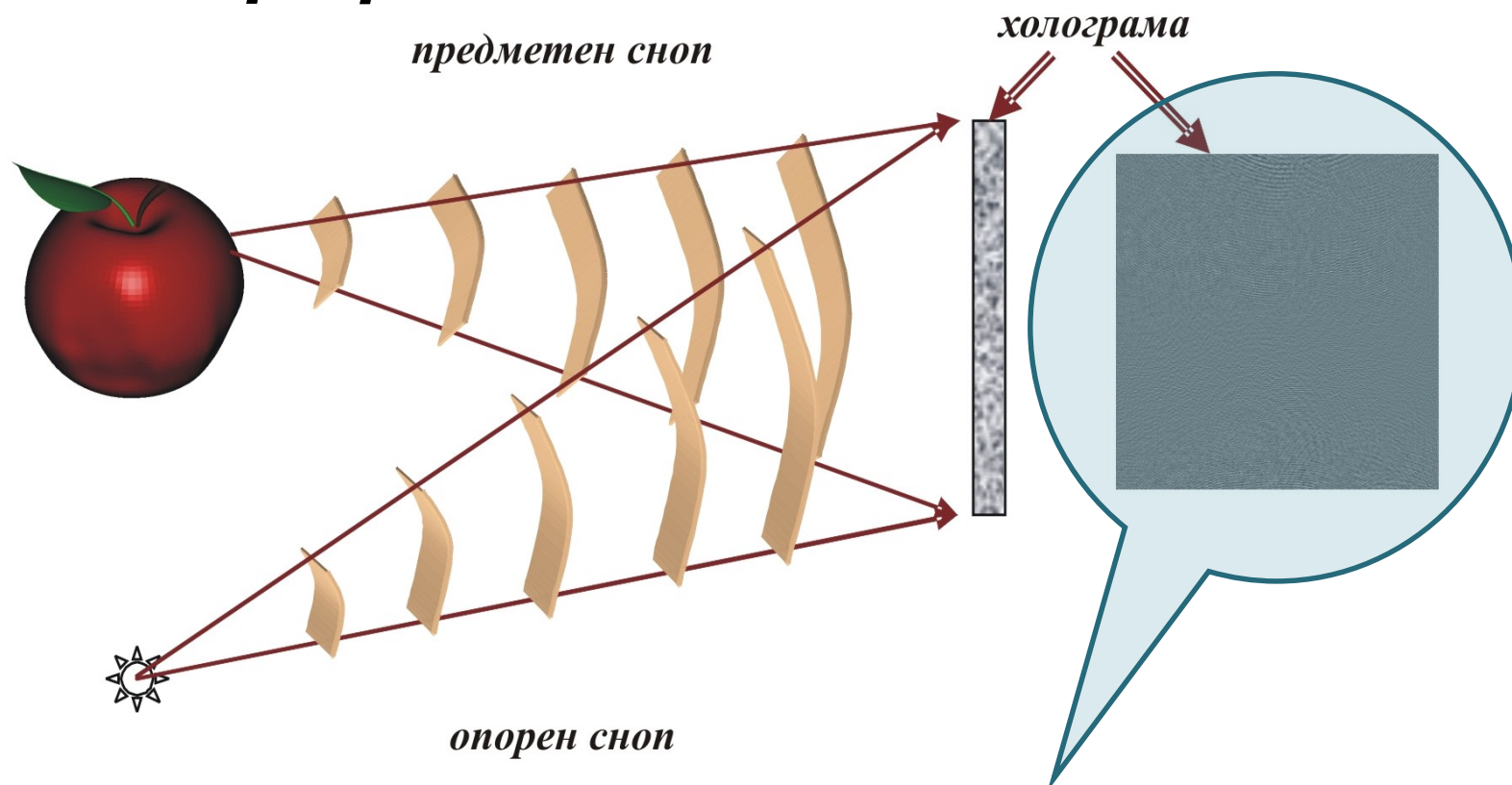


**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ОПТИЧЕСКИ МАТЕРИАЛИ И ТЕХНОЛОГИИ
„Акад. Й. Малиновски”**

Холографска интерферометрия и холографски оптични елементи

гл. ас. д-р Бранимир Людмилов Иванов

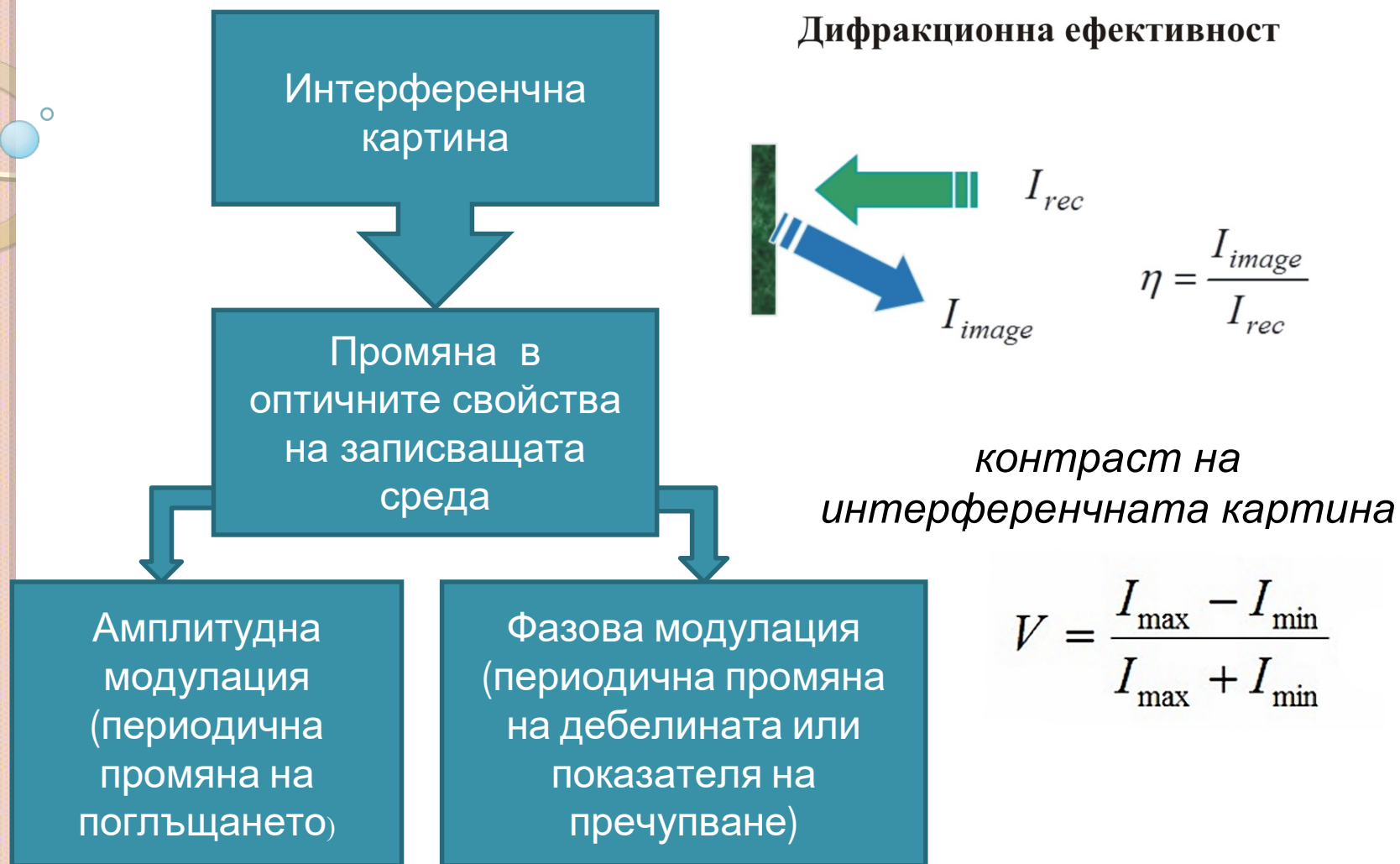
Увод: Основните принципи на холографския запис



Регистриращи среди:

- Свето-чувствителен материал
- 2D оптичен сензор

Холографски запис – физика на процеса

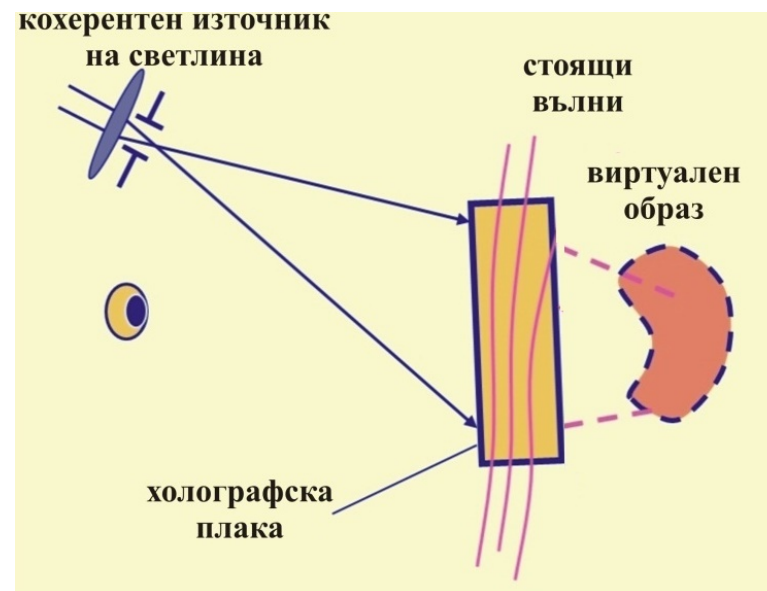
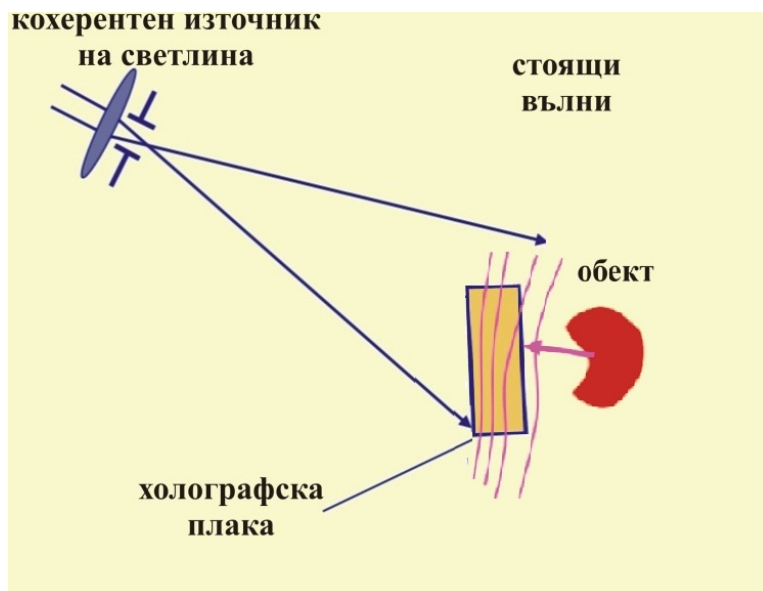


Експозиционната характеристика: зависи от модулирания параметър на експозицията.

$$E = I \cdot t$$

Холограми на пропускане

■ Според геометрията на записа:



Недостатък:

■ Източника на възстановяване на холограмата трябва да е същият както при записа и

Отражателни (Денисюкови) холограми

Области на приложение:

- Изобразителна холография
- Холографски принтери

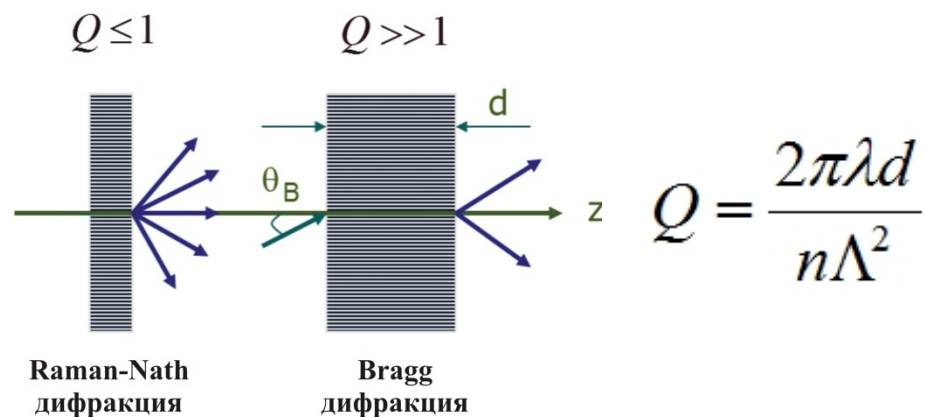
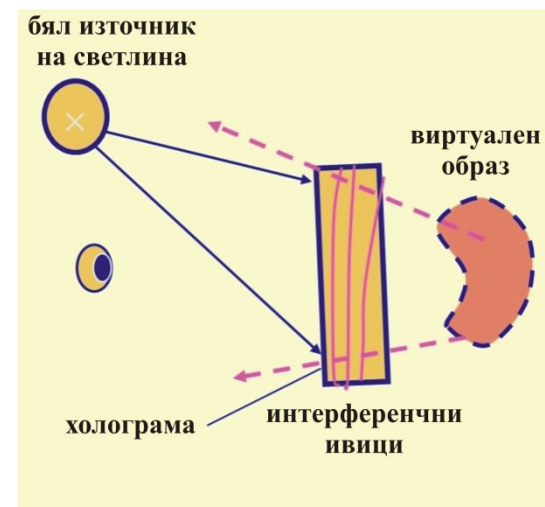
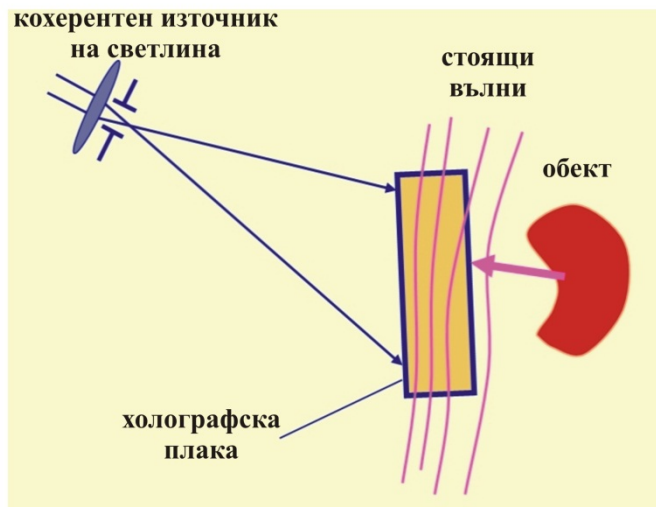
Характерни и изисквания:

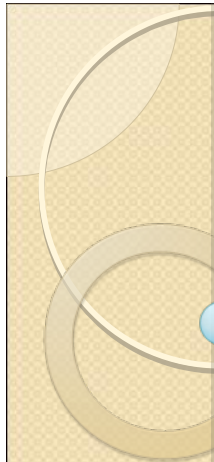
■ Период $> 6000 \text{ mm}^{-1}$

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2 \sin(\theta)}$$

$$2\theta = 180^\circ$$

$$\Lambda = \frac{1}{2} \lambda$$





Част 1:

Холографска интерферометрия

• Интерферометрични системи

- интерферометри в бяла светлина
- свръх късоимпулсни лазерни източници
- нискокохерентни светлинни източници LED и SLED

• Цифрова холография

- класическия холографски принцип реализиран в двустъпален процес на запис и възстановяване на вълновя фронт от тримерни обекти
- компютърно генерирани холограми чрез SLM устройства
- холографския принтер съчетава цифрово 3D представяне на обект и запис на аналогови отражателни холографски данни

• Оптична метрология

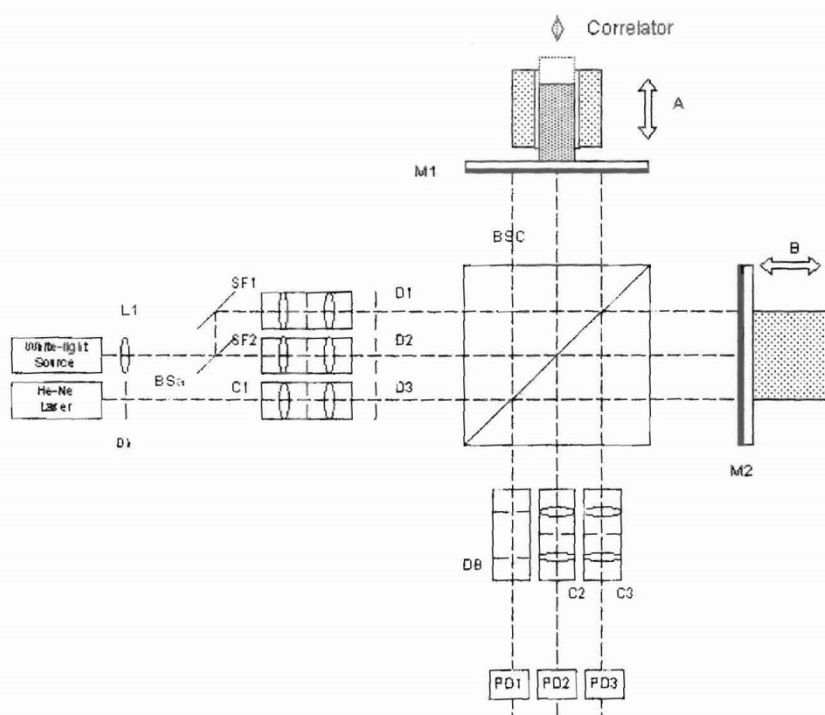
- прецизно измерване на тримерни координати на обекти
- проекционна профилометрия, триангулация чрез прожектиране на предварително зададена светлинна структура
- мониторинг на физични или биологични процеси чрез динамичен лазерен спекъл в дифузно отразяващи обекти



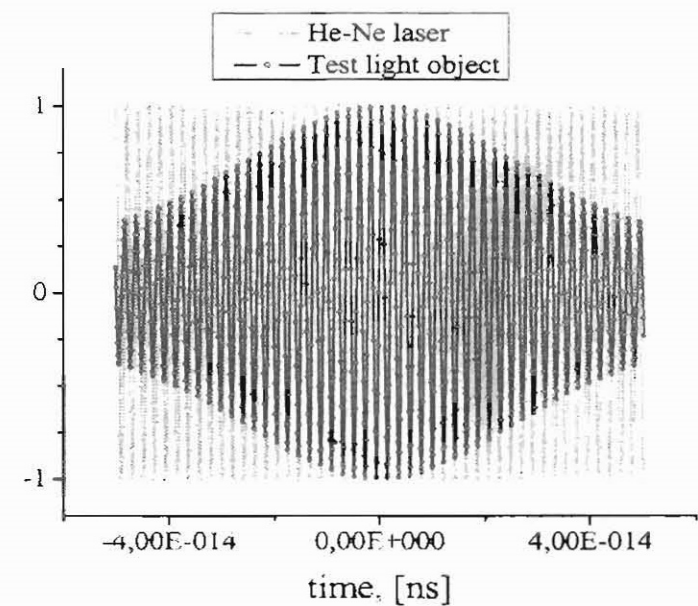
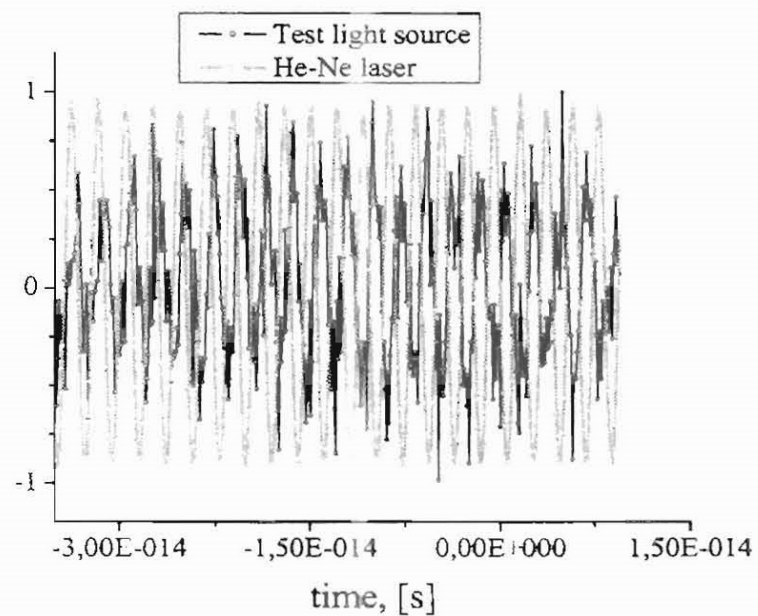
Интерферометрични методи за определяне спектралните характеристики на изследвани обекти

- **Беше създаден 3-канален корелационен спектро-фотометър работещ с бяла светлина.**
- **Получени са резултати за спектралните характеристики на светлинни източници в широк диапазон от дължини на кохерентност.**
- **Направен е анализ на влиянието на различни източници на шум в интерферометричната схема.**
- **Резултатите са сравнени с тези получени чрез Оптичен Спектрален Анализатор (ОСА).**

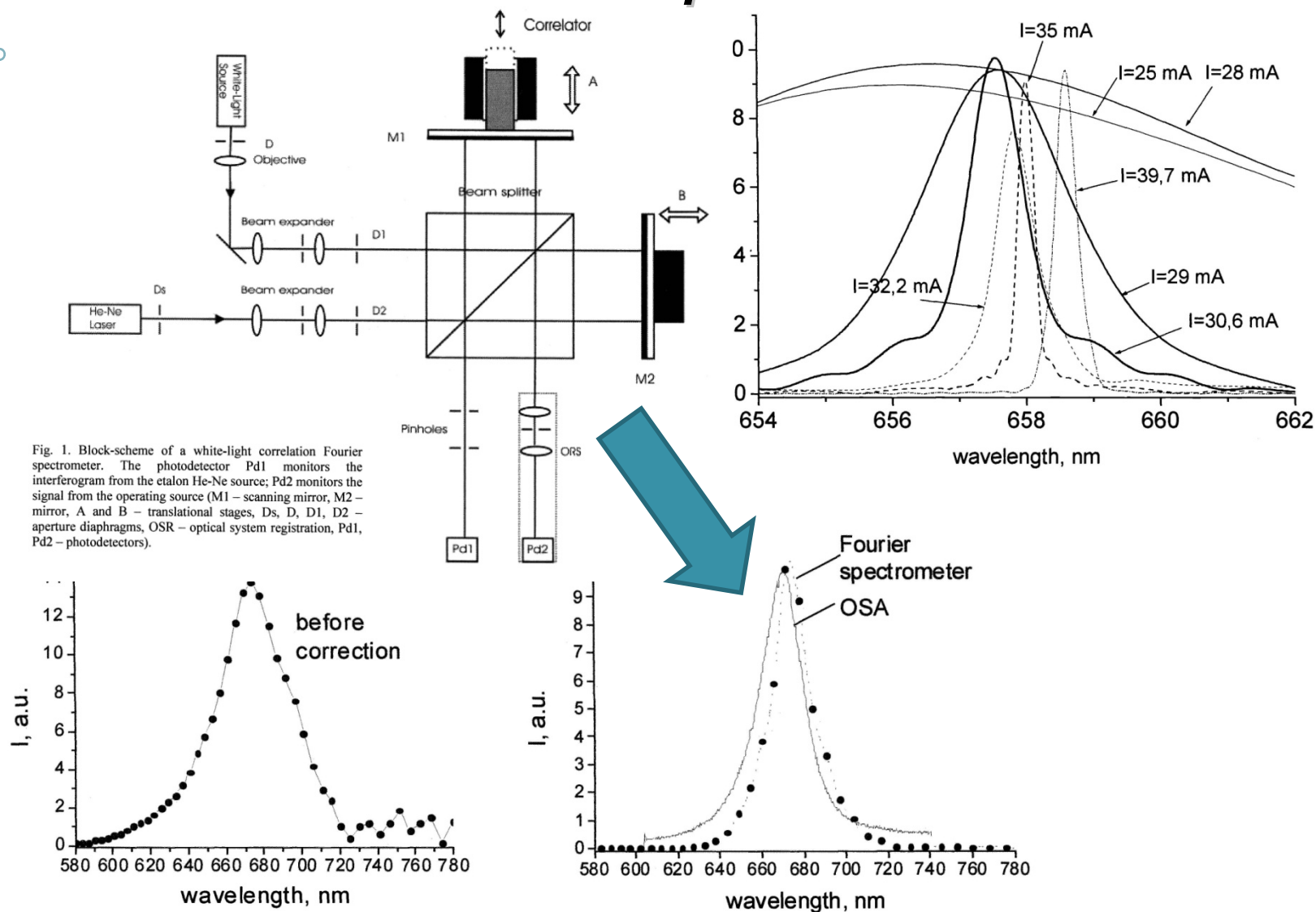
Интерферометър в бяла светлина



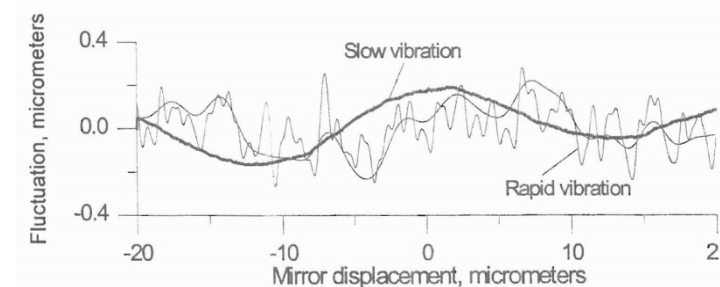
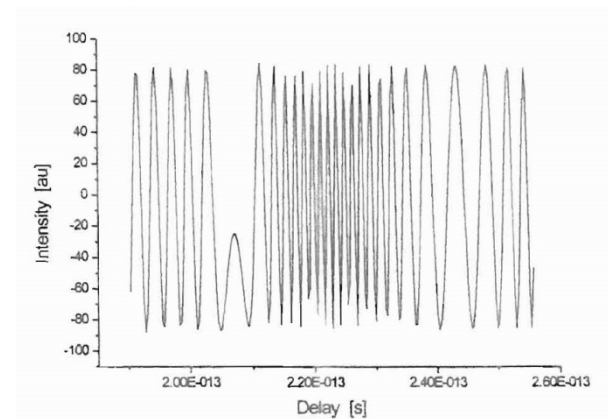
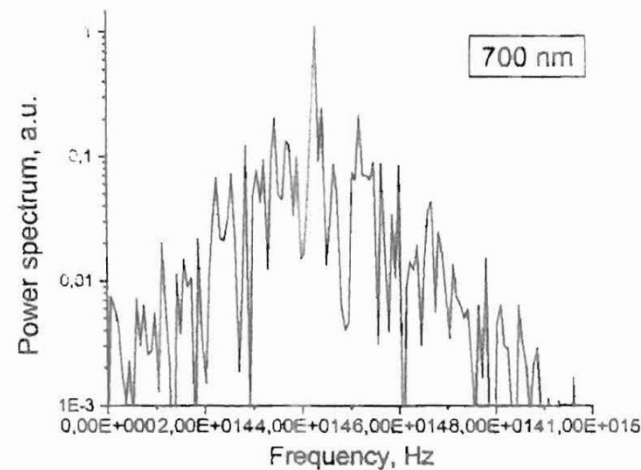
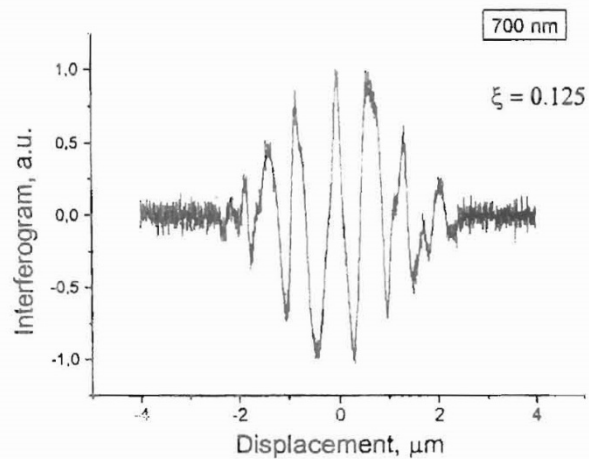
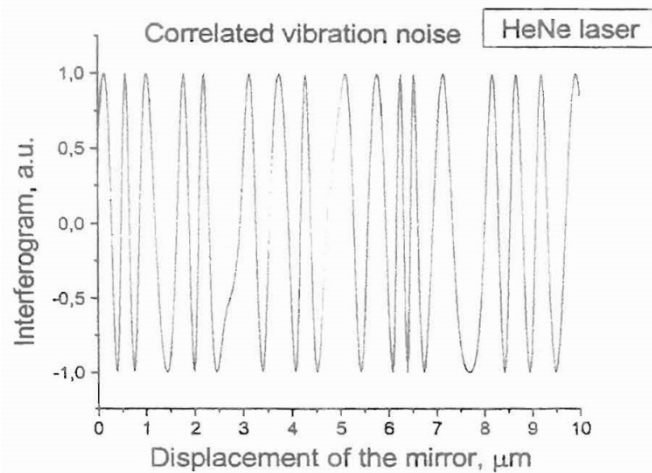
■ *триканален интерферометър*

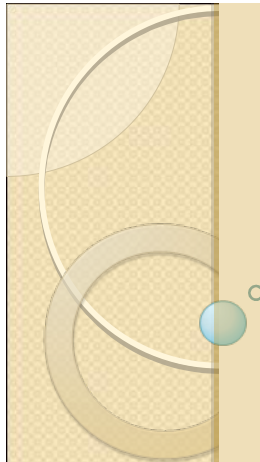


Нискокохерентни светлинни източници



Еквивалент на свръх-късоимпулсен лазерен източник





Холографски методи за визуализиране и дистанционен контрол на изследвани обекти

- **Беше създаден 3-канален корелационен спектро-фотометър работещ с бяла светлина.**
- **Получени са резултати за спектралните характеристики на светлинни източници в широк диапазон от дължини на кохерентност.**
- **Направен е анализ на влиянието на различни източници на шум в интерферометричната схема.**
- **Резултатите са сравнени с тези получени чрез оптичен спектрален анализатор (ОСА).**

Оптика метрология

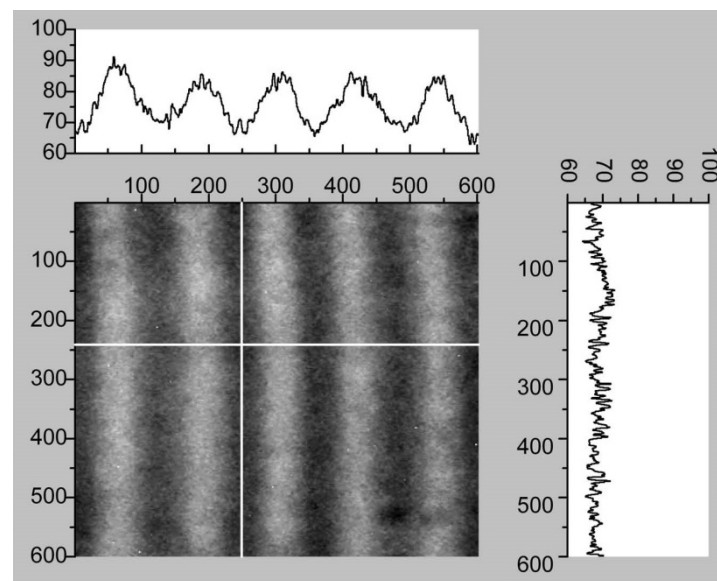
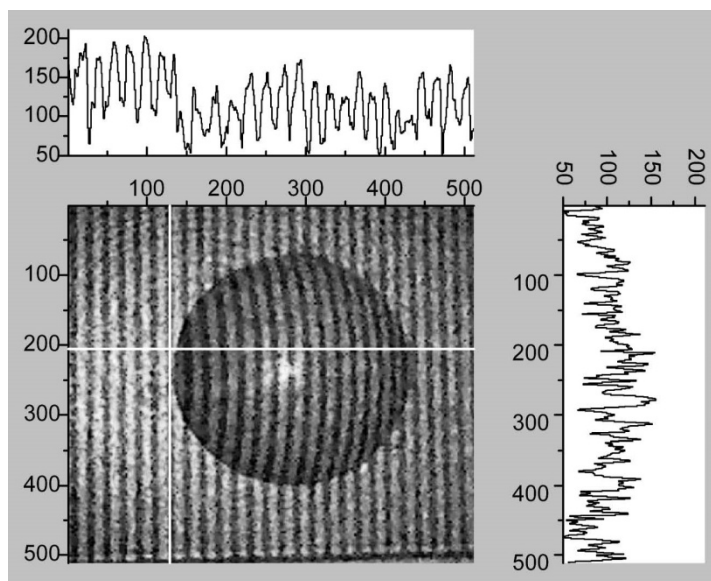
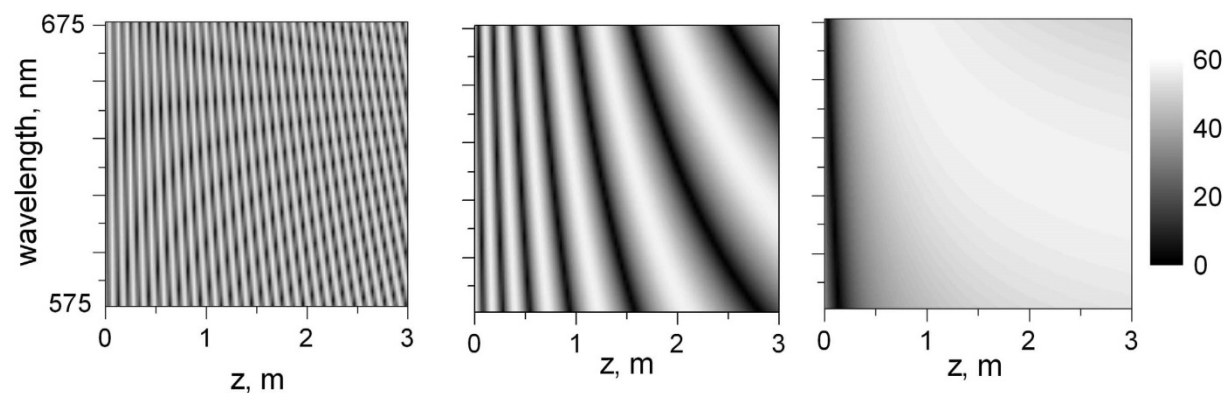
■ Измерване на пространствени координати от 3D микро или макро обекти чрез лазерна профилометрия

- осветяване с предварително структурирана кохерентна светлина
- еднаква прецизност за микро и макро обекти
- загуба на информация при скок във фазата по-голям от $\pi / 2$

■ Мониторинг на динамични във времето физичи или биологични процеси

- неинвазивно определяне скоростта на протичащи процеси в промишлени или биологични обекти
- анализът на изменящи се във времето спекъл картини се използва като неразрушаваща сензорна техника

Прецизно измерване на координати на обекти чрез осветяване със структурирана светлина



Мониторинг на физични или биологични процеси използвайки спекъл структури

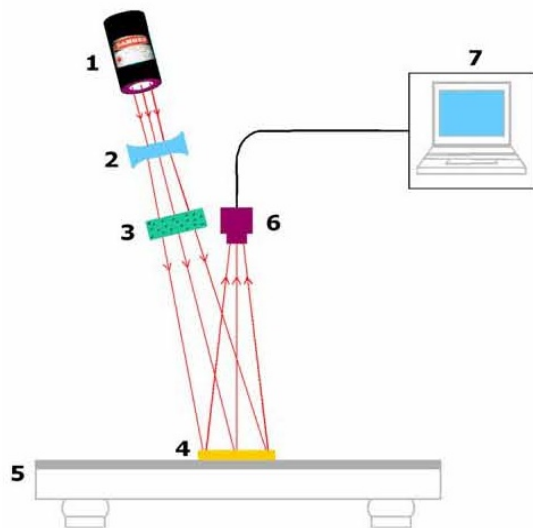
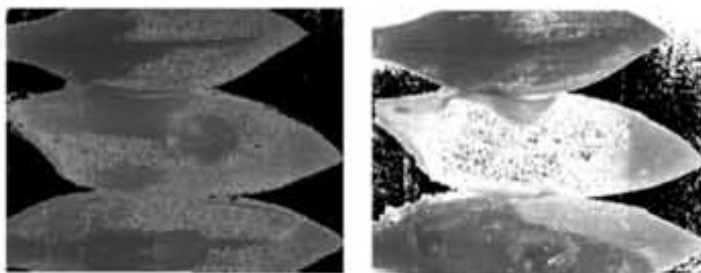
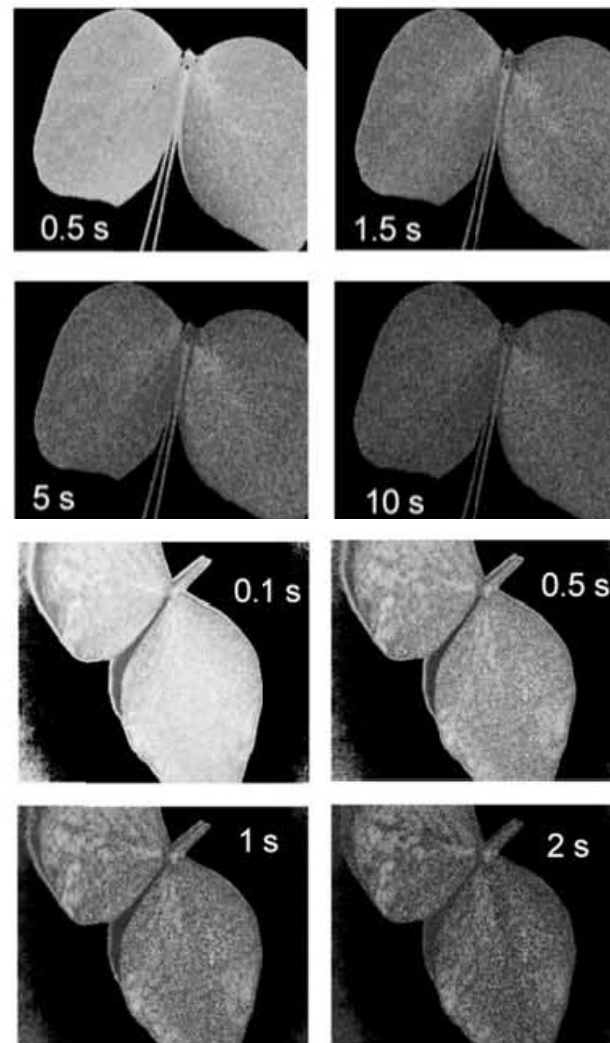


Fig. 1. Set-up for acquisition and storage of dynamic speckle patterns: 1 – He-Ne laser, 2 – beam expander, 3 – ground glass diffuser, 4 – sample, 5 – vibration insulated table, 6 – CCD camera, 7 – PC.



■ **ОСНОВА**

■ **КИСЕЛИНА**



■ **повишена влажност** ■ **нормална влажност**

Част 2:

Холографски оптични елементи (ХОЕ)

• Многоканални ХОЕ системи

- двучестотни интерферометрични системи
- четириканален ХОЕ
- приложение на поляризационен ХОЕ за целите на метрологията

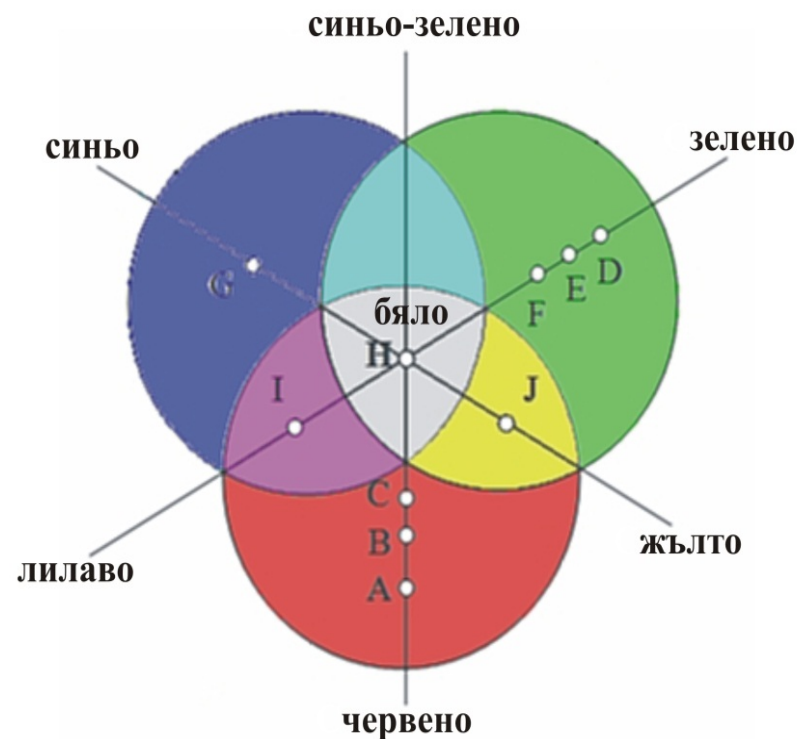
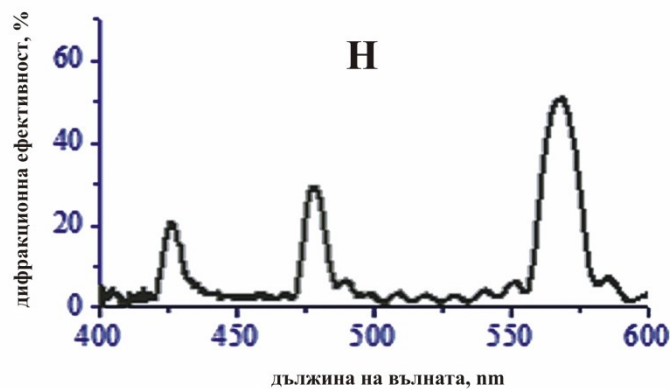
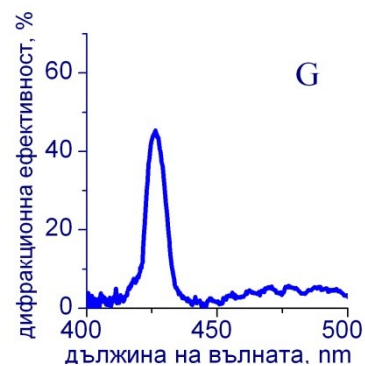
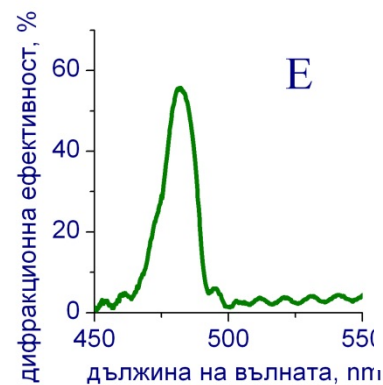
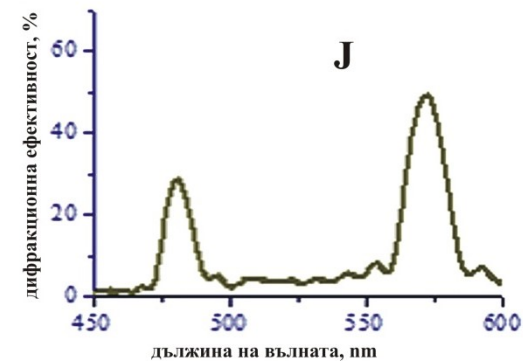
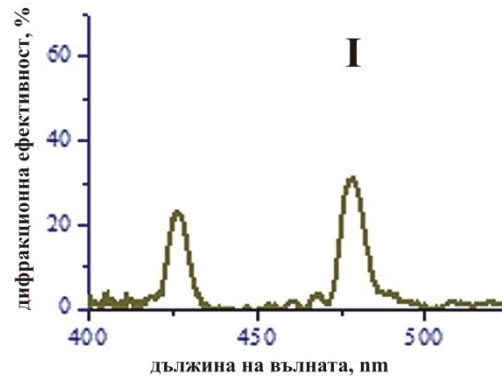
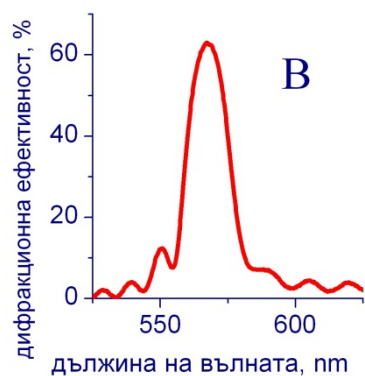
• Цифрови и нелинейни ХОЕ

- класическия холографски принцип реализиран в двустъпален процес на запис и възстановяване на вълновя фронт от тримерни обекти
- компютърно генерирани холограми чрез SLM устройства
- холографския принтер съчетава цифрово 3D представяне на обект и запис на аналогови отражателни холографски данни

• Многолентови оптични филтри

- оптични процесори за решаване на специфични задачи
- многоцветен холографски запис и възпроизвеждане на информация във видимия спектрален диапазон
- холографски многолентови и честотно-пренастроиваеми оптични филтри във видимата част на електромагнитния спектър

Спектрална зависимост на дифракционната ефективност



Многоканални ХОЕ системи

■ Мултичестотни оптични системи

- двучестотни интерферограми
- четириканален ХОЕ
- приложение на поляризационен ХОЕ за целите на метрологията

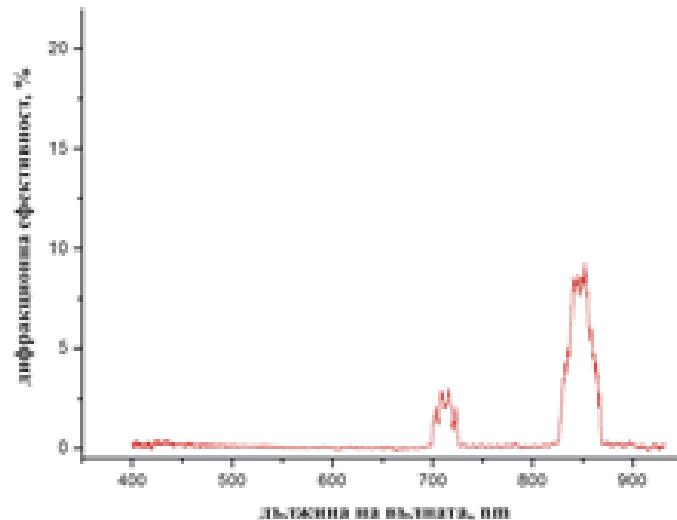
■ Четири канален ХОЕ

- пренастройване на дифракционната ефективност в зависимост от необходимата работна дължина на вълната и посоката на поляризация на светлината в дифракционния порядък
- комбиниране на многозаписни и многослойни пакетни структури от аналогови отражателни холограми в близката инфрачервена област

■ Поляризационен инфрачервен ХОЕ

- комбиниране на единични и многозаписни холограми в многослойни пакетни структури
- принципна схема на последователни холографски записи с различни поляризаций на светлината за всеки от дифракционните порядъци

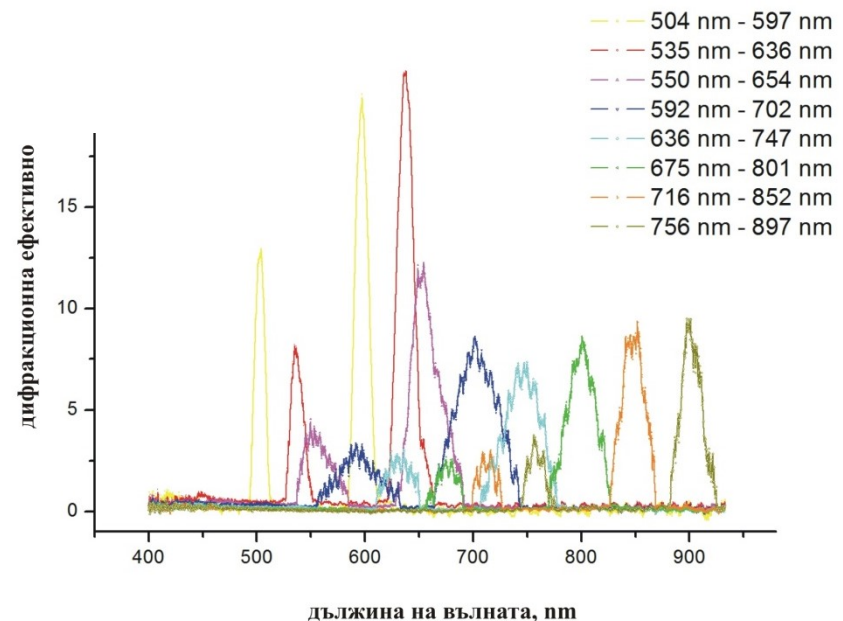
Мултичестотни оптични системи ХОЕ



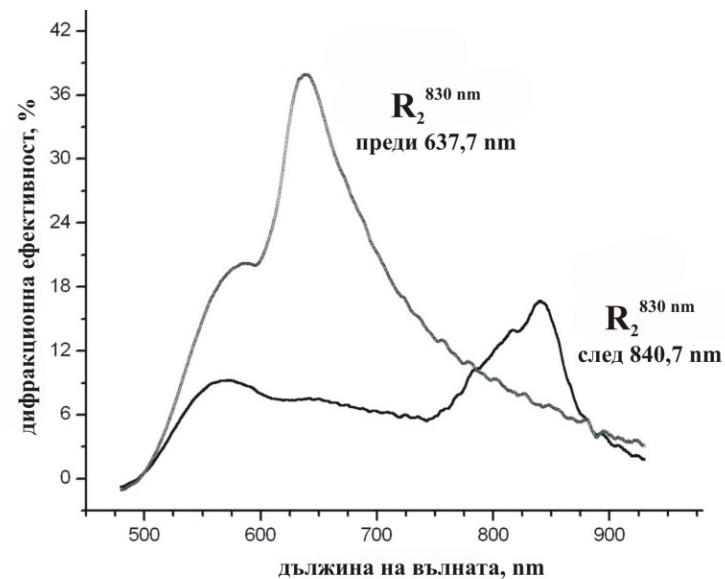
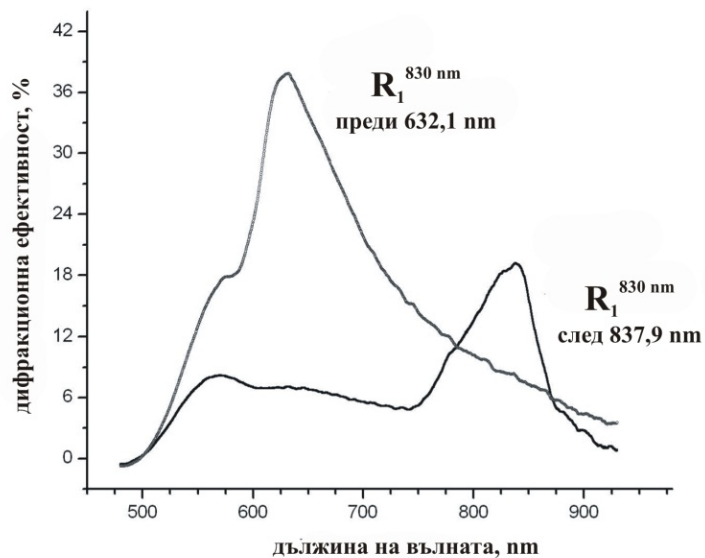
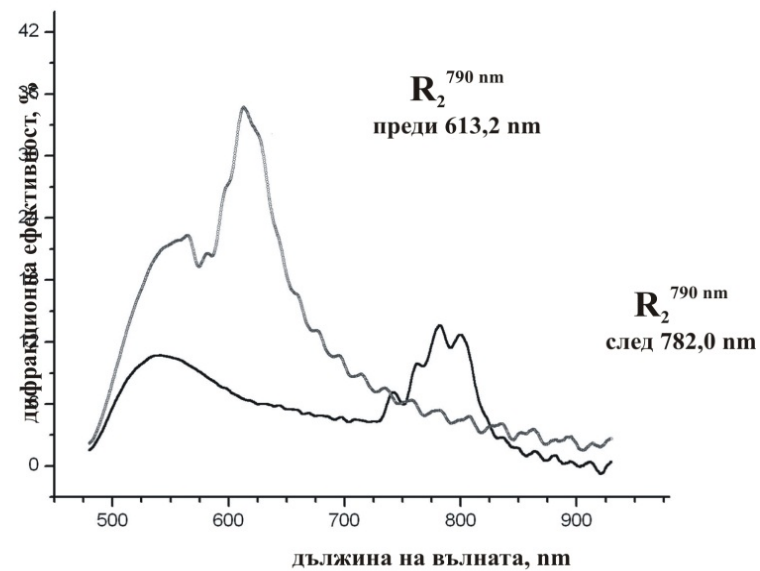
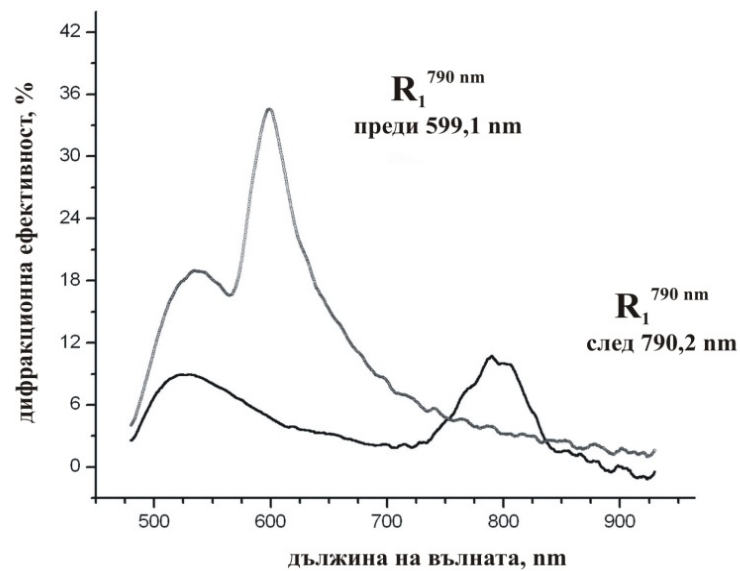
*Промяна в спектралното
позициониране на максималната
дифракционна ефективност за
двукспозиционен запис с
дължини на вълните при запис
632.8 nm и 532 nm .*

HP-P

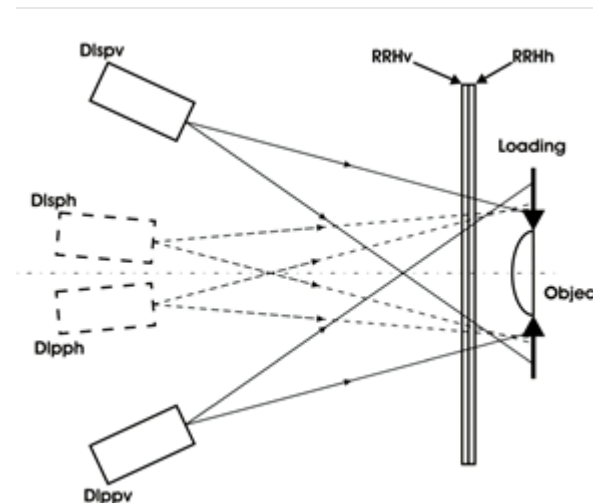
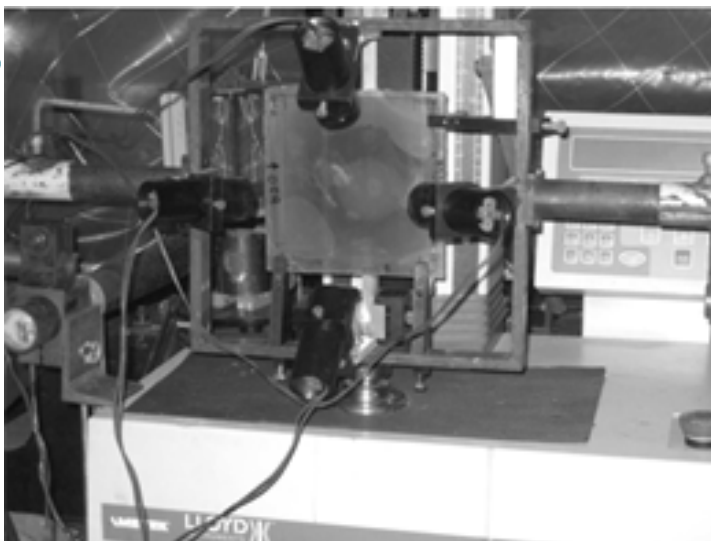
- осъществен е запис на двуканален ХОЕ във видимата спектрална област с предварително зададено отстояние на дължините на вълните на дифракционните пикове;
- работните дължини на вълните се преместват плавно със запазване на отстоянието между дължините на вълните;
- при преместването дифракционните пикове се разширяват и максимумите им намаляват.



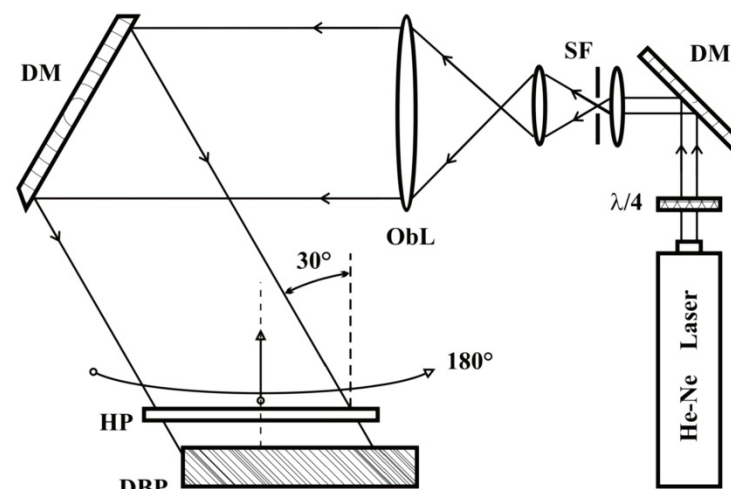
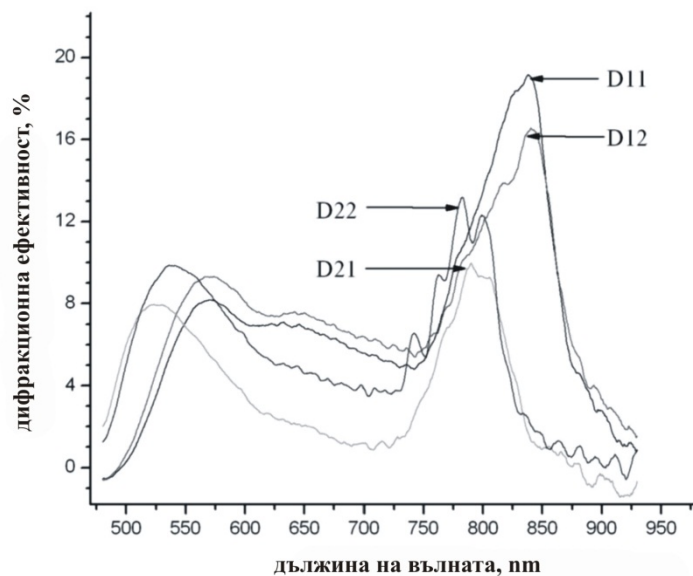
Четириканален ХОЕ



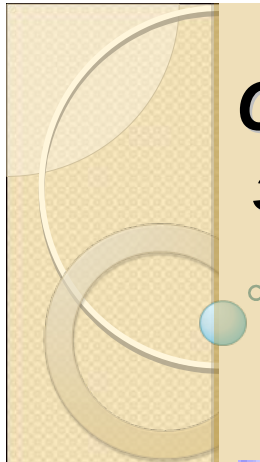
Приложение на поляризационен инфрачервен ХОЕ за целите на метрологията



сандвич структура



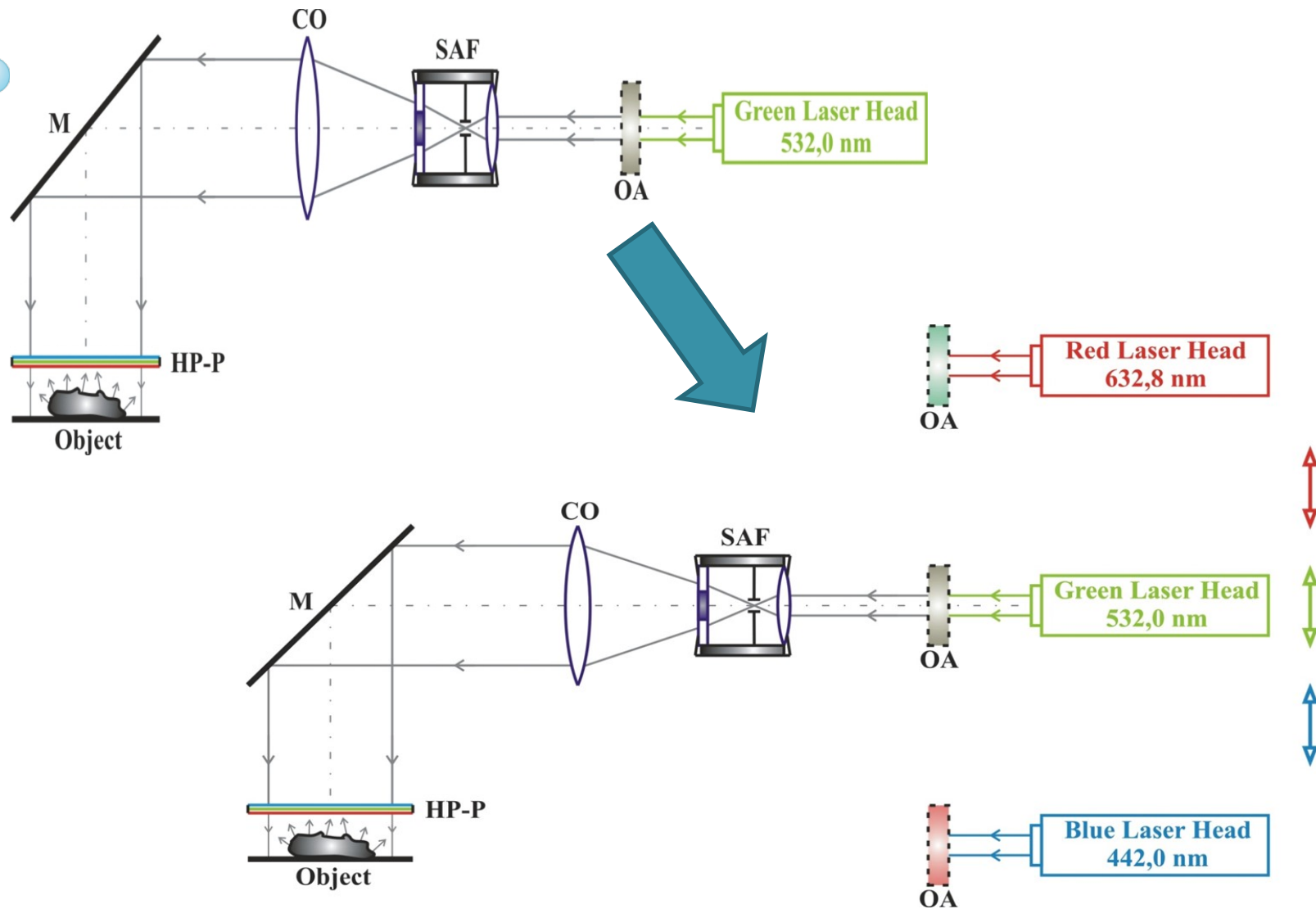
HP-650



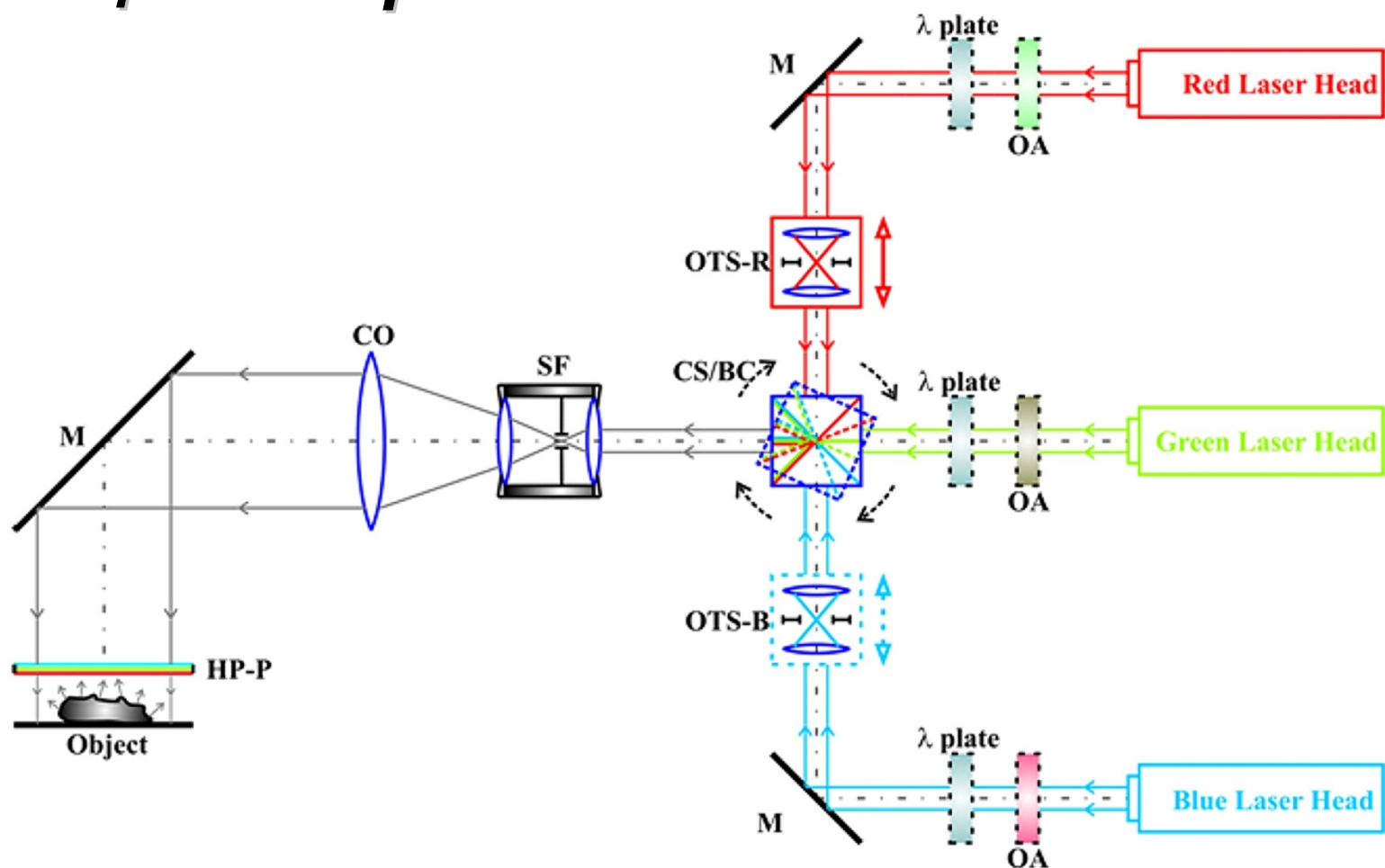
Системи за специализиран холографски запис и обработка на оптична информация

- **Единичен или няколко последователни холографски записи**
- **Специализирани комбинирани холографски записи**
- **Комбиниране в сандвична структура на различен брой холографски записи и различни холографски носители**

Разработените от нас система за единичен и/или последователен записи



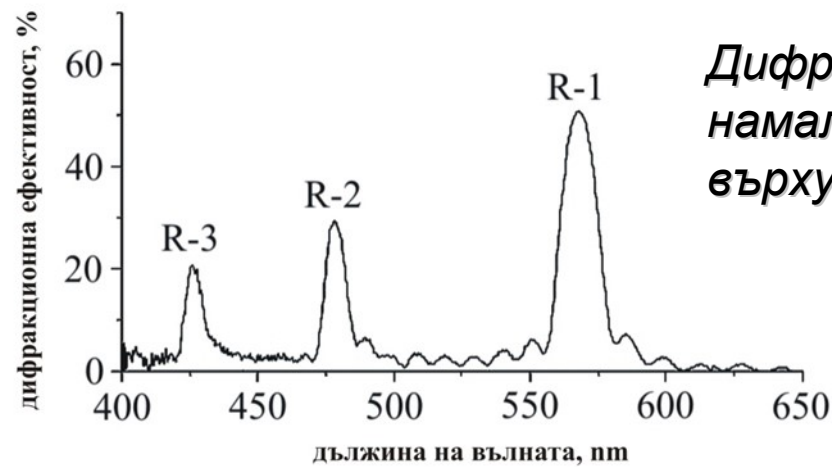
Оптична холографска схема за специализиран запис



Комбинации на едновременни и последователни записи

Комбиниране на цветни холографски записи

$$E_T = \sum^K \left[(E_{\max}^{C_i} - E_{\min}^{C_i}) \times (\alpha_i) \right] + E_{\min}^{C_1}$$



Дифракционната ефективност намалява при няколко записа върху една плака



Цветен холографски запис

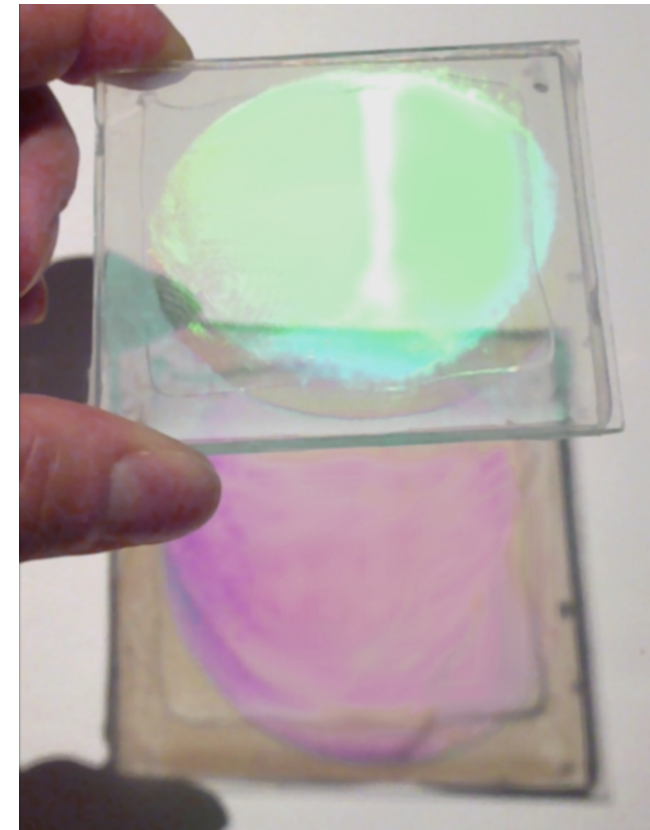
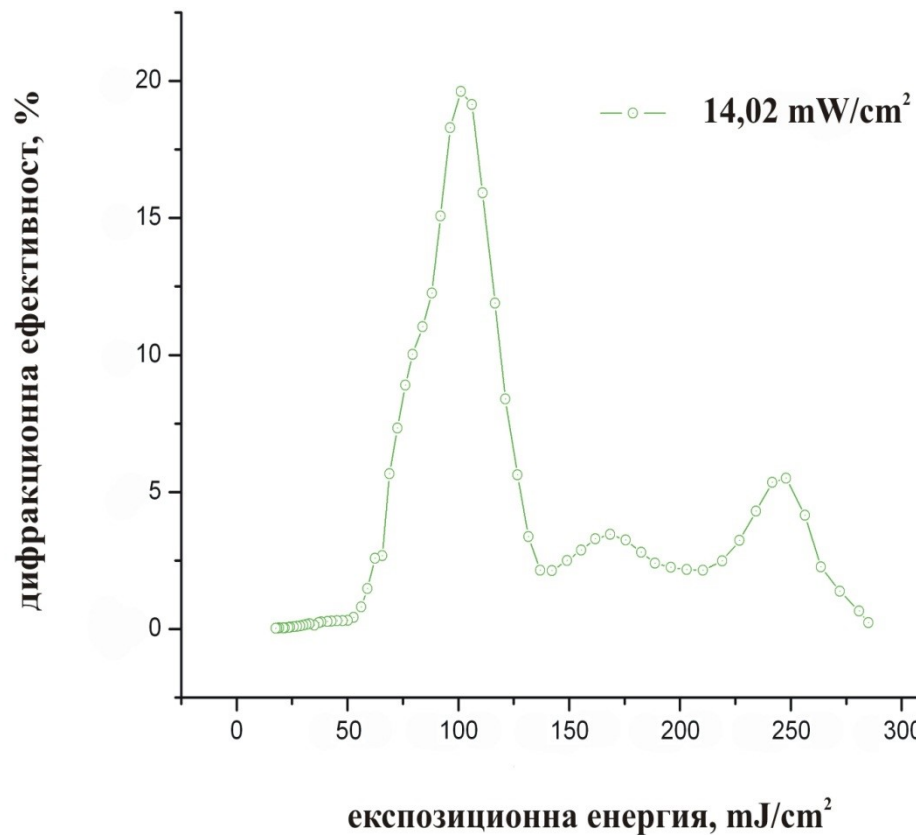


Бъдещи проекти:

- **Обогатяване и развитие на постигнатите до сега резултати**
- **Създаване на многоканни оптични процесори за изпълнение на специализирани задачи**
- **Играждане на оптични филтри, тригери и превключватели за целите на интерферометричната холография**

Разработване и интегриране на специализирани ХОЕ в системата за многоцветен холографски запис

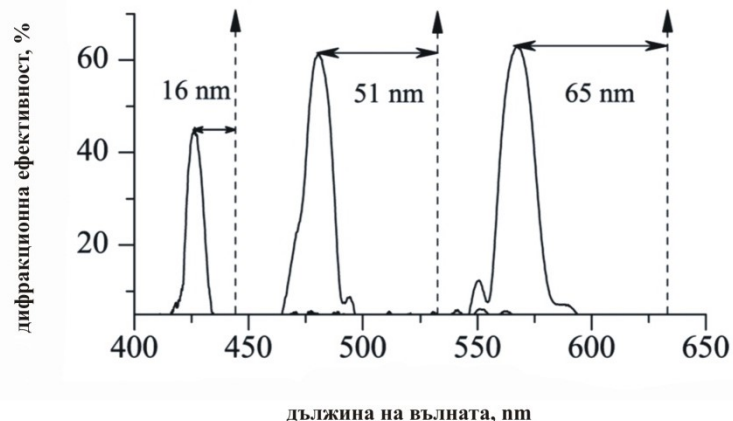
- тесен енергетичен диапазон
стръмна експозиционна
характеристика



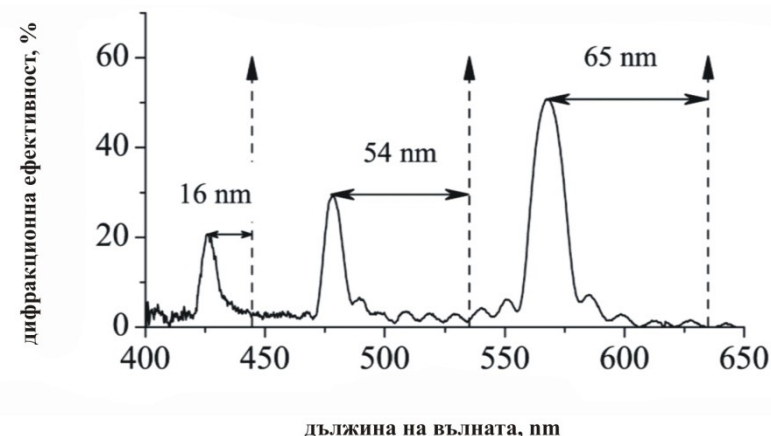
■ Управляемо, селективно,
тесноивично, холографско
огледало.

Цветови корекции на записи на холограми

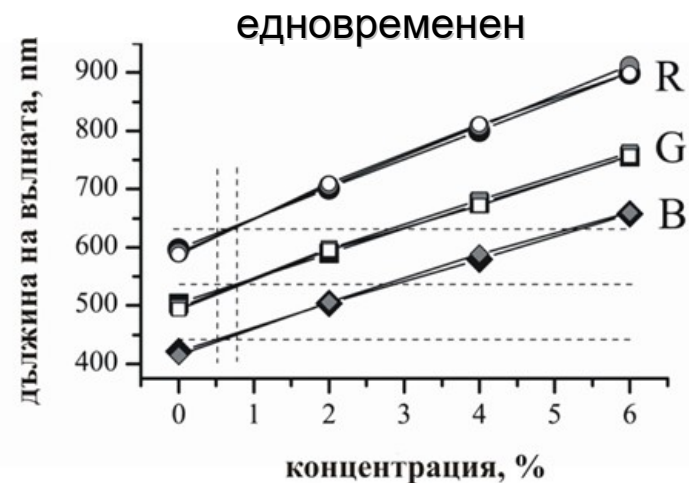
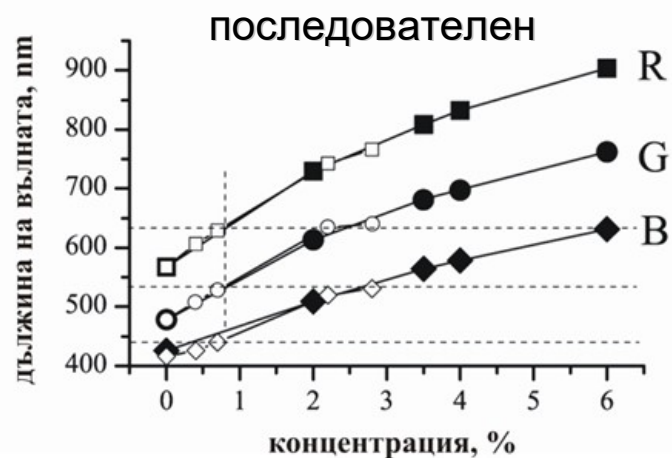
единични записи за трите дължини на вълните върху три плаки



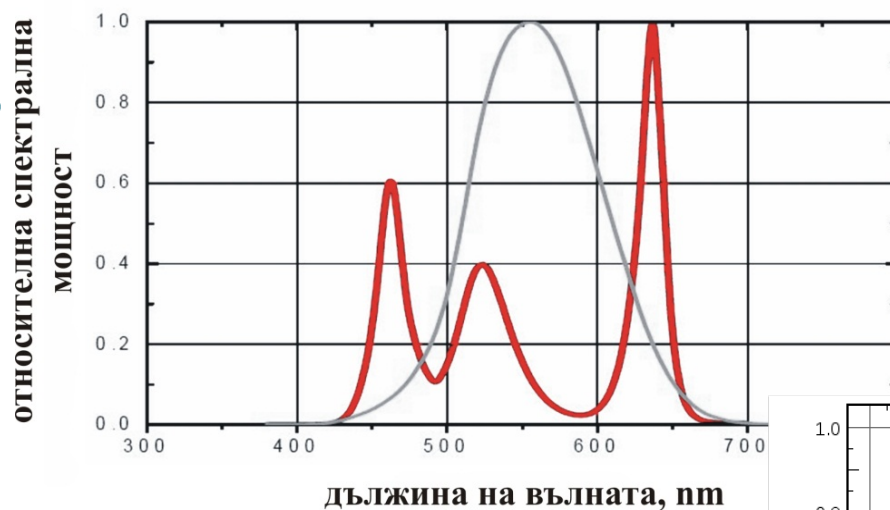
последователен запис върху една плака с трите дължини на вълните



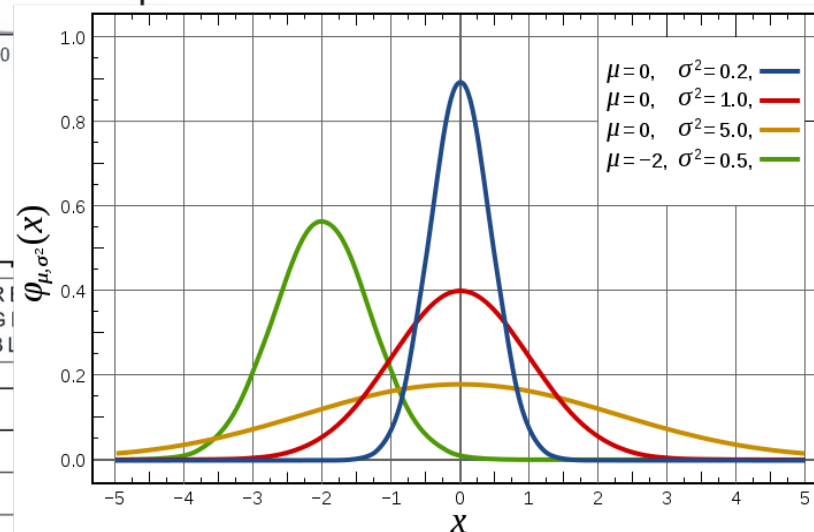
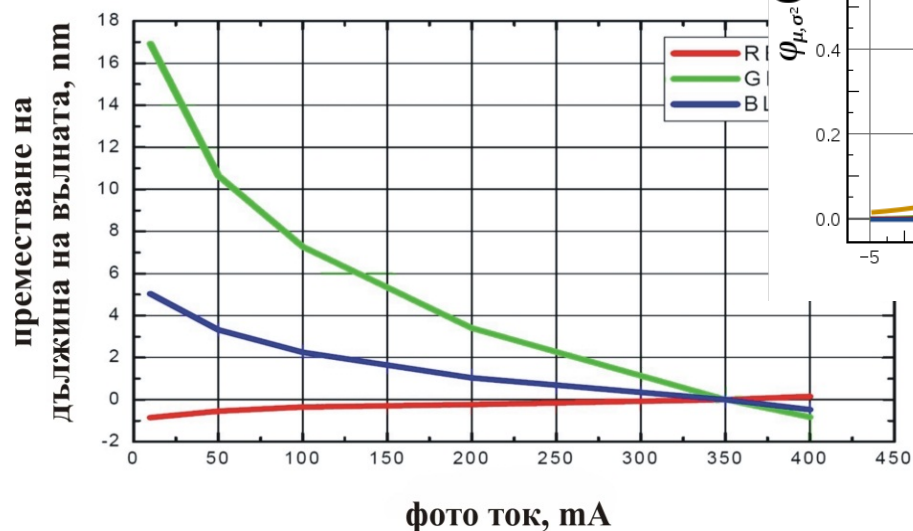
Кинетика на раздуването за възстановяване на RGB отражателни холограми



Цветови корекции на светлинни източници

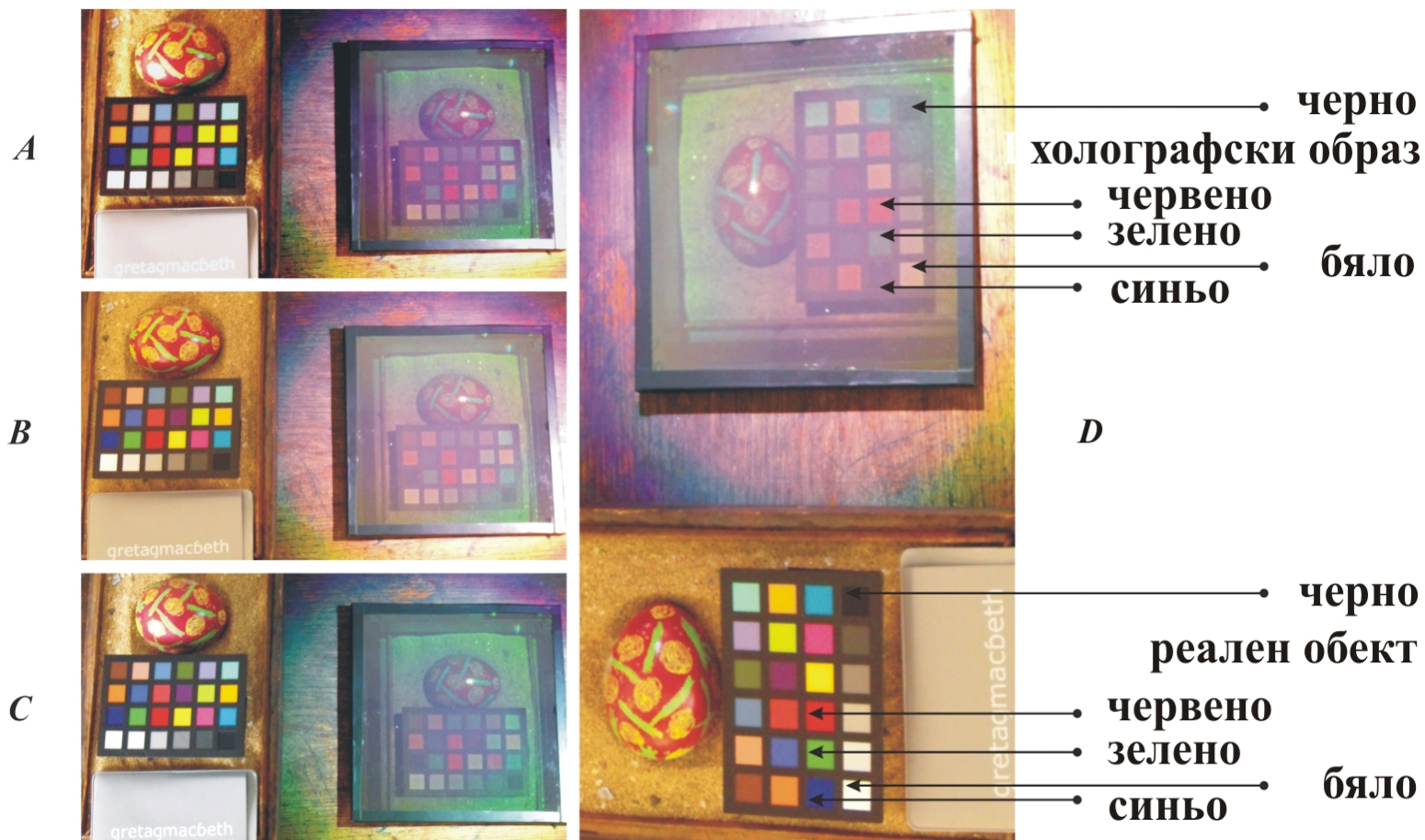


Спектър на излъчване на цветна матрица Z-power LED (червената линия). Със (сива линия) е показано гаусовото разпределение при излъчване на спектъра от бяла светлина.



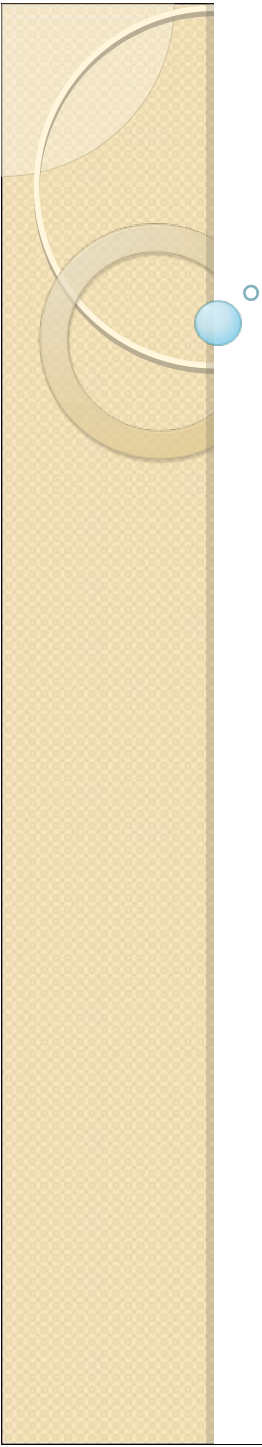
производител:
Seoul SemiConductors

Цветови корекции при възстановяване



A – повишена R компонента
B – балансиран RGB компоненти
C – повишени GB компоненти

Отклонение в цветовете
R – 6 %, G – 23%, B – 1 %



Благодаря за вниманието !