



ИОМТ

Институт по оптически материали и
технологии (ИОМТ)
Българска Академия на науките



доц. д-р Наталия Берберова-Бухова

ПУБЛИЧНА АКАДЕМИЧНА ЛЕКЦИЯ

съгласно чл. 24, ал. 7 от Правилник за условията и реда
за придобиване на научни степени и за заемане на
академични длъжности в ИОМТ – БАН



**В света на холографията:
история, лични приноси,
бъдещи планове**

СЪДЪРЖАНИЕ



01

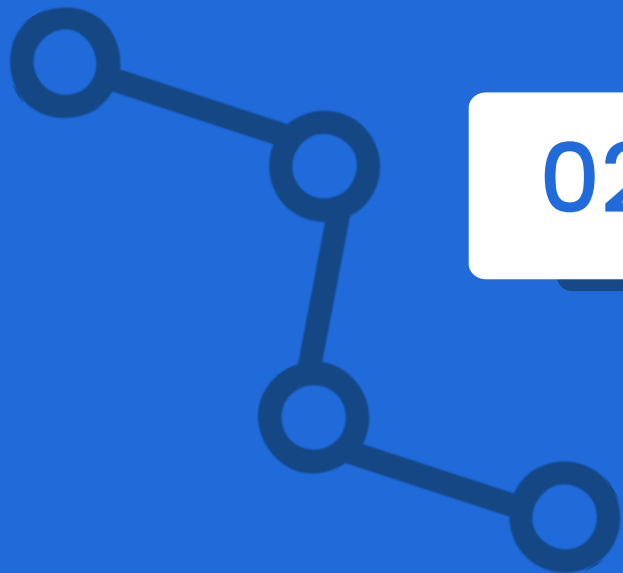
Исторически
преглед

02

Лични
приноси

03

Бъдещи планове



ВЪВЕДЕНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ

01

ИСТОРИЧЕСКИ
ПРЕГЛЕД

ВЪВЕДЕНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ



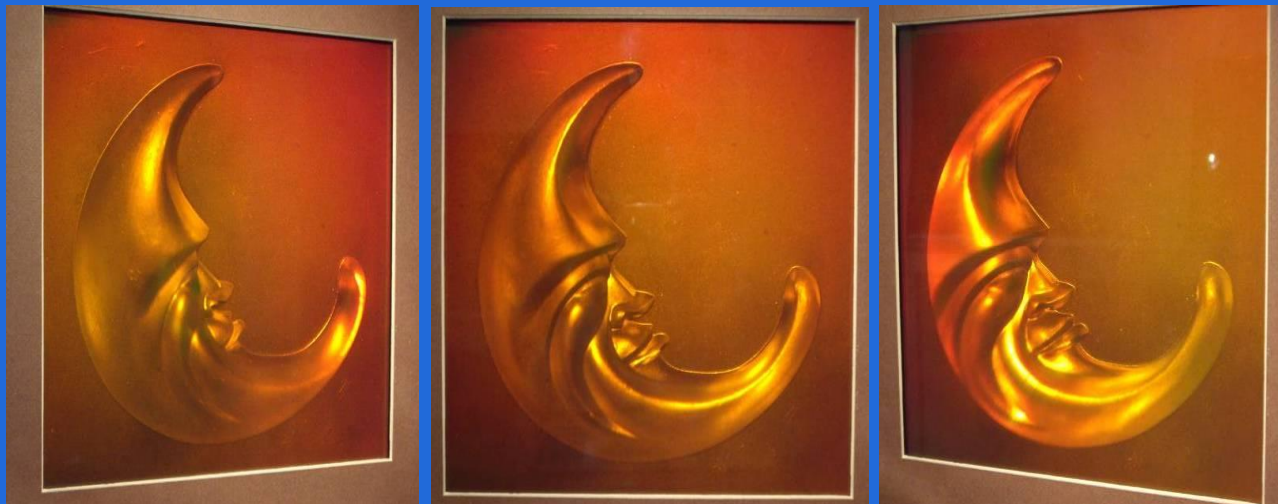
- Какво е холография?
- Учени в холографията
- Холографията и поляризационна холография – основни принципи
- Материали(среди) за запис в поляризационната холография





Какво е холография?

Холография (ὅλος - *holos* – цял + γράφ - *graphe* – пиша)



Учени в холографията



1948 Денис Габор (Нобелова награда по физика за 1971)



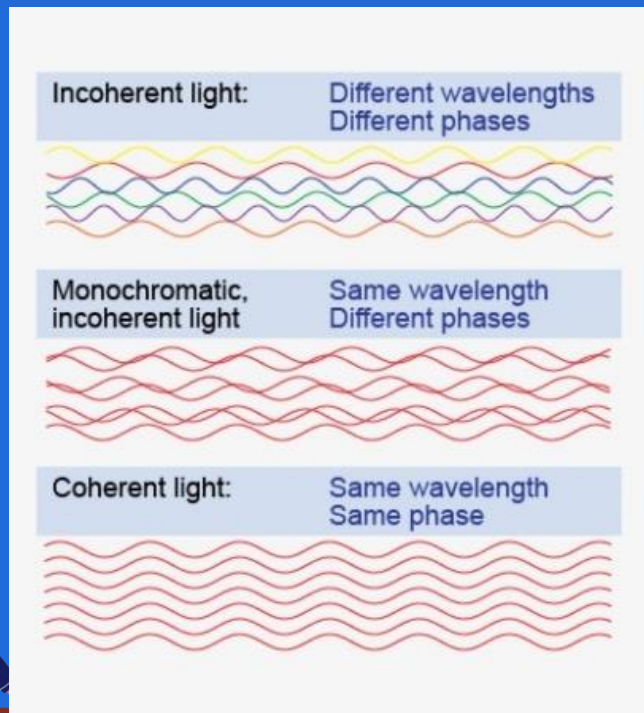
Емет Лейт и Юри Упатниекс – 1962 – извън осева холограма



Юрий Денисюк – 1962 – отражателни обемни холограми

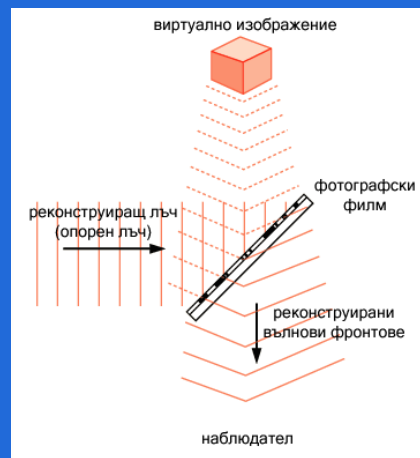
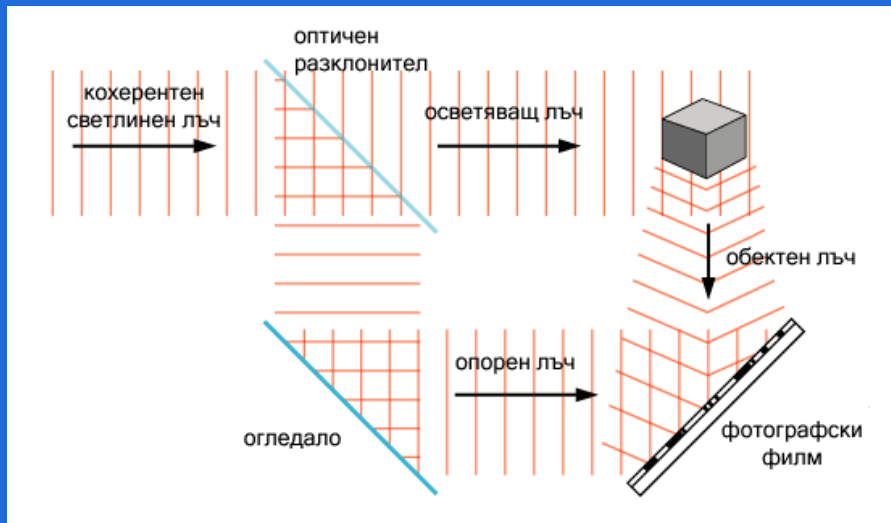


Физика в холографията



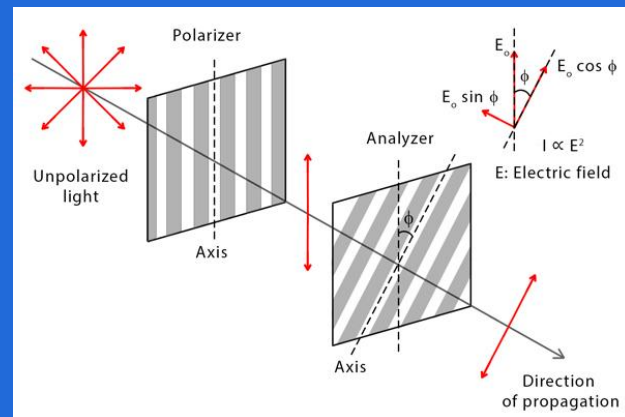
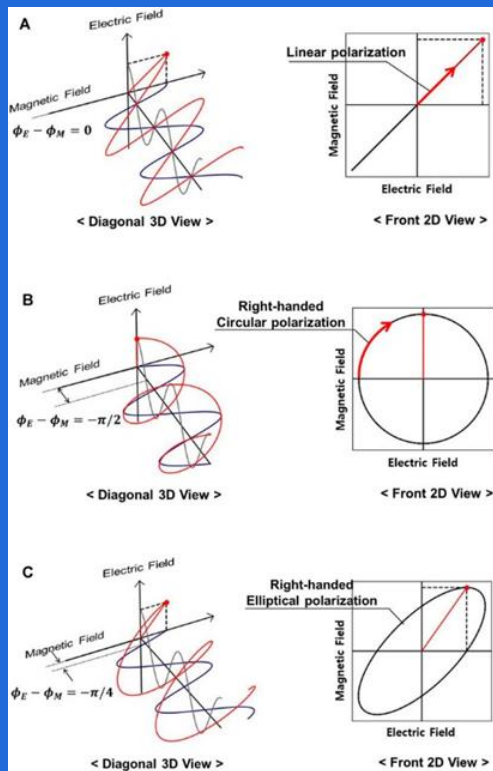
Светлина (кохерентна)

Запис на холограма - интерференция

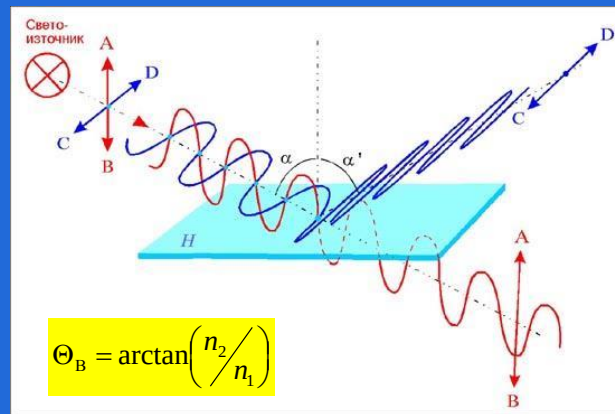


Възстановяване
на холограма -
дифракция

Поляризация на светлината



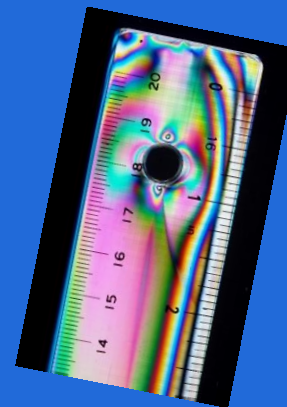
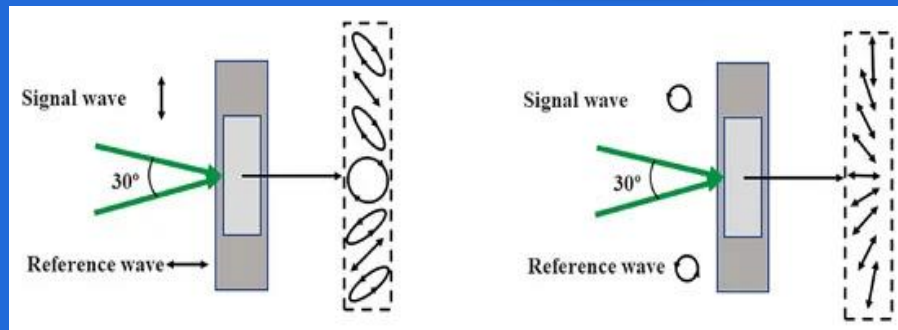
Поляризация на светлината – чрез поляризатор



Поляризация при отражение на вълните, падащи под ъгъл на Брюстер θ (когато $\alpha + \beta = 90^\circ$)



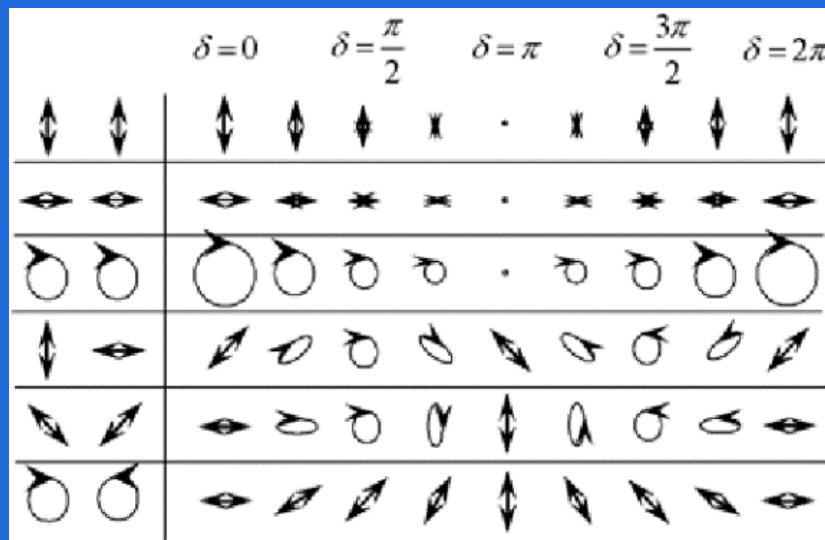
Интерференция на поляризирани вълни



Интерференция
на
поляризирани
вълни

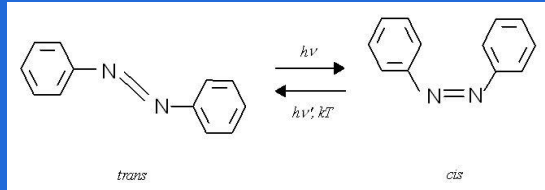
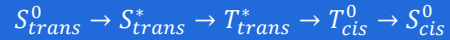


Необходими са
материали, които
могат да записват и
поляризацията на
светлината

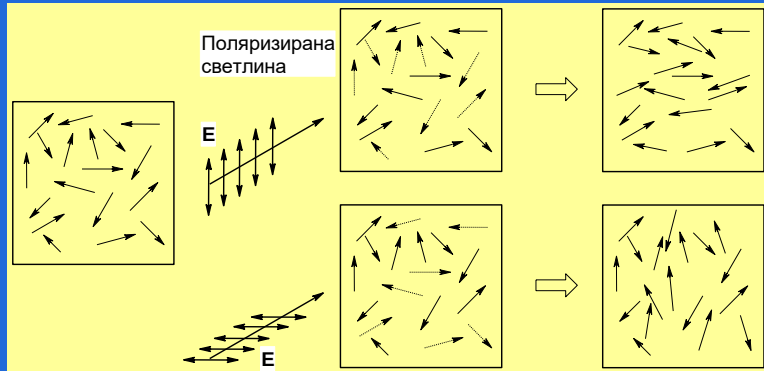


Фотоанизотропни материали (азополимери) – фотоиндуцирано двулъчепречупване и повърхностен релеф

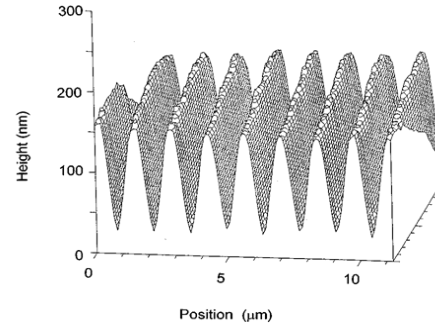
Фотоиндуцирано двулъчепречупване



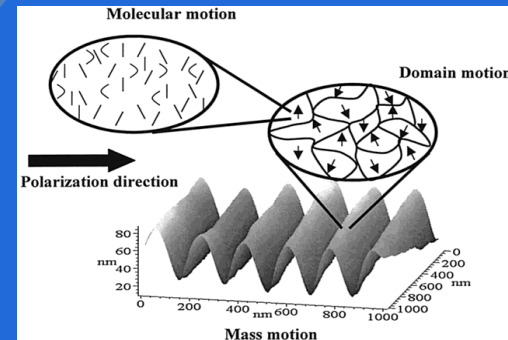
$$\Delta n_{\text{lin}} = n_{\parallel} - n_{\perp}$$



Повърхностен релеф



AFM изображение на повърхностен релеф в поляризационна дифракционна решетка (горе) и схема на различните видове движения в азополимерни слоеве при осветяване с поляризирана светлина (дясно).



приноси

приноси

приноси

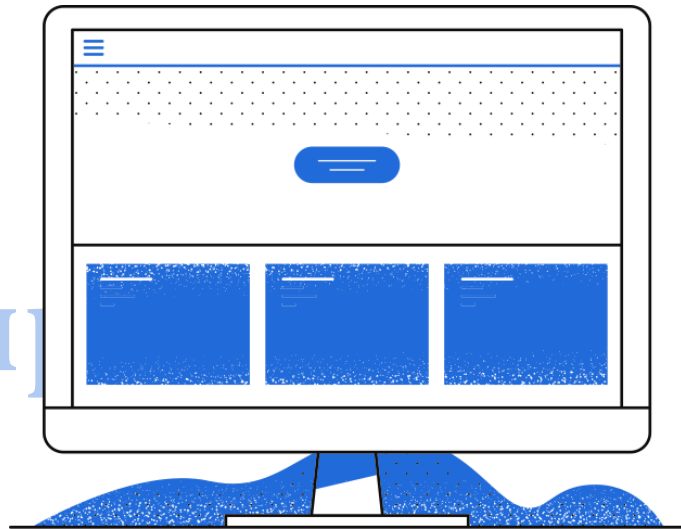
приноси

приноси

приноси

приноси

приноси



02

Лични приноси

Подобряване на оптични свойства на материалите за поляризационен холографски запис чрез добавянето на НЧ;



Обратим поляризационен холографски запис и анализ на параметрите на получените дифракционни решетки;



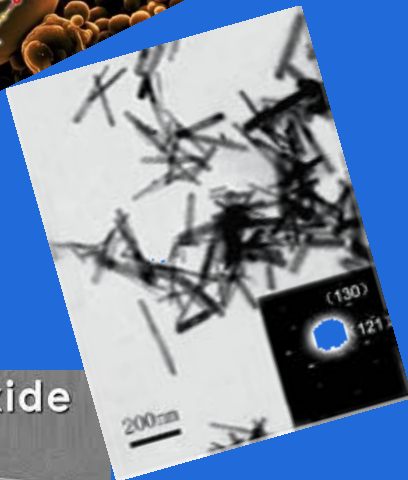
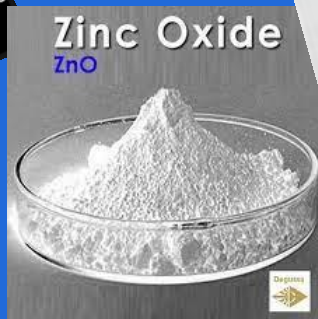
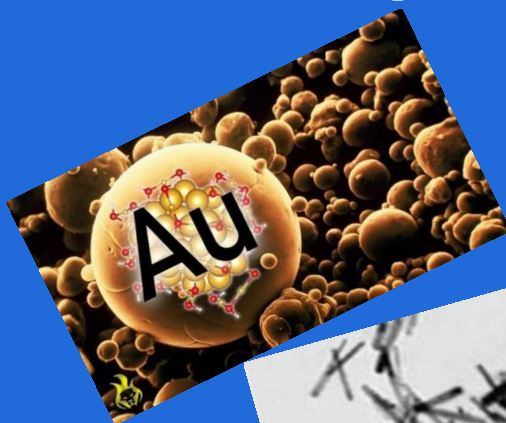
Динамичен спекъл анализ и приложението му за безразрушителен контрол при бързопроменящи се процеси. Числени методи за обработка на изображения;



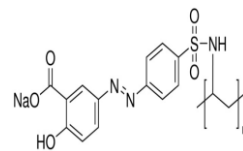
Моделиране на оптичния отклик на повърхностно-релефни дифракционни решетки чрез вариране на параметрите им. Моделиране на оптични константи;



Подобряване на оптични свойства на материалите за поляризационен холографски запис чрез добавянето на НЧ



полимер



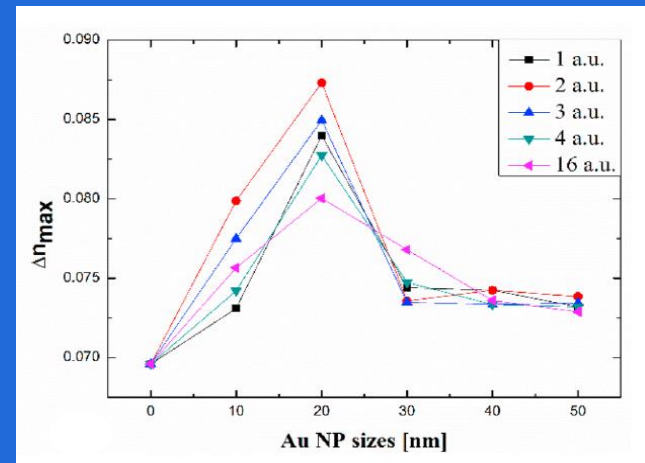
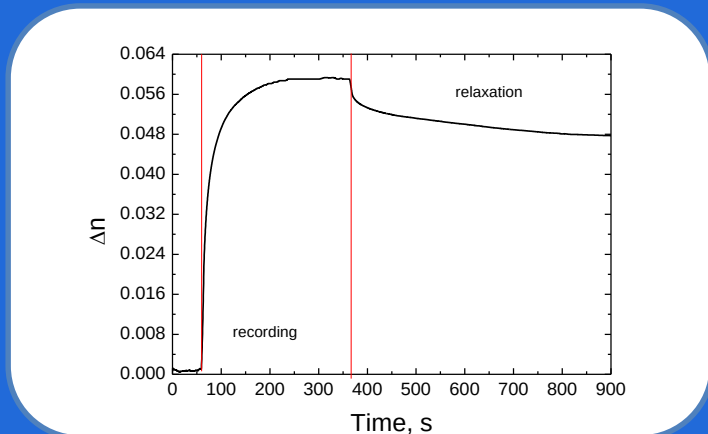
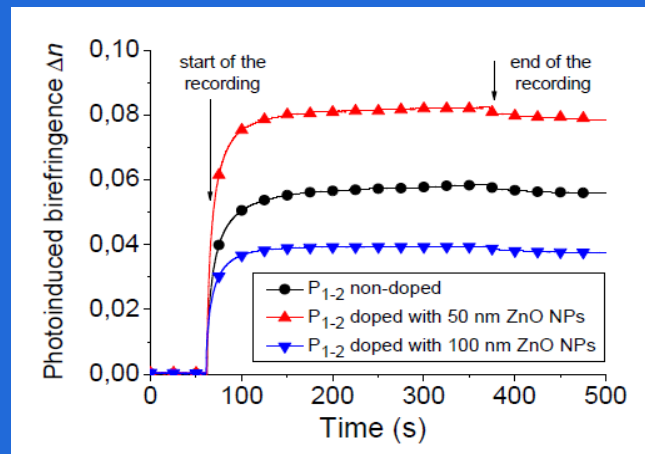
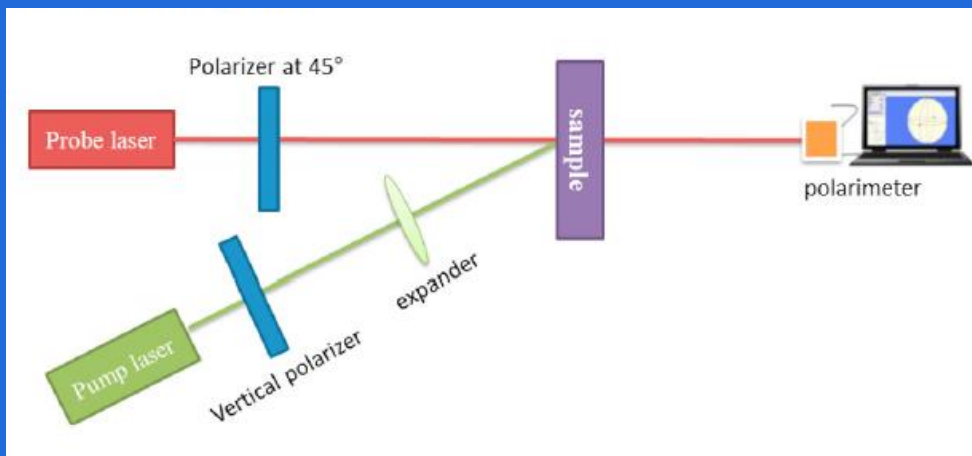
- PAZO - Poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo)benzenesulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt] (Sigma-Aldrich)

- аморфни азополимера P_1 , P_{1-2}

наночастици

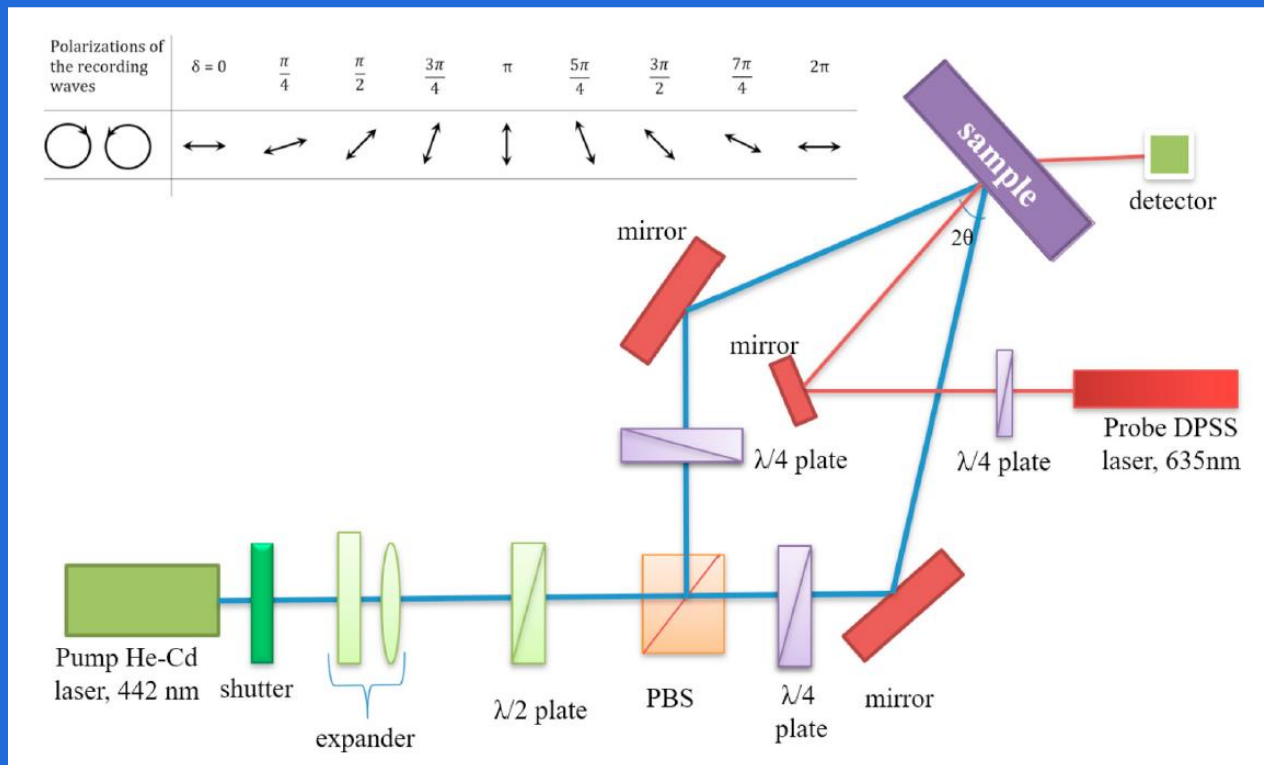
- златни сфери Au (10nm, 20nm, 30nm, 40nm, 50nm)
- ZnO (<50nm)
- TiO₂ (20nm)
- биоактивни комплекси на базата на медни и никелови йони
- гьотитни (α -FeOOH) нанопръчици

Измерване на фотоиндуцираното двулъчепречупване в реално време



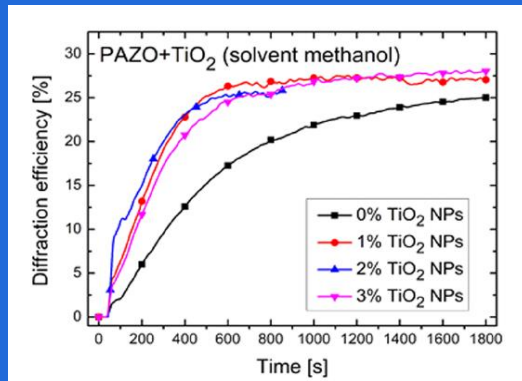


Оптическая схема за поляризационен холографски запис

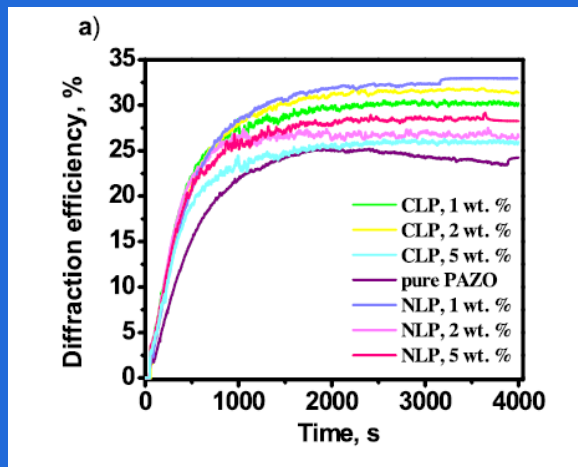




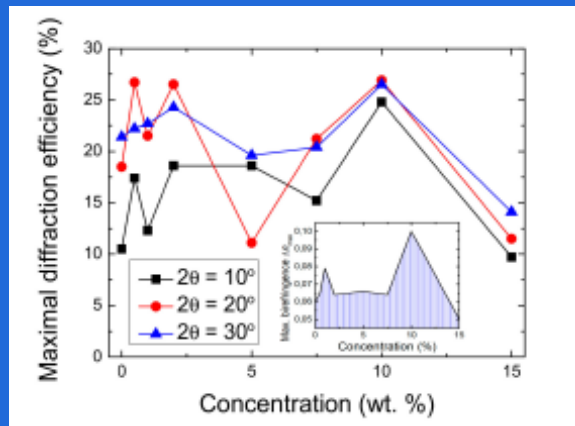
Влияние на размера и концентрацията на НЧ върху оптичния отклик на материала



PAZO, дотиран с TiO₂ НЧ (21 nm)



азополимер PAZO, дотиран с биоактивни комплекси на базата на медни и никелови йони



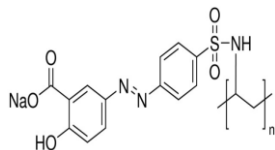
азополимера PAZO, дотиран с гъотитни нанопръчици с размери приблизително 15 x 150 nm (1:10)

Формулирана е хипотеза за зависимостта на двулъчепречупването от размера на дотираните НЧ. Увеличението на Δn за тези нанокоспозити се дължи в по-голяма степен на ефекта на свободния обем, който внасят допълнително наночастиците, отколкото на разсейването на светлината от тях



Обратим поляризационен холографски запис

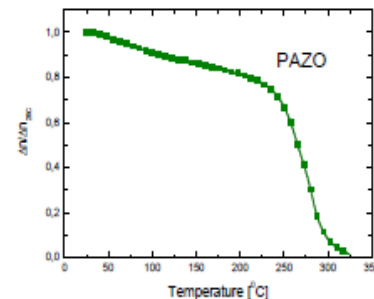
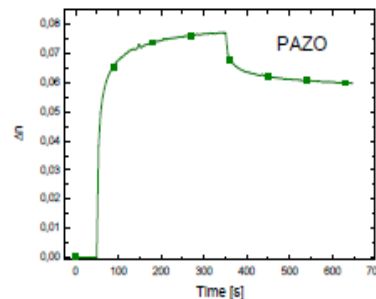
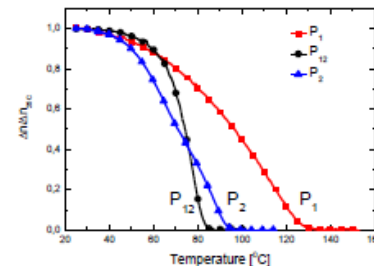
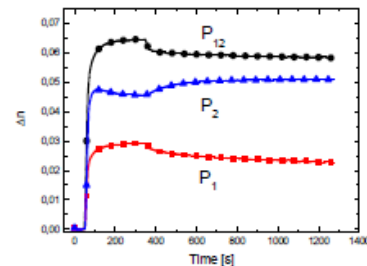
азополимери



- **PAZO** - Poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo)benzenesulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt] (Sigma-Aldrich)

- аморфни азополимера P_1 , P_{1-2}
- течно кристален полимер P_2

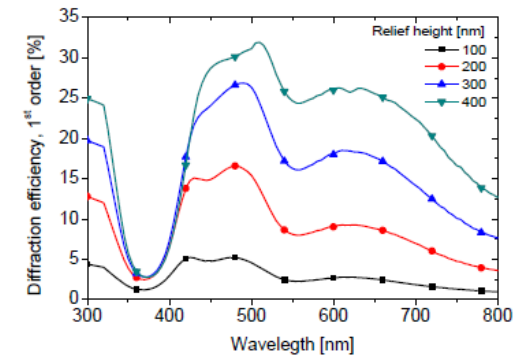
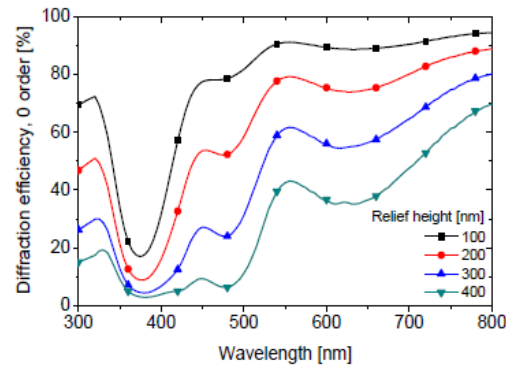
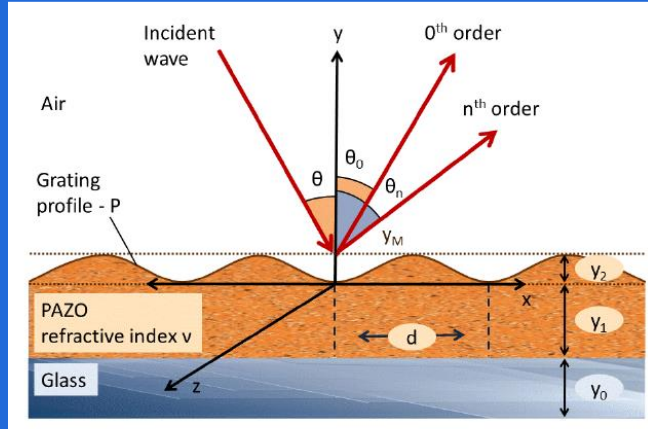
Polymer	Thickness d [nm]	Δn_{max}	τ [s]	r [%]	$T_{50\%}$ [°C]	T_{erase} [°C]
P_1	950	0.029	18	78 (900 sec)	97	130
P_{12}	700	0.065	18	90 (900 sec)	74	85
P_2	950	0.047	18	111 (900 sec)	71	95
PAZO	500	0.077	26	77 (300 sec)	265	320



P_1 , P_{1-2} и P_2 могат да бъдат изтривани многократно и термично и оптично, докато полимера PAZO може да бъде изтриван само оптично.



Моделиране на оптичния отклик от повърхностно-релефни дифракционни решетки чрез вариране на параметрите им (пространствена честота, височина и форма на релефа на повърхностната решетка)

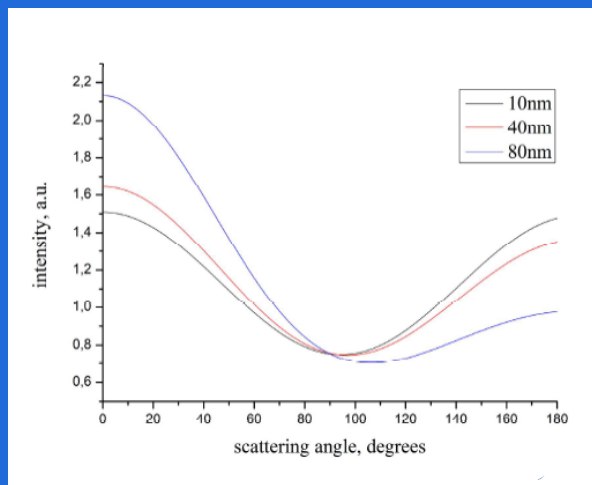




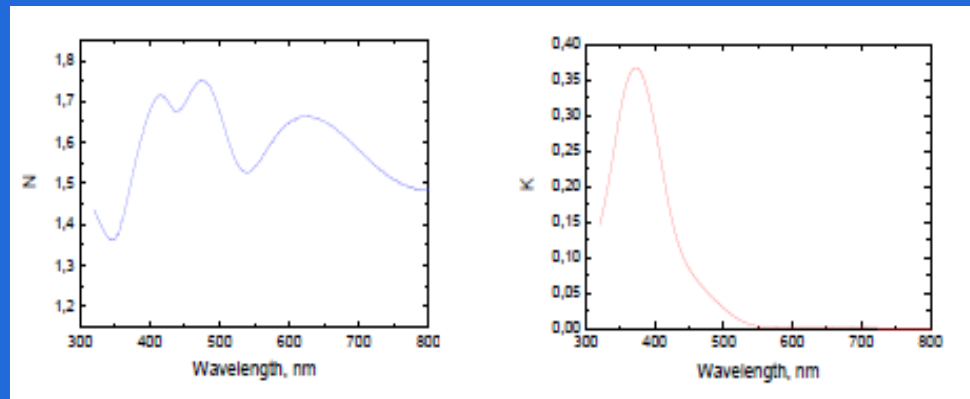
Моделиране на оптични константи и комплексния показател на пречупване за нанокompозитни среди

- ❖ Разработен е модел за оценка на оптичния отклик на азополимерен PAZO слой, дотиран с TiO_2 сферични частици със среден радиус от 10 до 80 nm

$$\begin{pmatrix} I_s \\ Q_s \\ U_s \\ V_s \end{pmatrix} = \frac{1}{k^2 r^2} \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_i \\ Q_i \\ U_i \\ V_i \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & 0 & 0 \\ P_{12} & P_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{33} & P_{34} \\ 0 & 0 & -P_{34} & P_{33} \end{pmatrix}$$



- ❖ Разработен е модел за определяне на оптичните константи на азополимерен слой PAZO

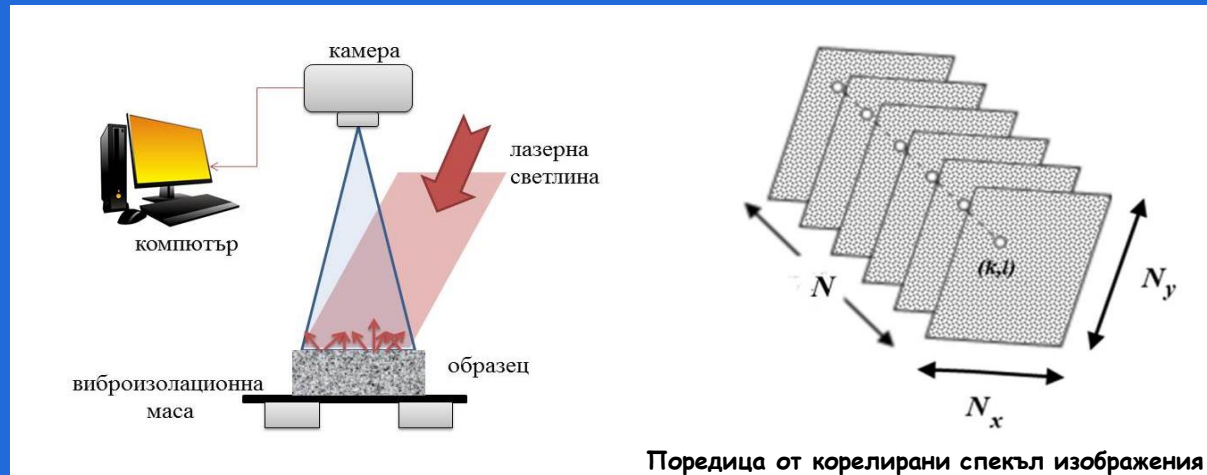
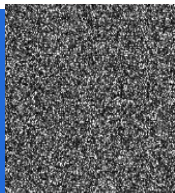


$$N_{\text{eff}} = N_{\text{PAZO}} \frac{1 + i\pi f S(0) / k^3 v_p}{1 - i\pi f S(0) / k^3 v_p}$$

Динамичен спекъл анализ и приложението му за безразрушителен контрол при бързопроменящи се процеси (съхнене на полимерни тънки слоеве и др.). Числени методи за обработка на изображения



СПЕКЪЛ



Поредица от корелирани спекъл изображения

Приложения:

В **медицината** – скорост на кръвопоток, активност на мускули;

В **земеделието** – растеж и зреене на растения (структурна и биологична активност), за контрол на качеството при плодове и зеленчуци, третиране на листа с химикали;

В **хранително-вкусова промишленост** – процес на топене на сладолед, прогноза за влошаване на телешко месо, процес на изстиване на хляб;

Разработени са алгоритми за подобряване на визуализация на картата на активността (повишаване на контраста) чрез статистическа обработка на спекъл изображения

N спекъл картини, записани през равни интервали време: стойностите на интензитета във всяка точка образуват времева реализация $[I_1, I_2, \dots, I_N]$

Обобщена разлика (ОР):

$$GD(k, l) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N |I_{kl,i} - I_{kl,j}|$$

Модифицирана обобщена разлика (МОР): **w** – размер на плъзгащ прозорец

$$MGD(w, k, l) = \sum_{i=1}^{N-w} \sum_{j=i+1}^{i+w} |I_{kl,i} - I_{kl,j}|$$

Структурна функция (СФ):

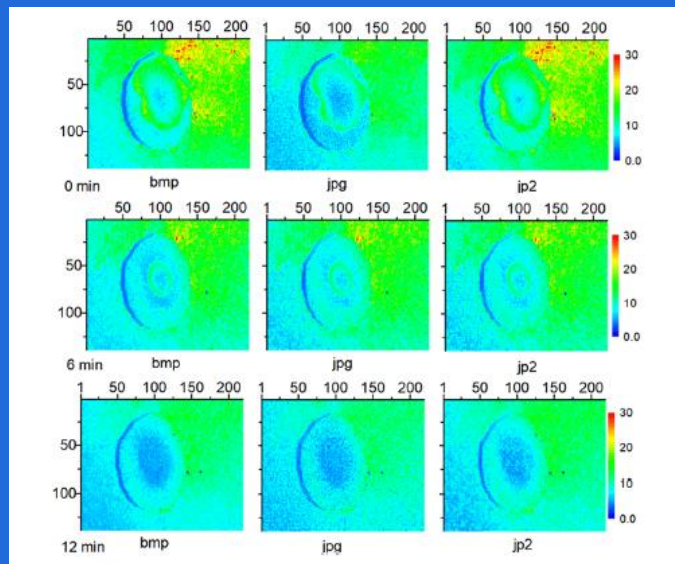
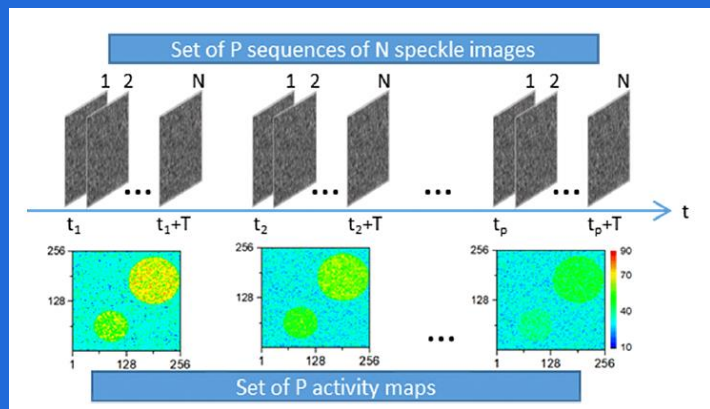
$$SF(k, l, lag) = \frac{1}{N - lag} \sum_{i=1}^{N-lag} (I_{kl,i} - I_{kl,i+lag})^2$$

Модифицирана структурна функция(МСФ):

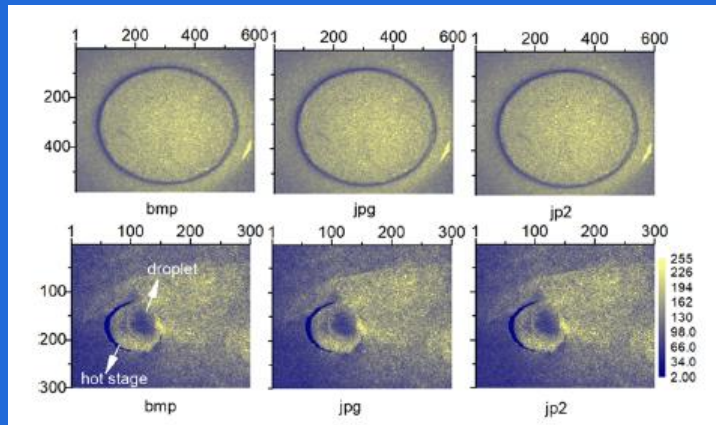
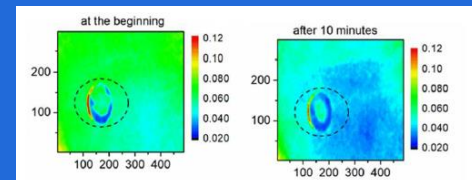
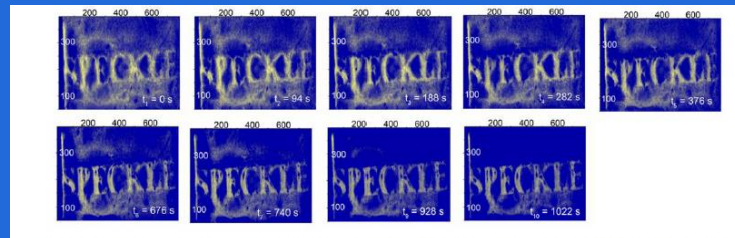
$$MSF(k, l, lag) = \sum_{i=1}^{N-lag} |I_{kl,i} - I_{kl,i+lag}|$$

Времева корелационна функция:

$$\hat{C}_{norm}(k, l, m) = \frac{1}{(N - m)\hat{v}_{kl}} \sum_{i=1}^{N-m} (I_{kl,i} - \hat{I}_{kl})(I_{kl,i+m} - \hat{I}_{kl})$$



Приложение на динамичния спекъл анализ за безразрушителен контрол при бързопроменящи се процеси – съхнене на полимерни тънки слоеве и др.



ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

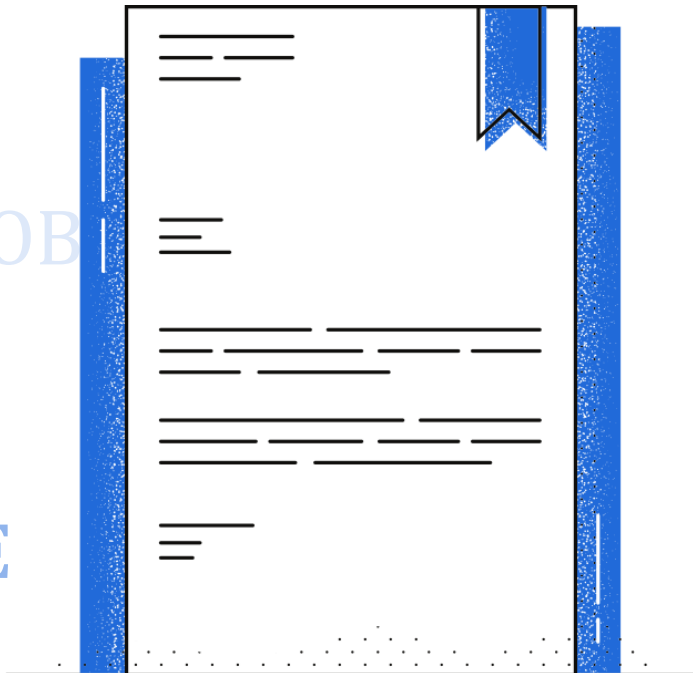
ОВЕ

ПЛАНОВЕ

ПЛАНОВЕ

03

Бъдещи планове

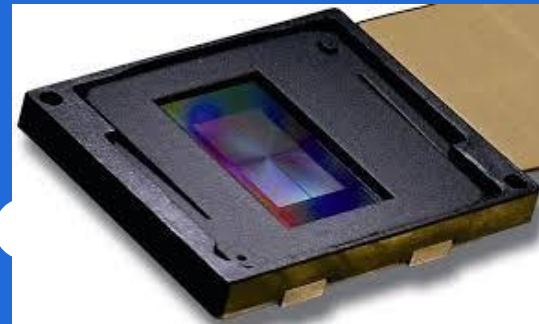


Приложения на SLM



Приложения:

- цифрова холография и визуализиране на обекти (холографски дисплей)
- формиране на светлинни снопове за cell trapping
- оптична метрология - създаване на оптични дифракционни елементи



SLM – spatial light modulator

Цифрово двуизмерно
кодиране на
комплексната
амплитуда на
светлинното поле

$$A(x, y) = a(x, y)e^{i\varphi(x, y)}$$

SLM

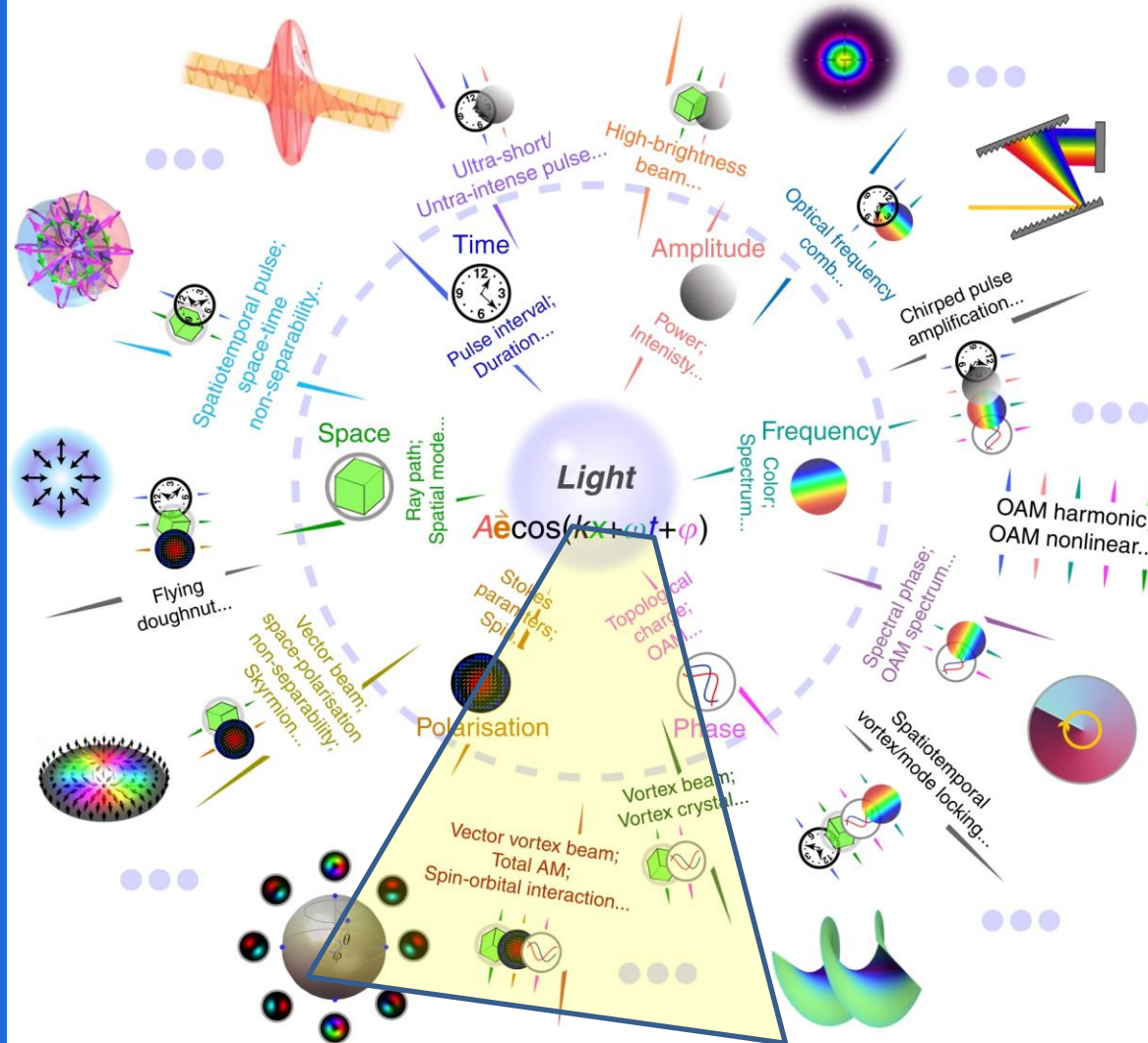
Кохерентно осветяване

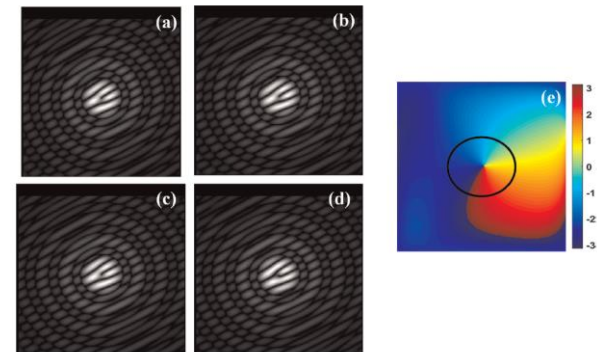
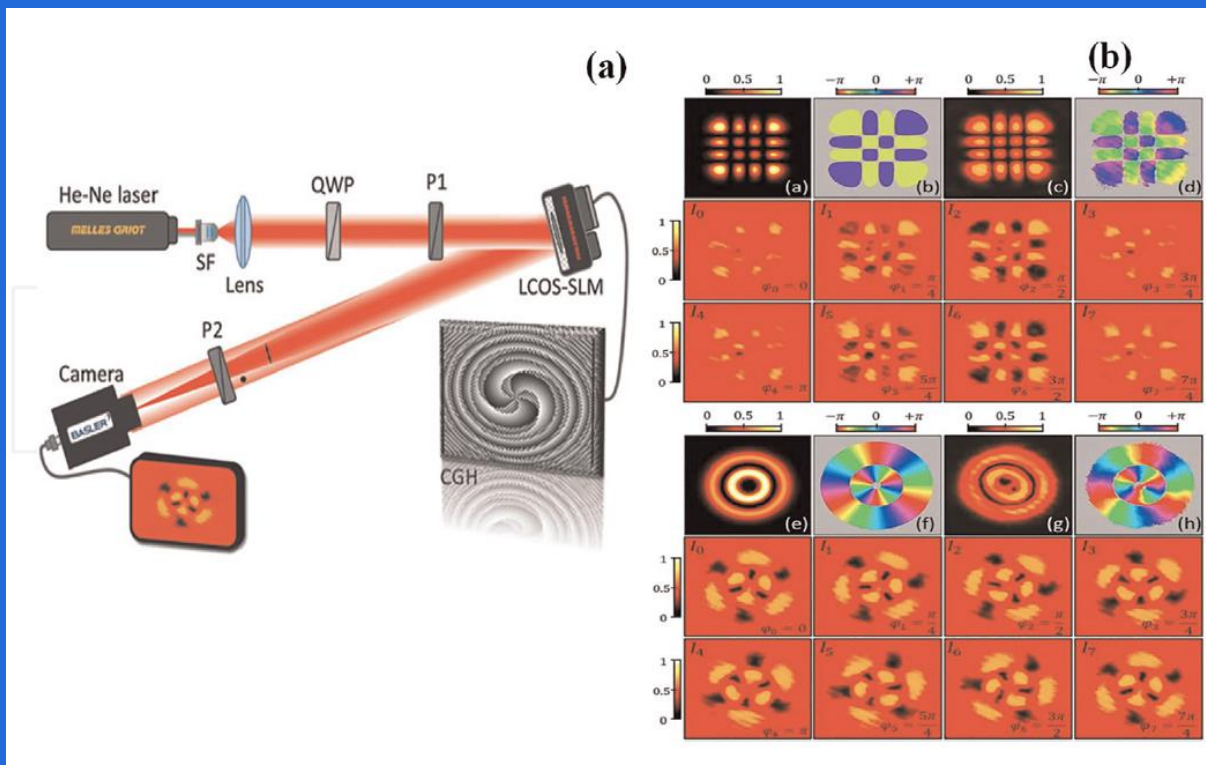
- кодиране по амплитуда
- кодиране по фаза

Вълнов фронт с
желаната форма

Предимства – гъвкавост при управлението на вълновия фронт и бързодействие







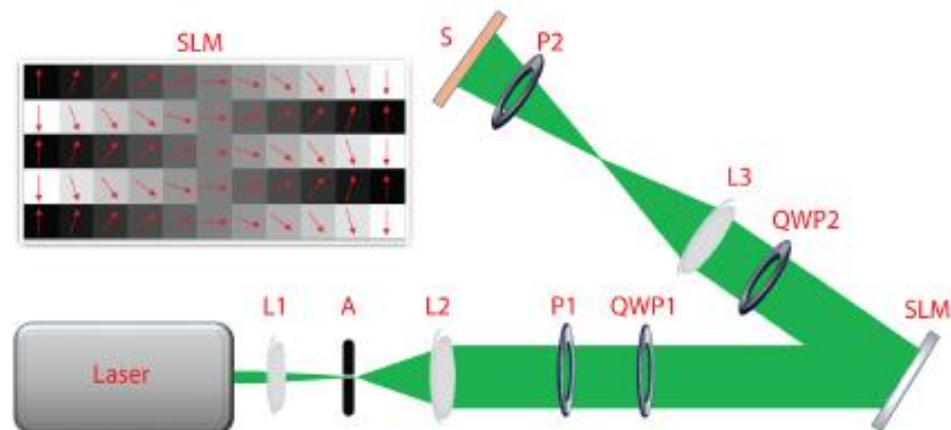
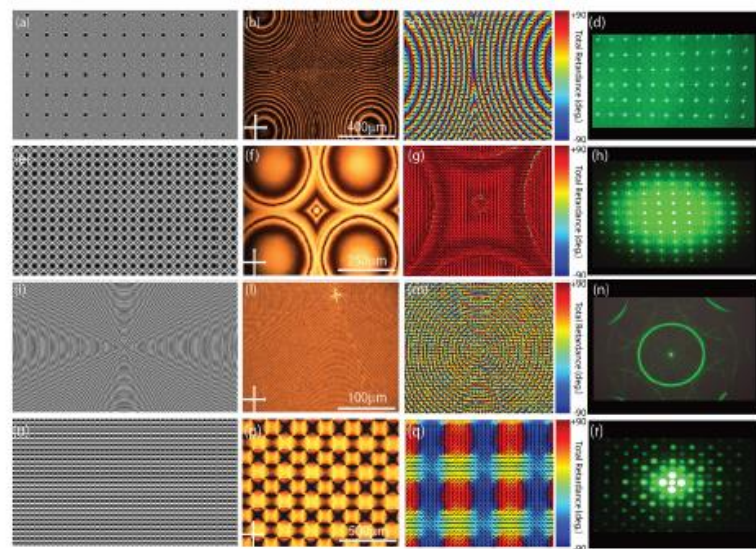
Chapter

Spatial Light Modulators and Their Applications in Polarization Holography

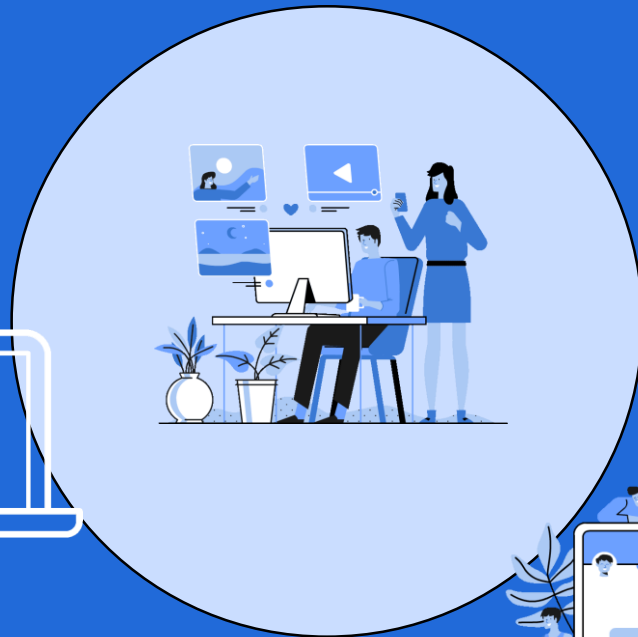
Vipin Tiwari and Nandan S. Bisht

Digital polarization holography advancing geometrical phase optics

LUCIANO DE SIO,^{1,*} DAVID E. ROBERTS,¹ ZHI LIAO,¹ SARIK NERSISYAN,¹ OLENA USKOVA,¹ LLOYD WICKBOLDT,¹ NELSON TABIRYAN,¹ DIANE M. STEEVES,² AND BRIAN R. KIMBALL²



Благодаря



за вниманието