

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ СВІТЛА В СТРУКТУРІ СКЛО–ХОЛЕСТЕРИЧНИЙ РІДКИЙ КРИСТАЛ–СКЛО

З. Микитюк, А. Фечан, О. Сушинський, О. Ясиновська, В. Левенець, Ю. Баштик

Національний університет “Львівська політехніка”
вул. С. Бандери 12, 79013, Львів, Україна

(Отримано 16 травня 2011 р.)

Із використанням спеціалізованого програмного продукту Zemax проведено комп'ютерне моделювання поширення і “змішування” світла в скляних пластинах. Проведені дослідження розподілу інтенсивності розсіювання світлового випромінювання в оптичному елементі на основі структури скло–холестеричний рідкий кристал–скло. Проаналізовані особливості використання тонких та широких джерел випромінювання для таких структур. Показано можливість реалізації на основі запропонованих структур технології повного динамічного контрасту.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, холестеричний рідкий кристал, динамічний контраст.

PACS: 61.30

УДК: 621.38 : 537.533.3 : 532.783

Вступ

Одним з перспективних напрямків розвитку засобів відображення інформації (ЗВІ) колективного користування є застосування електрокерованих світло-розсіювальних структур на основі рідкокристалічних (РК) матеріалів. Пристрої на їх основі відзначаються високим коефіцієнтом заповнення, можливістю реалізації повного динамічного контрасту, широким кутом огляду тощо [1].

Експериментальна частина

Особливістю конструкції таких пристроїв є те, що піксель зображення не розділяється на субпікселі базових кольорів, а сам процес “змішування” кольорів відбувається безпосередньо в нижній підкладці оптичного елемента та електрокерованому розсіювальному шарі РК (рис. 1).

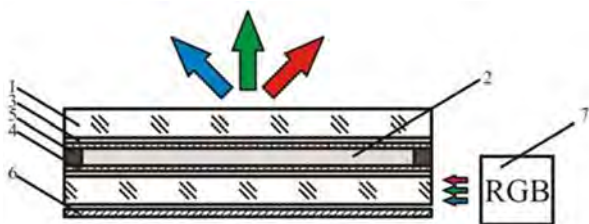


Рис. 1. Схематичне зображення пікселя ЗВІ: 1 – скляні пластини; 2 – РК; 3 – прозорі електроди; 4 – орієнтуючі шари; 5 – спейсери; 6 – дзеркальний шар; 7 – RGB-світлодіод

Світлове випромінювання трьох базових кольорів вводиться безпосередньо в скляну підкладку.

Внаслідок різниці показників заломлення (для скла $n = 1,5$, а для РК матеріалу середнє значення становить $n_{\text{сер}} = 1,63$) світловий потік потрапляє в шар холестеричного РК і розсіюється в ньому. Після прикладення електричного поля, яке перевищує порогове значення, холестерична структура руйнується і переходить у гомеотропний нематик ($n_{\text{сер}}$ міняється на $n_{\parallel} = 1,725$), у якому шар РК стає оптично прозорим і світлове випромінювання поширюватиметься вздовж нього без розсіювання. У цьому разі структура скло–РК–скло виконуватиме функцію планарного світловоду [2]. Після зняття електричного поля прозора текстура нематика змінюється на розсіювальну конфокальну текстуру індукваного холестерика з оптичними неоднорідностями. Світлове випромінювання, проходячи крізь таку структуру, розсіюється на оптичних неоднорідностях шару РК і в такий спосіб випромінювання поширюється до спостерігача, який перебуває під прямим кутом до напрямку його поширення [1].

Однак у таких структурах рівномірність свічення пікселя та кут огляду визначаються переважно характеристиками розсіювального шару та взаєморозташуванням джерел випромінювання базових кольорів. Поліваріантність окремих елементів системи підсвічування утруднює проведення експериментальних досліджень, тому актуальним є моделювання поширення випромінювання в таких структурах. Ця робота присвячена моделюванню поширення та “змішування” світлового потоку в планарній структурі і проводилась задля вибору джерела та системи введення світлового випромінювання в оптичний елемент. Під час моделювання нами не враховувались

розсіювальні властивості РК матеріалів, що відповідає гомеотропному стану шару немато-холестеричної суміші, а проводився лише просторовий розрахунок ходу променя планарною структурою. Таке спрощення моделі дало змогу проаналізувати принципову можливість створення оптичних елементів на запропонованих структурах.

Комп'ютерне моделювання поширення і “змішування” світла в скляних пластинах проводилось за допомогою спеціалізованого програмного продукту Zemax[®] [3]. Zemax[®] — це програмне забезпечення, яке широко використовується для оптичного моделювання. Програма створена Zemax Development Corporation of Bellevue, Washington. Вона використовується для моделювання і аналізу оптичних елементів, трасування непрямих променів випадкового світла, поширення випромінювання в межах фізичної оптики. Програма Zemax[®] використовується для моделювання оптичних систем, зокрема лінз і систем освітлення. За її допомогою можна змоделювати поширення світла через оптичні елементи: лінзи (зокре-

ма асферичні та градієнтні), дзеркала і елементи дифракційної оптики. За допомогою програми Zemax[®] можна змоделювати ефекти оптичних покриттів на поверхнях компонентів і створити стандартні діаграми розподілу інтенсивності для аналізу, зокрема точкові діаграми та тривимірні графіки. Вона включає розширену бібліотеку асортименту лінз від різноманітних виробників. Особливості поширення світла в межах фізичної оптики будуть корисними там, де необхідно враховувати дифракцію, зокрема поширення лазерних променів, голографію та введення світла до одномодових оптичних волокон. Програма Zemax[®] має потужні засоби для оптимізації моделювання лінз, автоматично коректує параметри для оптимізації продуктивності та зменшення аберацій [3].

Розглянуто модель одно- і двостороннього введення світлового потоку в скляну пластину для двох типів джерел випромінювання: тонкого (0,1 мм) і широкого (1,5 мм) (рис. 2-5).

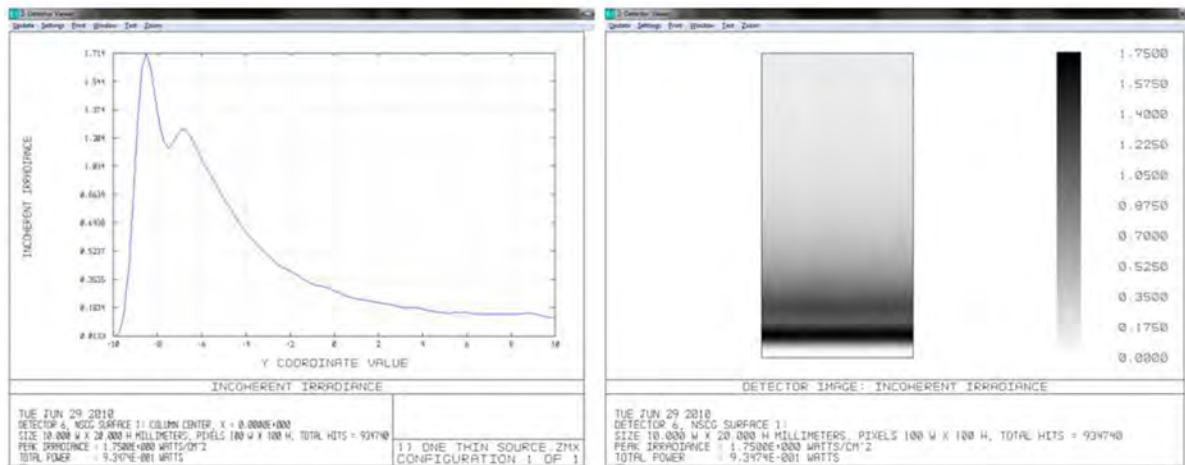


Рис. 2. Просторовий розподіл інтенсивності світла, яке потрапляє в рідкий кристал під час одностороннього введення світлового випромінювання, для тонкого джерела світла

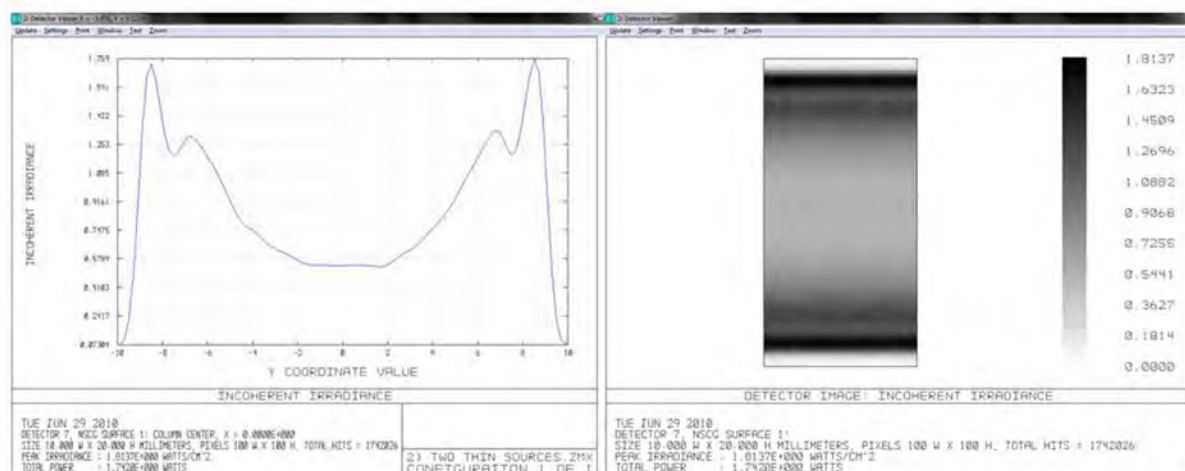


Рис. 3. Просторовий розподіл інтенсивності світла, яке потрапляє в рідкий кристал під час двостороннього введення світлового випромінювання, для тонкого джерела світла

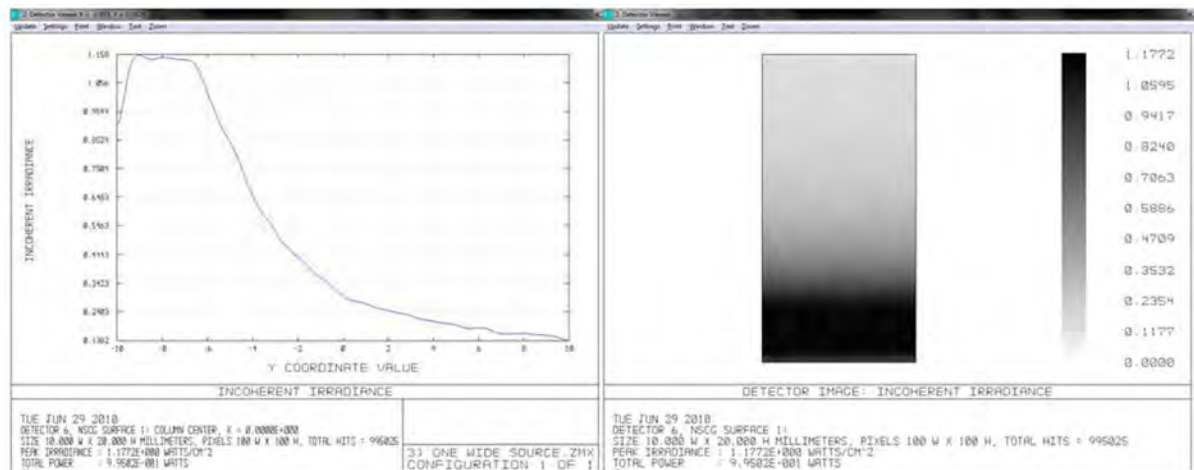


Рис. 4. Просторовий розподіл інтенсивності світла, яке потрапляє в рідкий кристал під час одностороннього введення світлового випромінювання, для широкого джерела світла

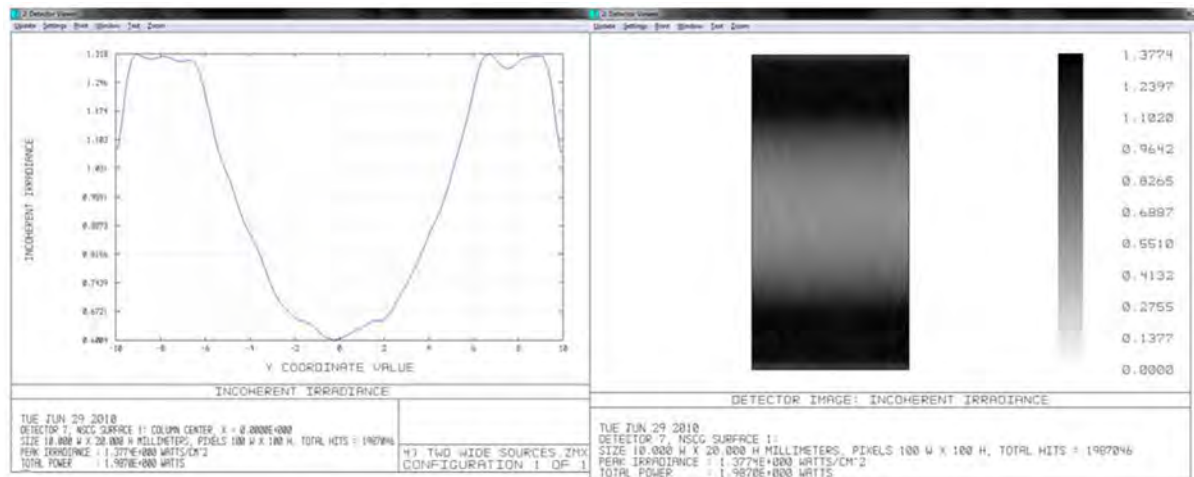


Рис. 5. Просторовий розподіл інтенсивності світла, яке потрапляє в рідкий кристал під час двостороннього введення світлового випромінювання, для широкого джерела світла

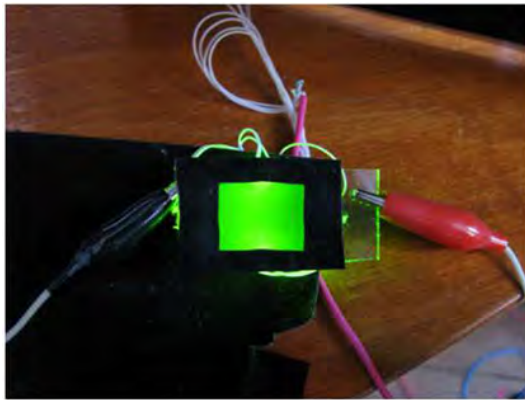
Як видно з отриманих залежностей, під час одностороннього введення випромінювання спостерігається експоненціальне зменшення інтенсивності зі збільшенням відстані від джерела випромінювання. Для тонкого протяжного джерела також спостерігається початкова ділянка різкого зростання інтенсивності від нуля до максимального значення. Ширина цієї ділянки визначається діаграмою напрямленості джерела випромінювання та його шириною в вертикальній площині. Крім того, другий максимум утворюється внаслідок наявності дзеркального шару в структурі. Ці неоднорідності можна усунути, використовуючи широке джерело випромінювання (рис. 4–5). Таким характеристикам відповідає випромінювання органічних напівпровідникових діодів.

Як видно із залежностей, двостороннє введення випромінювання з широкого джерела в оптичний елемент забезпечує однорідніший розподіл інтенсивності та призводить до збільшення області поширен-

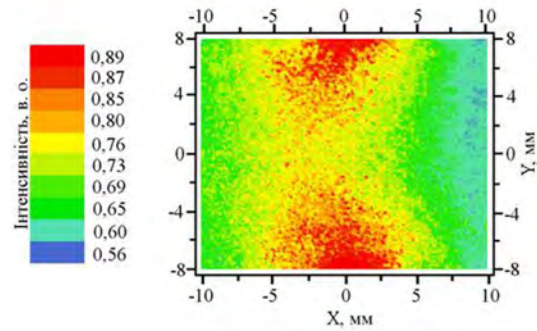
ня випромінювання оптичним елементом.

Розподіл інтенсивності в оптичному елементі є не менш важливим, ніж просторовий розподіл інтенсивності розсіяного конфокальною текстурою холестерика випромінювання. Дослідивши рівномірність розподілу інтенсивності в оптичному елементі, можна зробити висновок щодо застосування тих чи інших систем керування оптичним елементом. Змінюючи конструкцію системи підсвічування, форми прозорих електродів, параметри керуючого сигналу, а саме: тривалість імпульсу, різкість фронтів, амплітуду сигналу, підлинність сигналу, можна досягти рівномірнішого розподілу інтенсивності випромінювання, що призведе до розширення індикатриси розсіювання, а отже, величини кута огляду.

Дослідження розподілу інтенсивності в оптичному елементі проводилось із використанням вищеприказаних систем введення випромінювання в оптичний елемент.



(a)

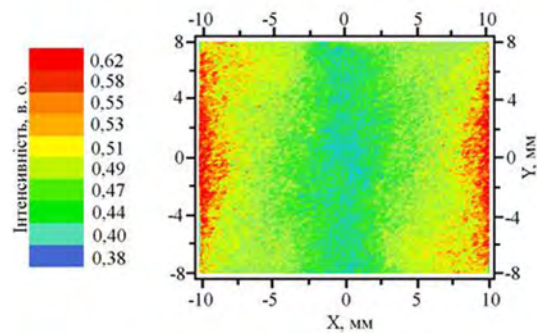


(b)

Рис. 6. Зовнішній вигляд кольорового оптичного елемента (a) та розподіл інтенсивності (b) під час відтворення зеленого кольору. Випромінювання вводиться за допомогою світлодіодів, розташованих по периметру



(a)

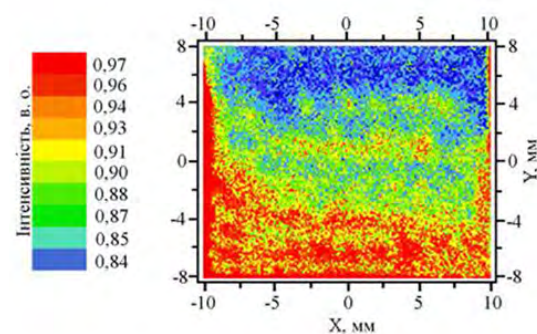


(b)

Рис. 7. Зовнішній вигляд кольорового оптичного елемента (a) та розподіл інтенсивності (b) під час відтворення червоного кольору. Випромінювання вводиться за допомогою світлодіодів, розташованих по периметру



(a)

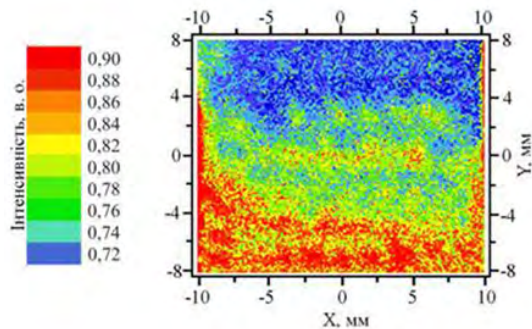


(b)

Рис. 8. Зовнішній вигляд кольорового оптичного елемента (a) та розподіл інтенсивності (b) під час відтворення зеленого кольору. Випромінювання вводиться за допомогою багатоканального оптичного світловоду



(a)



(b)

Рис. 9. Зовнішній вигляд кольорового оптичного елемента (а) та розподіл інтенсивності (б) під час відтворення червоного кольору. Випромінювання вводиться за допомогою багатоканального оптичного світловоду

Використаний нами метод дає змогу не лише створити ефективний однорідний за кольором оптичний елемент зображення, але й уможливує реалізацію технології повного динамічного контрасту. Адже в цьому разі інтенсивністю випромінювання, яке виходить з оптичного елемента, можна керувати не лише зміною керуючого сигналу на джерелах випромінювання (світлодіодах), але й зміною розсіювальних характеристик шару РК. Отриманий елемент зображення має високу однорідність пікселя та може використовуватися в інформаційних табло з високим коефіцієнтом заповнення. На рис. 6–9, а зображено світлини оптичного елемента випромінювання під час введення трьох базових кольорів.

Висновки

1. На основі комп'ютерного моделювання процесу поширення та змішування оптичного випромінювання в планарних структурах встановлено, що параметрами, які визначають такі характеристики оптичного елемента, як інтенсивність розсіювання та од-

норідність відтворення кольору, є показник заломлення нижньої скляної пластини, кут випромінювання світлодіода, кут введення випромінювання в планарну структуру, однорідність індикатриси випромінювання джерела світла та відстань між джерелами, змінюючи які, можна керувати областю “змішування” кольорів.

2. Досліджено розподіл інтенсивності розсіювання світлового випромінювання в оптичному елементі з планарною системою введення безпосередньо в нижню скляну пластину. Встановлено закономірності між розташуванням джерел випромінювання і розподілом інтенсивності в елементі. Показано, що застосування світлодіодів, розташованих по периметру нижньої світловодної пластини, для оптичного елемента розміром 20×16 мм призводить до зниження інтенсивності від максимального до мінімального в межах $37 - 51,6$ %. Застосування ж світловодної системи “змішування” і введення випромінювання в оптичний елемент забезпечує однорідніший розподіл інтенсивності, зменшення значення якої з одного кінця до іншого, для одностороннього введення в такий оптичний елемент, становить $13,4 - 20$ %.

Література

- [1] Готра З. Ю. Застосування електрокерованого світлорозсіювання в нематико-холестеричних сумішах для засобів відображення інформації / Готра З. Ю., Фечан А. В., Сушинський О. Є., Барило Г. І., Левенець В. В., Рудий А. М. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – № 2. – 2010. – С.139–144.
- [2] Mykytyuk Z. The Optical Element Based on a Planar Waveguide with Liquid Crystal Core / Z. Mykytyuk, A. Fechan, O. Sushynskyy, V. Gural // Molecular crystals and liquid crystals. – 2007. – V.467. – P.203–209.
- [3] <http://www.zemax.com>
- [4] Chert S.-A., Chuang K.-R., Chao C.-I., Lee H.-T., White-light emission from electroluminescence diode

with polyaniline as the emitting layer // *Synthetic Metals*. – 1996. – Vol.82. – P.207–210.

- [5] Руткевич А. Опыт разработки светодиодных систем отображения графической информации / А. Руткевич, В. Стешенко, Г. Шишкин // *CNIP NEWS*. – 2007. – №6(119). – С.36–40.

- [6] Измайлов Ч. А. Психофизиология цветового зрения

/ Измайлов Ч. А., Соколов Е. Н., Черноризов А. М. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 206 с.

- [7] Агафонов Д. Р. Вопросы конструирования и производства светоизлучающих диодов и систем на их основе / Д. Р. Агафонов, П. П. Аникин, С. Г. Никифоров // *Светотехника*. – 2002. – №6. – С.6–11.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА В СТРУКТУРЕ СТЕКЛО–ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ–СТЕКЛО

З. Микитюк, А. Фечан, О. Сушинский, О. Ясиновская, В. Левенец, Ю. Баштык

*Национальный университет “Львівська політехніка”,
ул. С. Бандеры, 12, Львов, 79013, Украина*

Проведено компьютерное моделирование распространения и "смешение" света в стеклянных пластинах с использованием специализированного программного продукта Zemax. Проведены исследования распределения интенсивности рассеяния светового излучения в оптическом элементе на основе структуры стекло-холестерический жидкий кристалл-стекло. Проанализированы особенности использования тонких и широких источников излучения для таких структур. Показана возможность реализации технологии полного динамического контраста на основе предложенных структур.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, холестерический жидкий кристалл, динамический контраст.

PACS: 61.30

УДК: 621.38 : 537.533.3 : 532.783

COMPUTER SIMULATION OF LIGHT PROPAGATION IN THE STRUCTURE OF GLASS–CHOLESTERIC LIQUID CRYSTAL–GLASS

Z. Mykytyuk, A. Fechan, O. Sushynsky, O. Yasynovska, V. Levenets, Yu. Bashtyk

*National University “Lvivska Politechnika”
12 S. Bandera Str., 79013, Lviv, Ukraine*

By using specialized Zemax[®] software were investigated the computer simulation of the propagation and “mixing” of light radiation in glass plates. The investigations are carrying out of scattering intensity distribution of light radiation in the optical element based on the structure of glass-cholesteric liquid crystal-glass. The peculiarities of application of thin and wide radiation sources are analyzed. The possibility of realization of full dynamic contrast technology of this structure is proposed.

Key words: computer simulation, cholesteric liquid crystal, dynamic contrast.

PACS: 61.30

УДК: 621.38 : 537.533.3 : 532.783