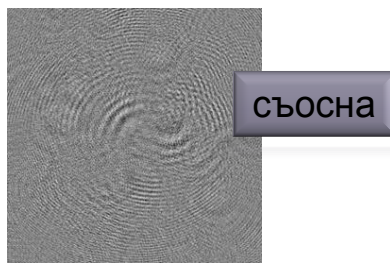
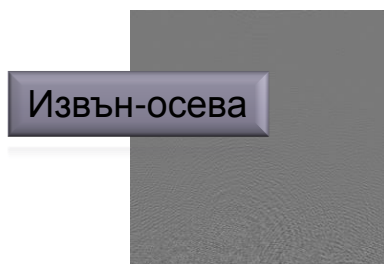
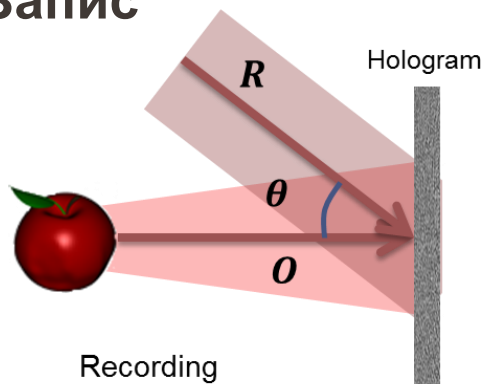
Емет Лейт и Юри Упатниекс

11

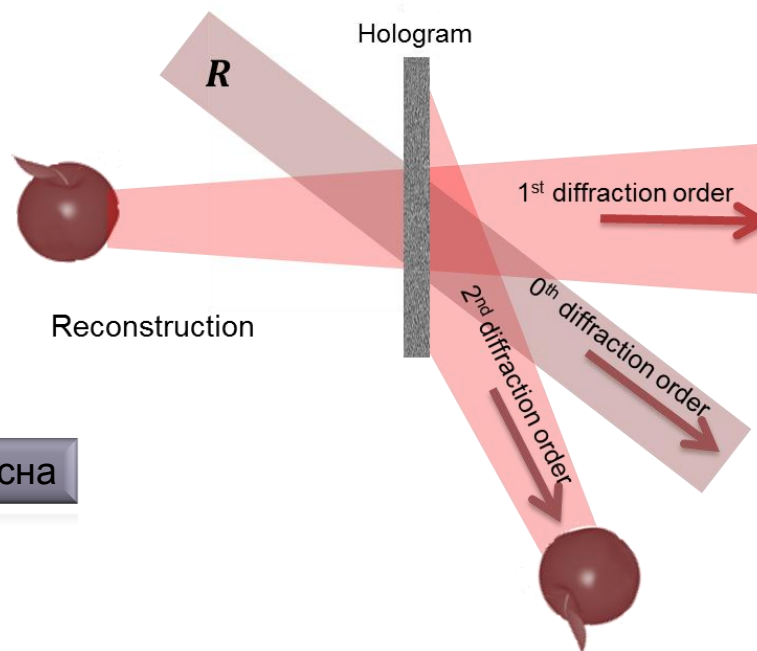


Извън осева холограма - 1962

Запис



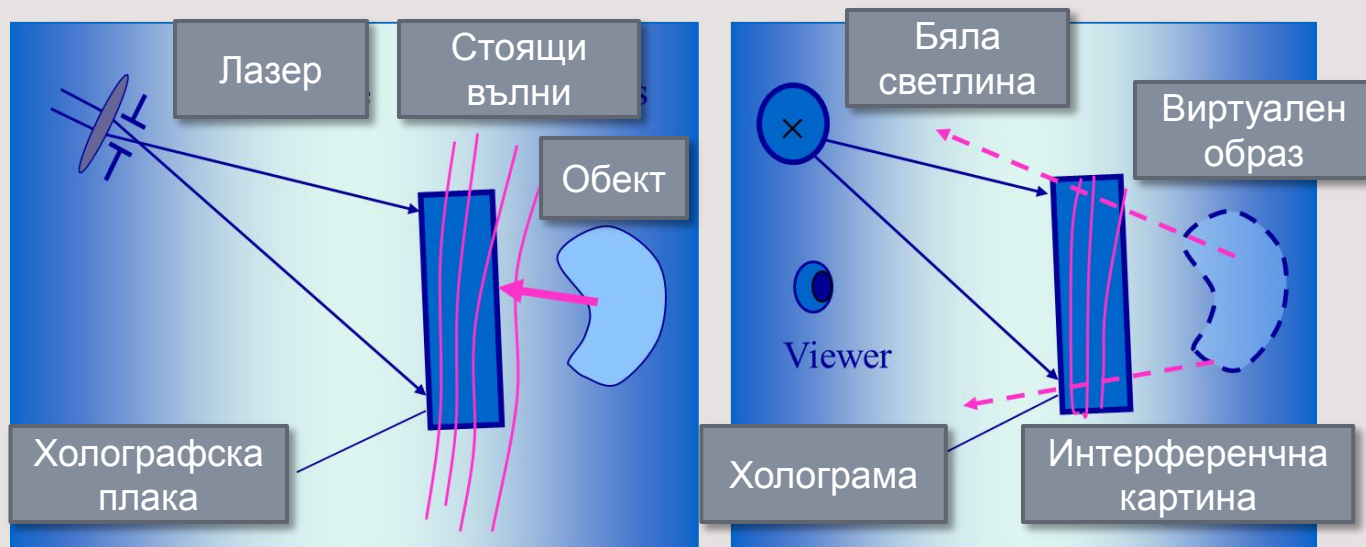
Възстановяване



$$I = I_O + I_R + 2\sqrt{I_O I_R} \sin(\phi_O - \phi_R)$$

Отражателни обемни холограми

13

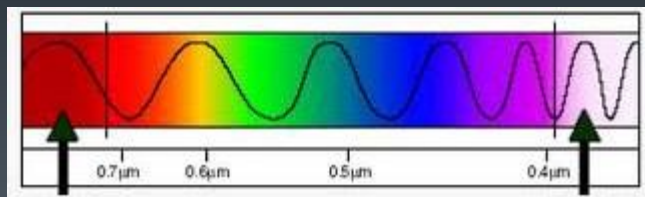


Възстановяват се с точков източник на бяла светлина



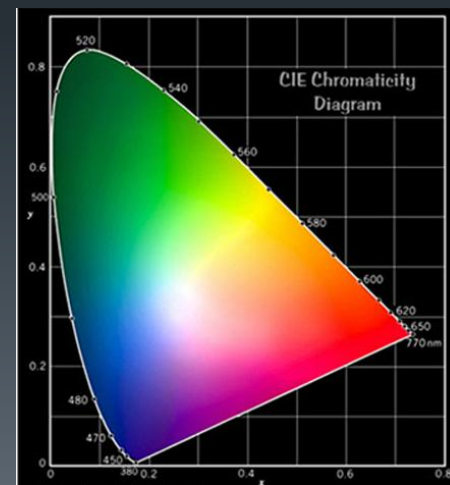
Юрий Денисюк - 1962

Спектър на видимата светлина



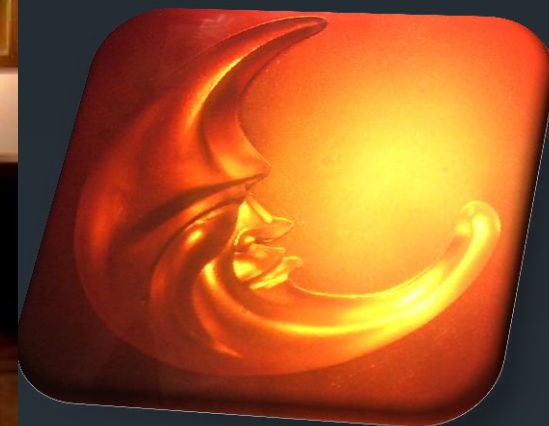
ИЧ

УВ



Художествена холография

14





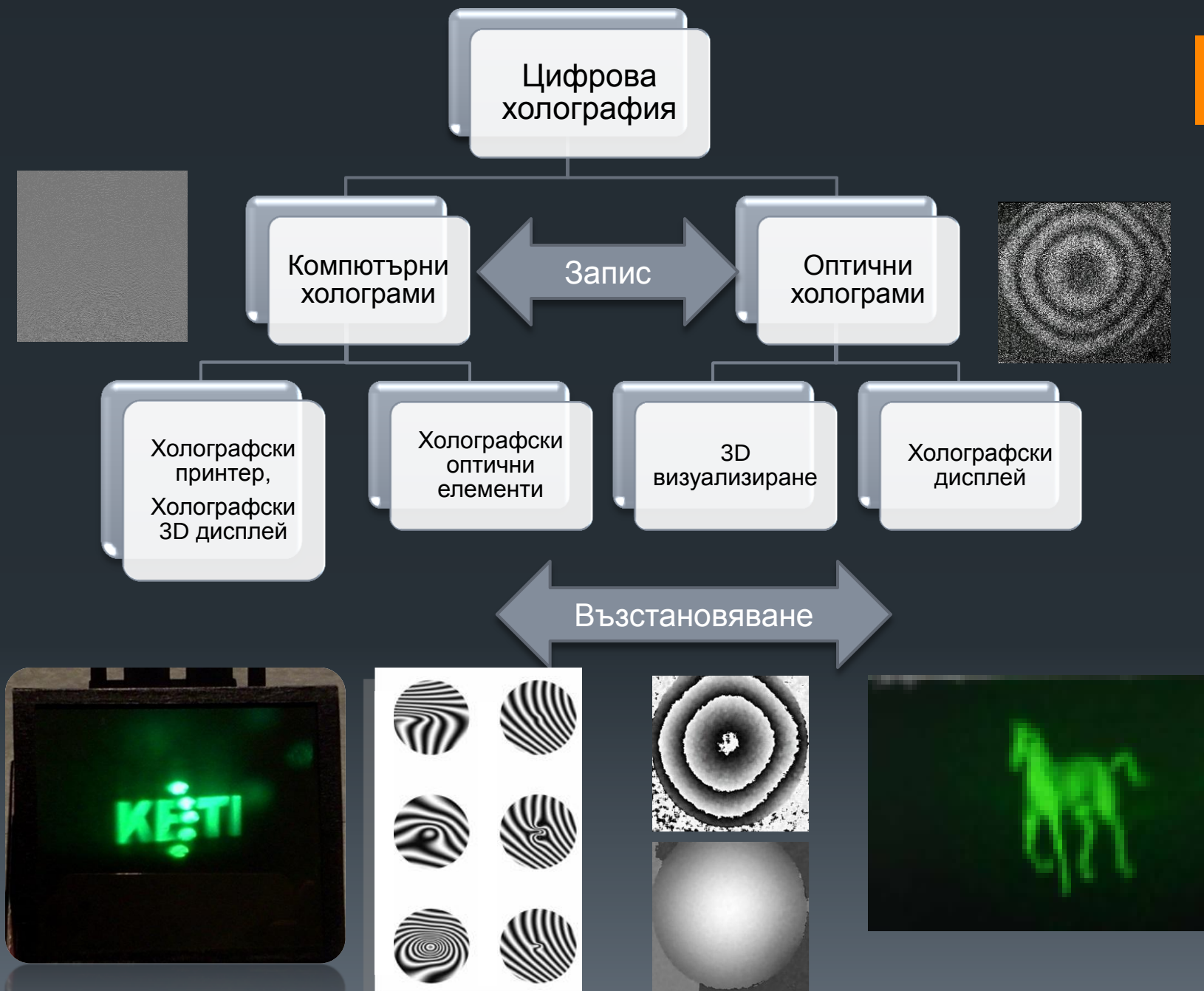


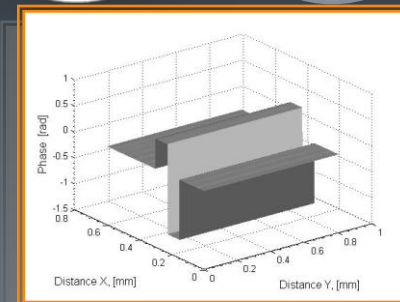
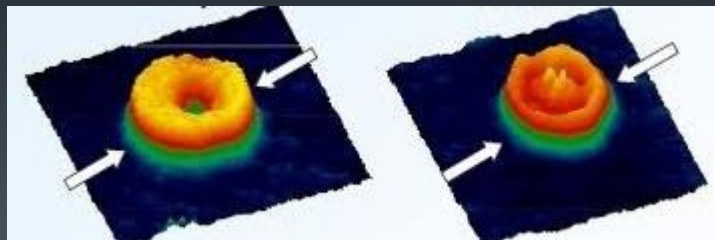
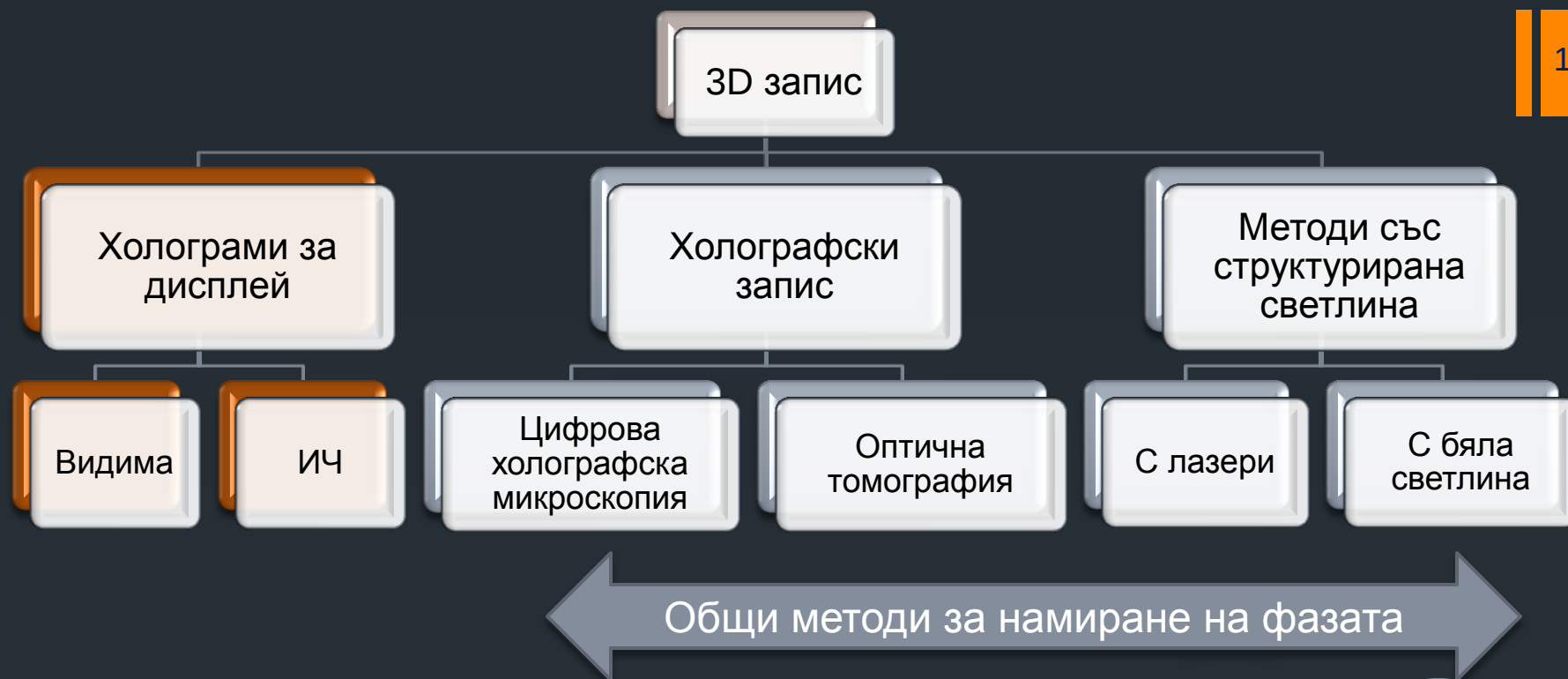
с Юри Денисюк

Проф. Емет Лейт гледа българска холограма...

Международна
конференция
„Холография'2005”....

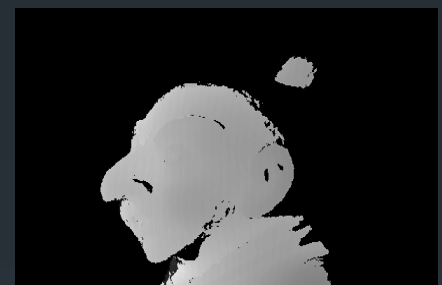
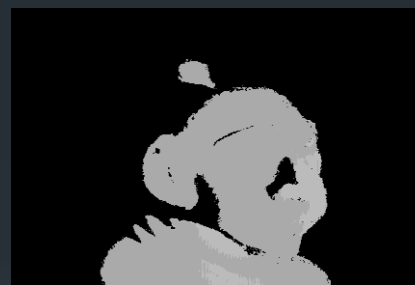
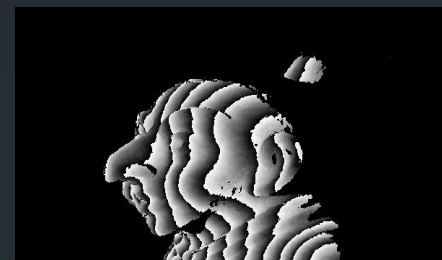
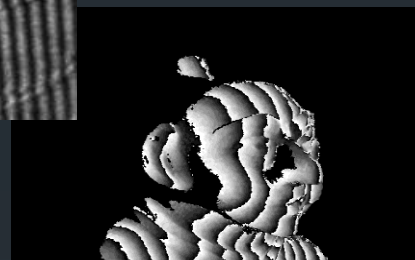
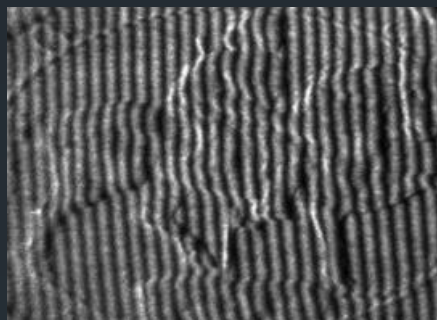
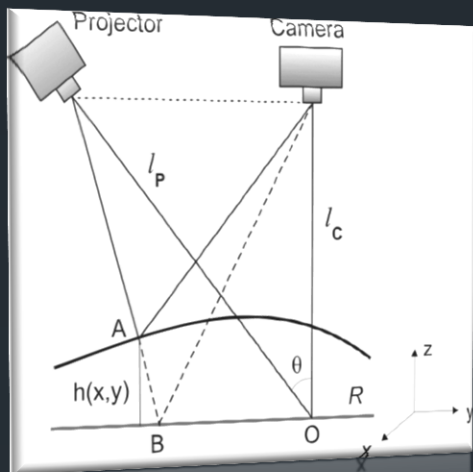






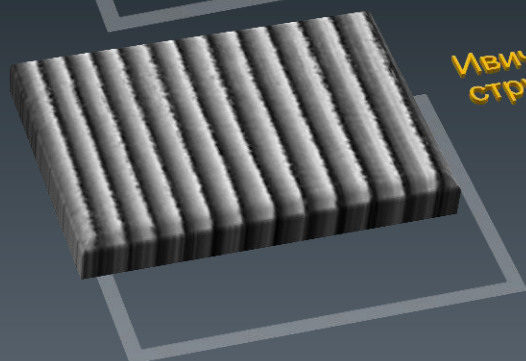
Опазване на културното наследство

19



фаза

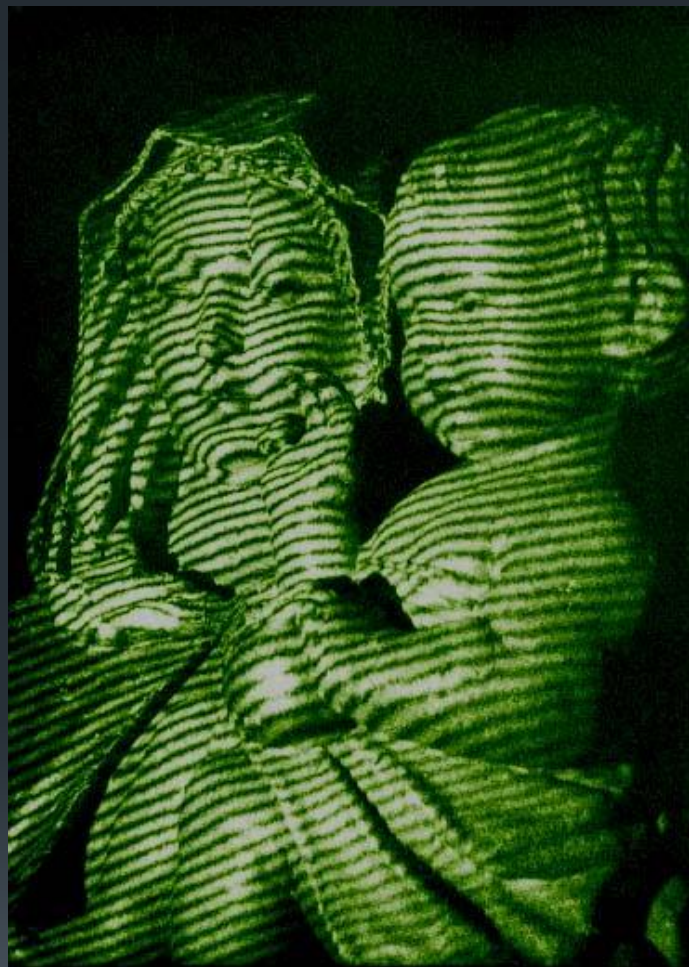
3D профил



Ивична
структура

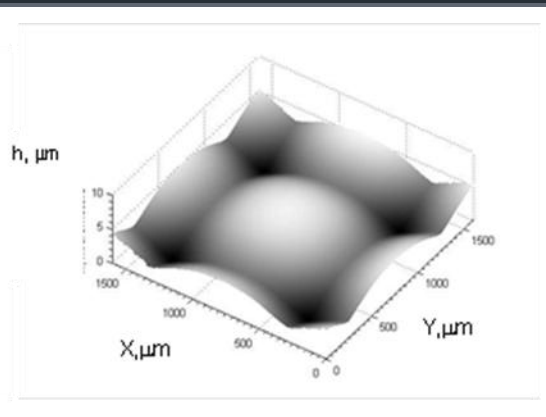
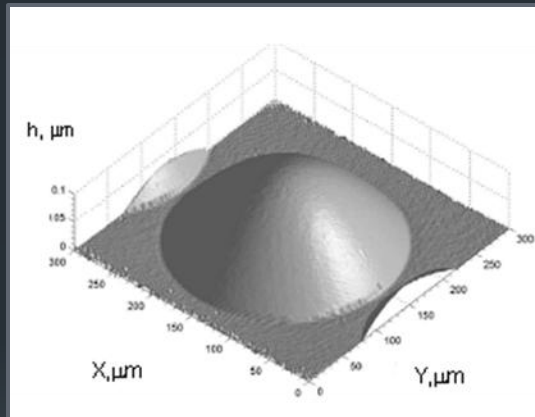
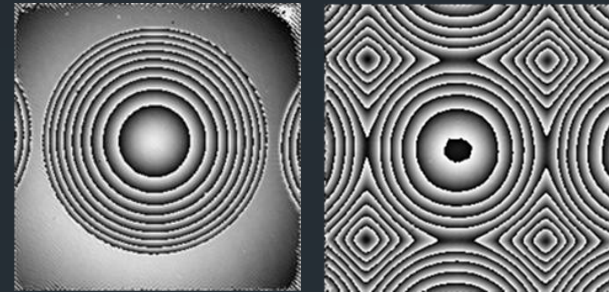
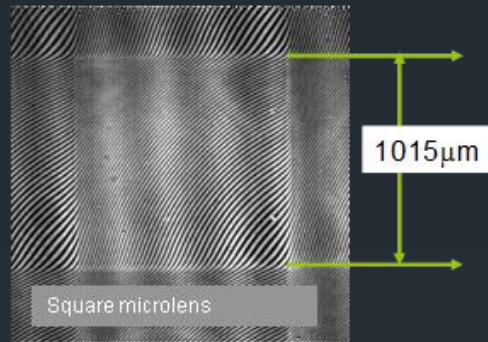
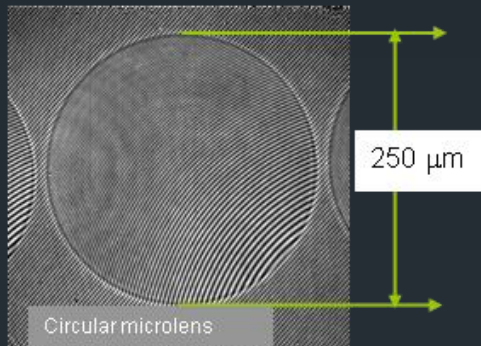


Опазване на културното наследство

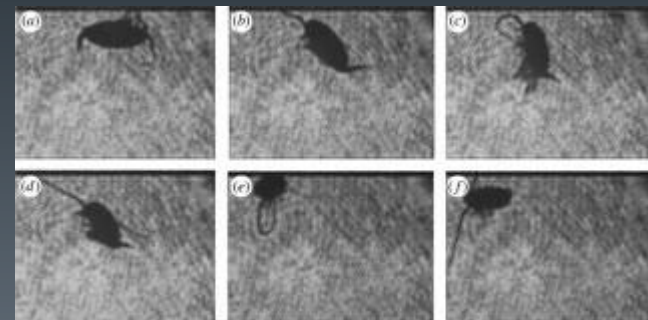
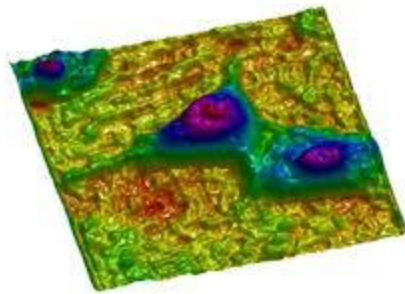


Запис на прозрачни обекти – холографски микроскоп

21

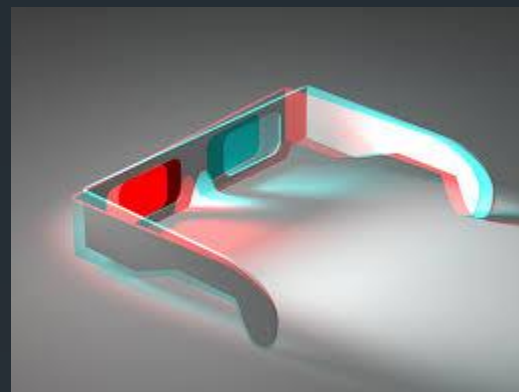


Точност 10 nm





1. Засенчване
2. Относителна височина
3. Относителен размер на познати обекти
4. Хвърляне на сянка
5. Атмосферна перспектива
6. Линейна перспектива
7. Текстурен градиент



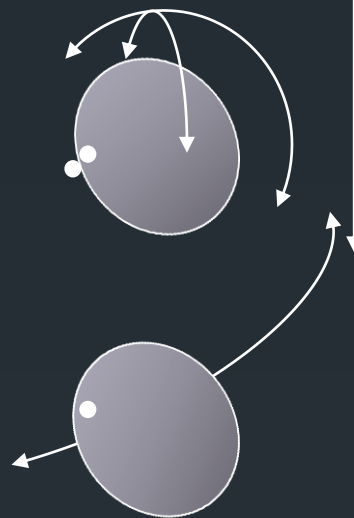
Холография

Цифрова
холография

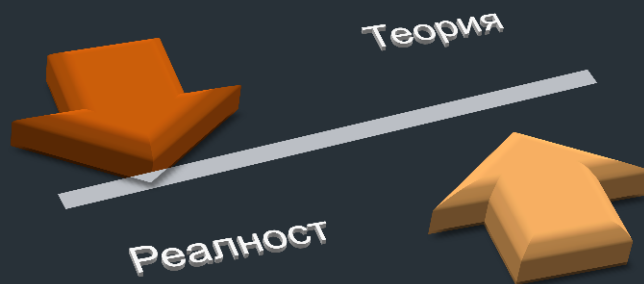
Холографски
дисплей

24

Холографското
визуализиране е
най-добрият
кандидат за 3D
дисплей

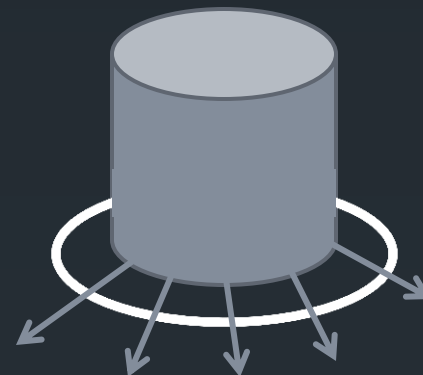


- ✓ Напълно реалистични образи
- ✓ Произволен брой наблюдатели
- ✓ Вертикален и хоризонтален паралакс
- ✓ Произволно движение на наблюдагеля
- ✓ Фокусиране на различна дълбочина
- ✓ Не са необходими очила

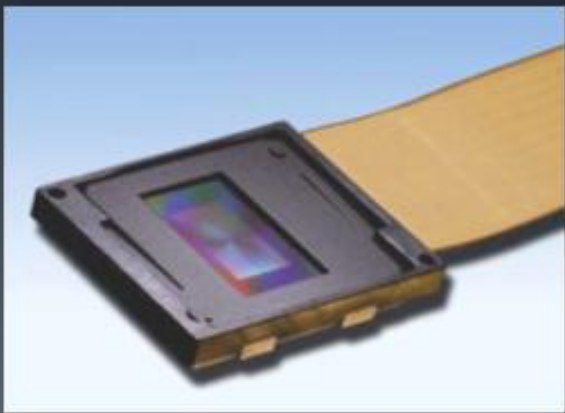




Динамичният холографски дисплей трябва да възпроизвежда огромно количество променяща се информация със скорост 25 кадъра в секунда.



Дълбочина
Цвят
Текстура
Отражателна способност
Паралакс



Ниска пространствена разделителна способност и малък размер на оптичните сензори и устройства за представяне на цифровите холограми.

Запис на холограми
под различни ъгли

Съгласуване на
записа с дисплея

Холографски
дисплей

26

26

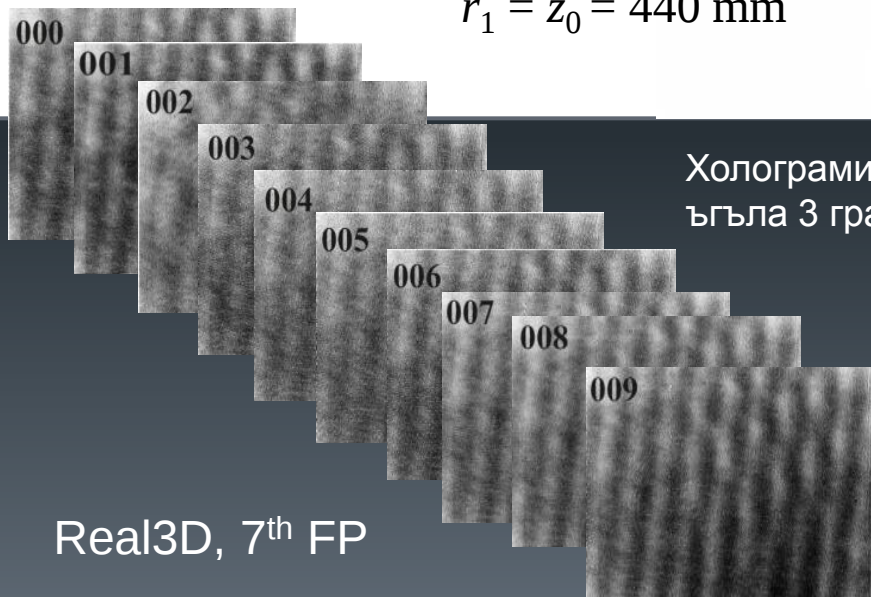
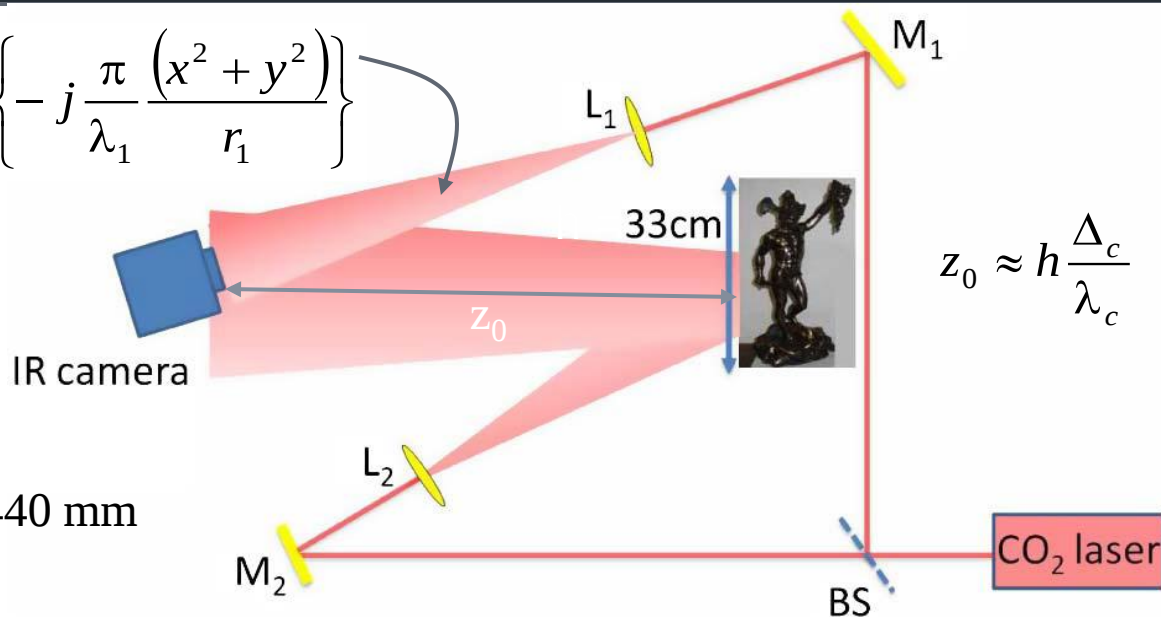


Персей,
Бенвенуто
Челини

$$R_1(x, y) = \exp \left\{ -j \frac{\pi}{\lambda_1} \frac{(x^2 + y^2)}{r_1} \right\}$$

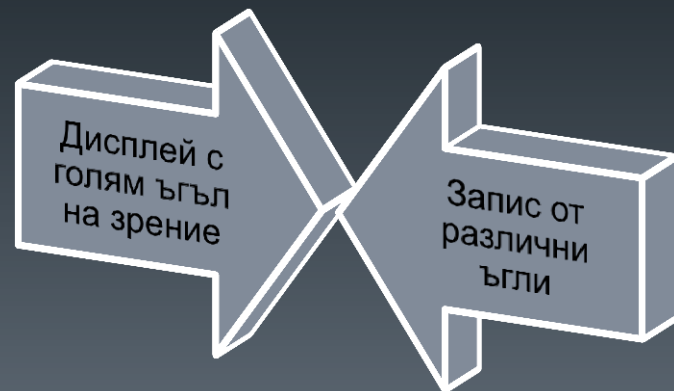
$$z_0 = 880 \text{ mm}$$

$$r_1 = z_0 = 440 \text{ mm}$$



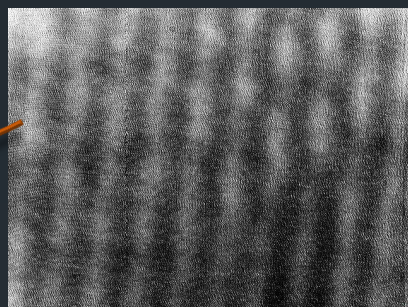
Холограми с разлика в
ъгъла 3 градуса

Real3D, 7th FP



Оптично възстановяване от една холограма

27

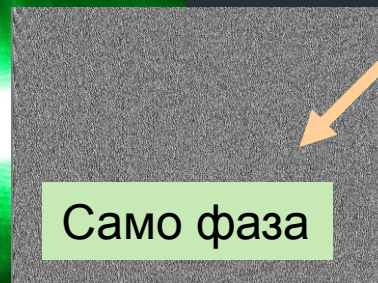
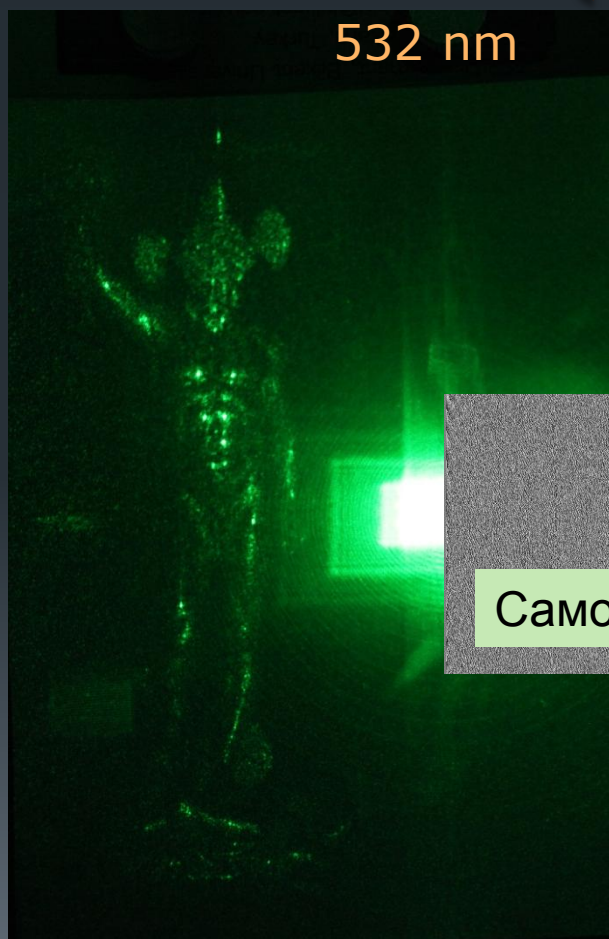


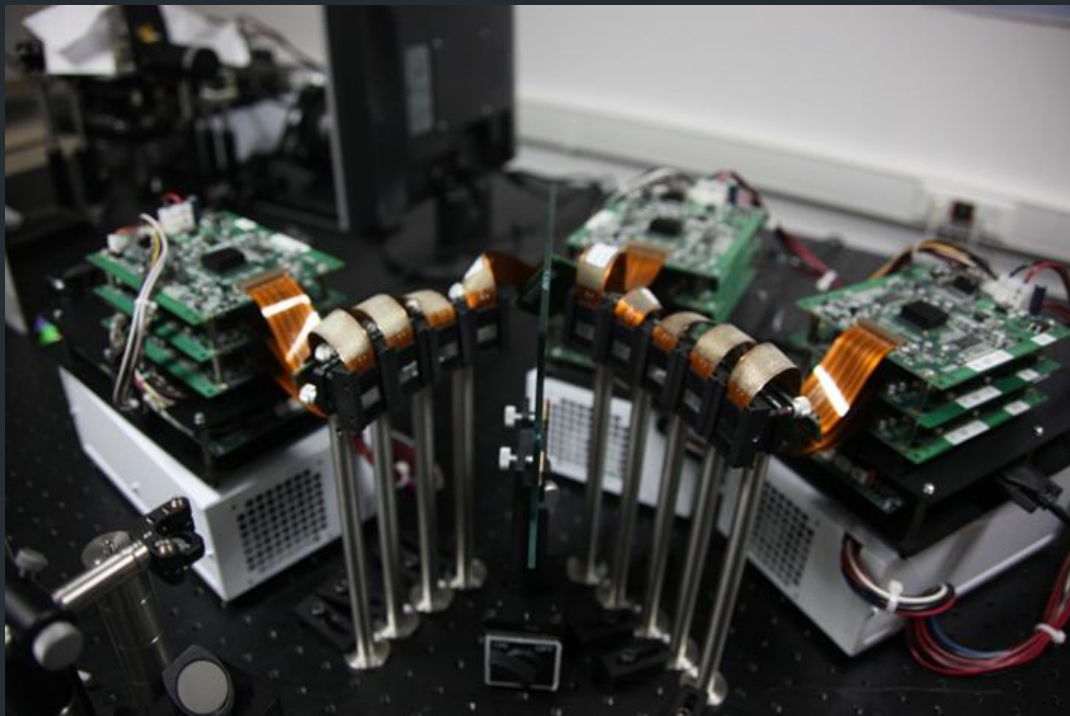
$$n_x \times n_y = 420 \times 680$$

$$\Delta_c = 24 \mu\text{m}$$

$$N_x \times N_y = 1080 \times 1920$$

$$\Delta_d = 8 \mu\text{m}$$

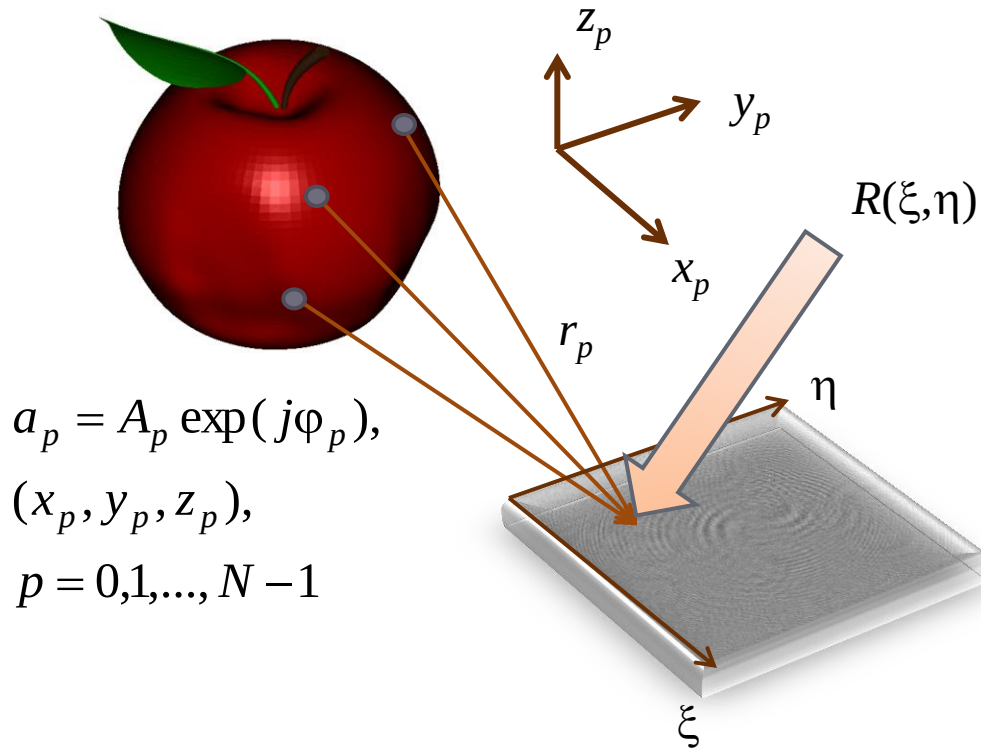




24 градуса ъгъл на зрение

3D дисплей – компютърно пресмятане на холограми

29



Всяка точка на обекта се разглежда като източник на сферична вълна. По този начин всяка точка на обекта праща информация до всяка точка на холограмата.

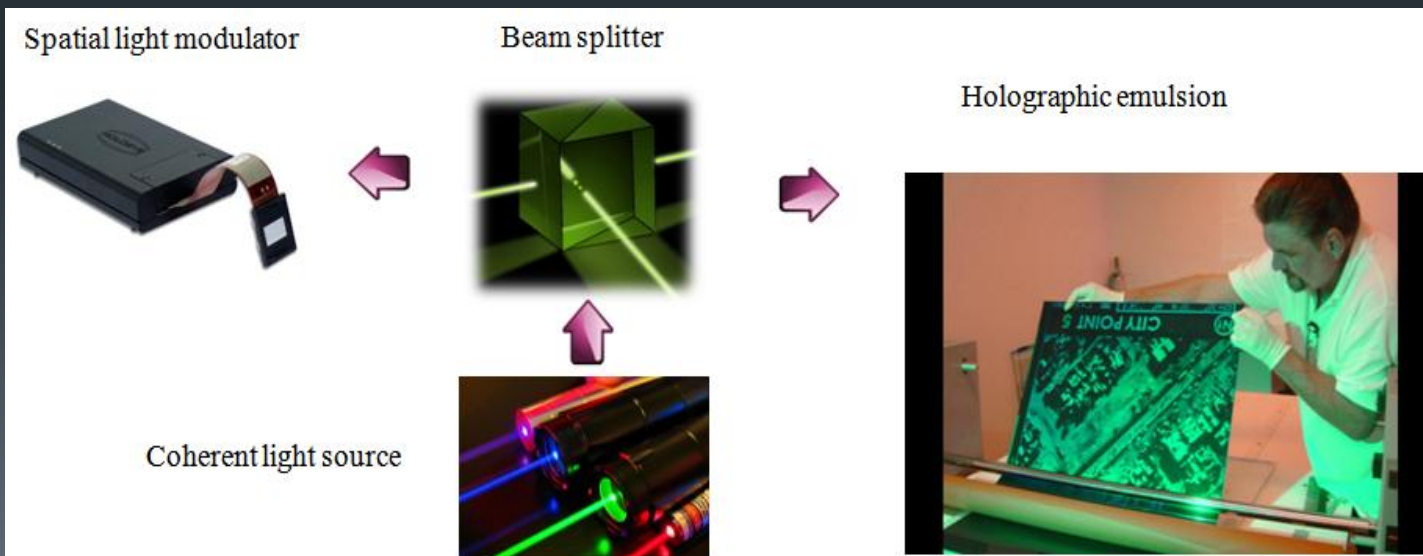
Холограма – 1 000 000 пиксела

Обект – 1 000 000 точки

Операции за 1 кадър

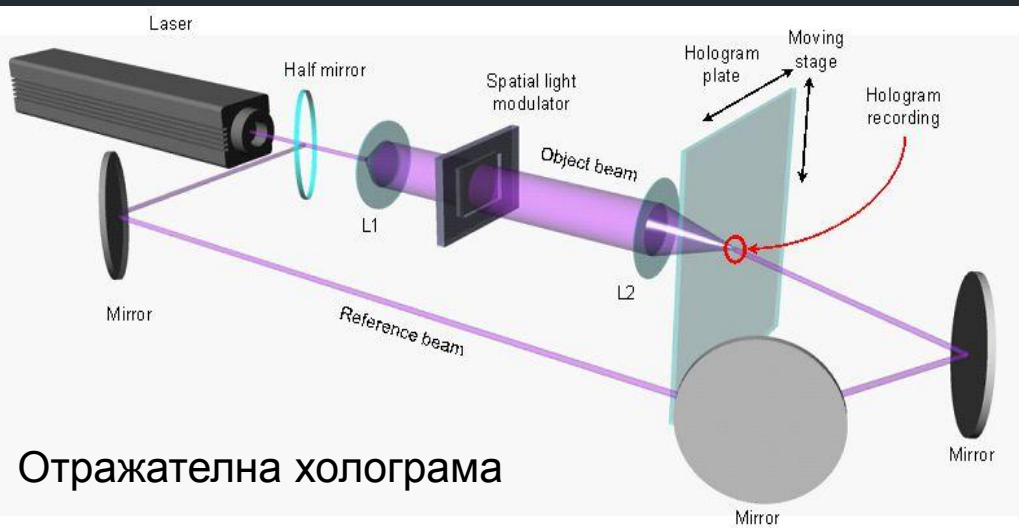


1000000000000



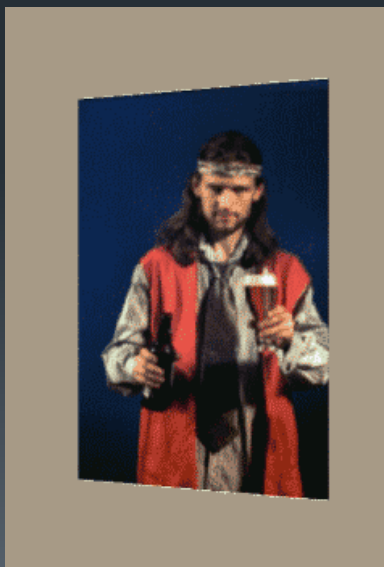
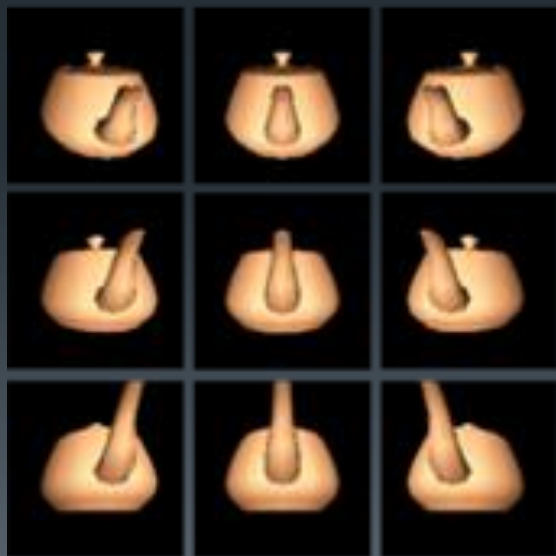
Холографски принтер за стереограми

31



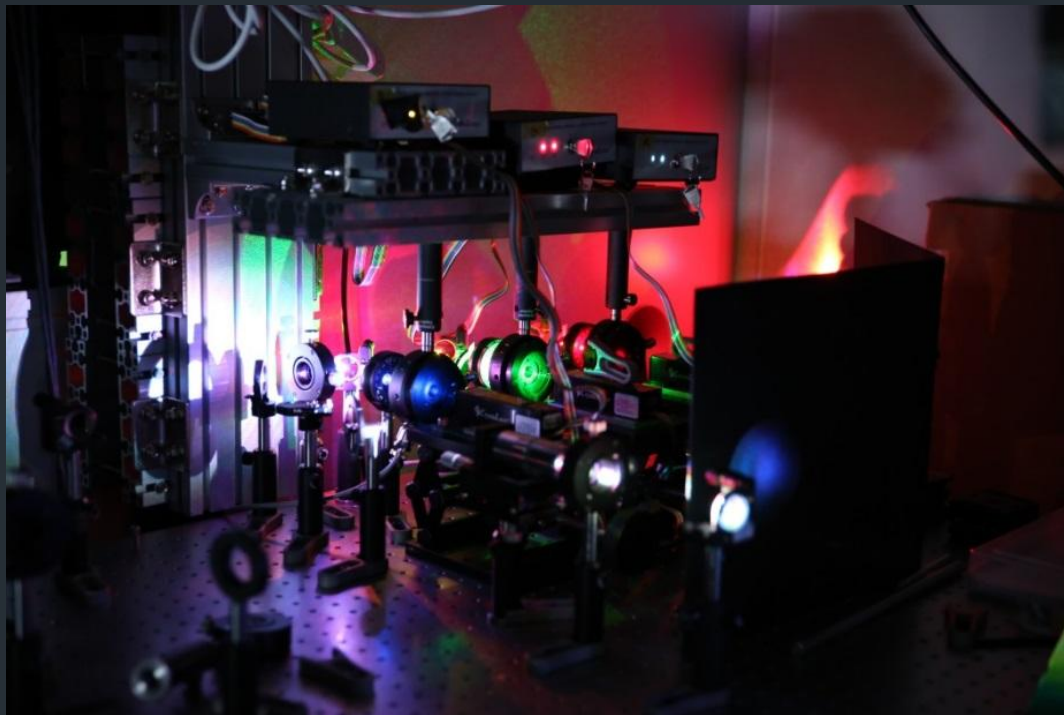
Запис от различна перспектива

Геола



Холографски принтер

32





Благодаря!