
СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

УДК 532.783

З. Ю. ГОТРА, А. В. ФЕЧАН, О. Є. СУШИНСЬКИЙ,
Г. І. БАРИЛО, В. В. ЛЕВЕНЕЦЬ, А. М. РУДИЙ

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОКЕРОВАНОВОГО СВІТЛОРОЗСІЮВАННЯ В НЕМАТИКО-ХОЛЕСТЕРИЧНИХ СУМІШАХ ДЛЯ ЗАСОБІВ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

*Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів, вул. С. Бандери, 12, 79013,
E-mail: zhotra@polinet.lviv.ua*

Анотація. Запропоновано кольоровий оптичний елемент зображення, який дає змогу утворити необхідний колір "змішуванням" трьох базових кольорів без створення окремих субпікселів. Показано, що отриманий елемент зображення має високу однорідність пікселя і на його основі можна створити інформаційні табло з високим коефіцієнтом заповнення. Завдяки ефекту пам'яті конфокальної текстури холестерика таке табло може працювати в стаціонарному режимі без прикладення електричного поля до холестеричного матеріалу.

Анотация. Предложен цветной оптический элемент изображения, позволяющий создать необходимый цвет "смешиванием" трех базовых цветов без создания отдельных субпикселей. Показано, что полученный элемент изображения имеет высокую однородность пикселя и на его основе можно создать информационные табло с высоким коэффициентом заполнения. Благодаря эффекту памяти конфокальной текстуры холестерика такое табло может работать в стационарном режиме без приложения электрического поля к холестерическому материалу.

Abstract. The work proposes a coloured optical element which allows to obtain a wanted colour by "mixing" three base colours without creating any separate subpixels. It was shown that the obtained picture element is highly homogeneous and it is possible to create informational board with high filling factor on basis of such picture elements. Due to memory effect of the cholesteric confocal texture such informational boards can work in stationary mode with no electric field applied to the cholesteric.

Ключові слова: холестерико-нематичний перехід, індикатриса розсіювання, система підсвічування, розсіювання

ВСТУП

Для виготовлення засобів відображення інформації невеликого розміру домінуючою технологією є рідкокристалічна електроніка. Для створення великих екранів і табло найчастіше використовується світлодіодна технологія [1]. Однак у великих світлодіодних екранах присутня висока "зернистість" зображення внаслідок малого коефіцієнта заповнення. Також спостерігається значне падіння контрасту у разі інтенсивного зовнішнього освітлення, викликане високим коефіцієнтом відбиття від конструктивних елементів світлодіодів.

Для вирішення цієї проблеми нами пропонується використовувати для створення нових оптичних елементів для великих екранів і табло ефект холестерико-нематичного переходу (ХНП) в поєднанні зі світлодіодною системою підсвічування. Ефект ХНП супроводжується зміною оптичних властивостей РК середовища, а саме: ріст напруженості приводить до руйнування розсіювальної конфокальної текстури холестерика та утворення оптично прозорої гомеотропної текстури нематика [2]. В цьому випадку нас цікавить саме електрокероване світлорозсіювання конфокальної текстури індукованого холестерика.

ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як рідкий кристал (РК) нами застосовувалась нематична матриця 4-п-пентил-4'-ціанобіфеніл (5 ЦБ) з температурою просвітління $t_{пр.} = 307 \text{ K}$, показниками заломлення $n_{||} = 1.725$, $n_{\perp} = 1.534$ ($T = 295 \text{ K}$) і значенням діелектричної анізотропії $\Delta\epsilon = +13.1$. До неї додавали 5 % немезогенної оптично активної домішки ХДН-1 для створення надмолекулярної спіральної структури холестерика [3].

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

На рис. 1 зображено різні методи введення випромінювання в РК комірку та типові залежності інтенсивності випромінювання, яке пройшло крізь комірку під час ХНП (рис. 2).

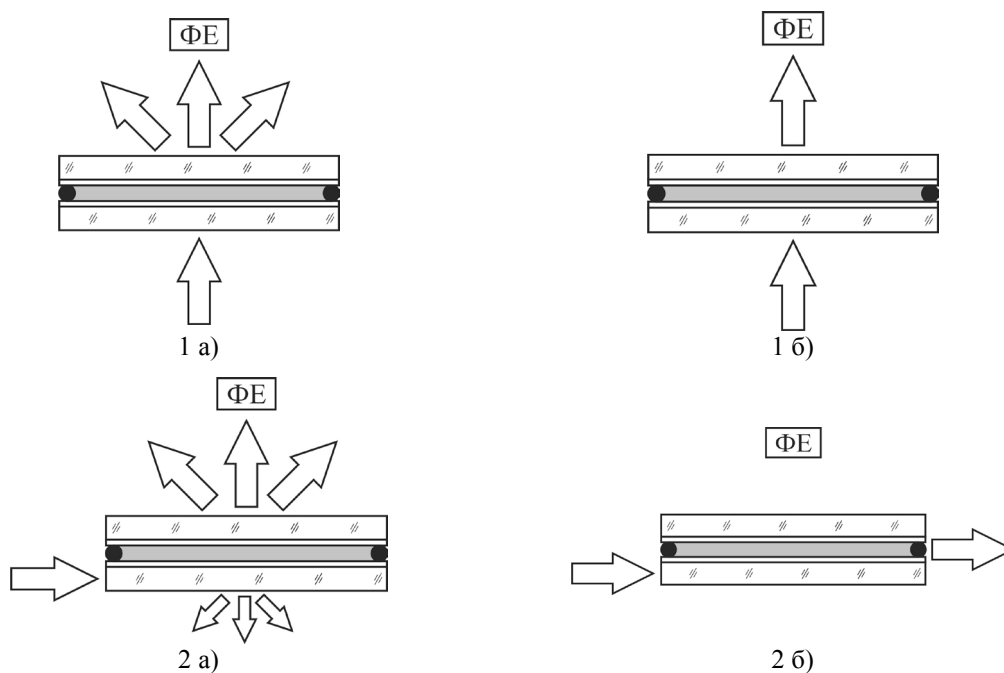


Рис. 1. Схема введення та поширення випромінювання в РК комірці:

1 – нормальне падіння світла; 2 – метод планарного світловоду;

а – розсіювальна конфокальна текстура холестерика; б – прозора гомеотропна текстура нематика

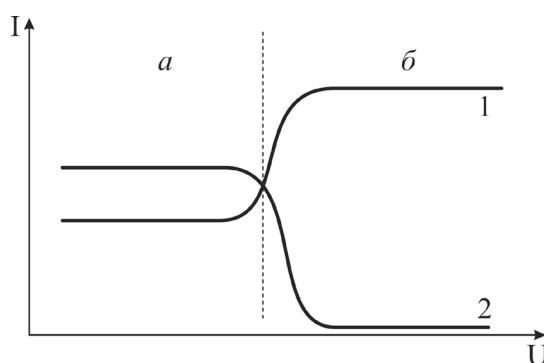


Рис. 2. Типова залежність інтенсивності світла від прикладеної напруги:

1 – нормальне падіння світла; 2 – метод планарного світловоду

Для дослідження світлорозсіювання оптичного елемента була запропонована установка, схематичне зображення якої показано на рис. 3, а дослідження індикатриси розсіювання проводилось згідно з методикою, описаною в роботі [4]. Як оптичний елемент нами була використана рідкокристалічна комірка типу "сендвіч", товщиною 50 мкм.

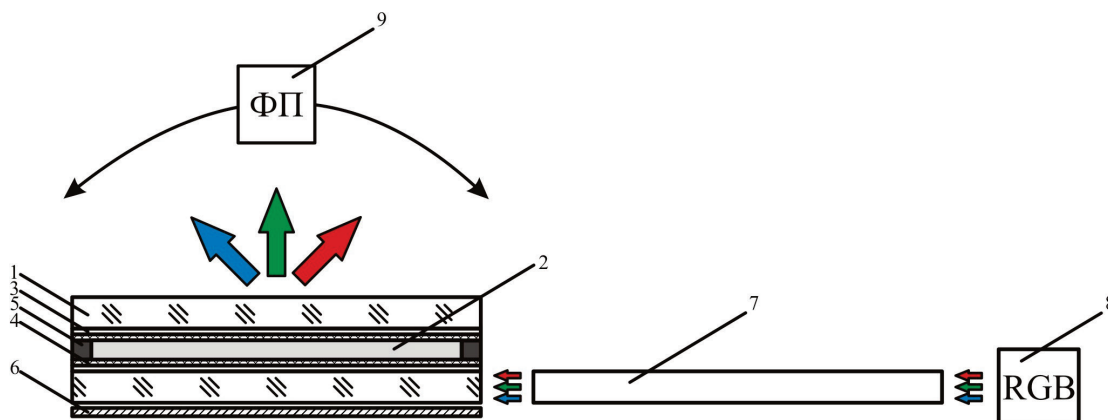


Рис. 3. Схематичне зображення експериментальної установки
 1 – скляні пластини; 2 – РК; 3 – прозорі електроди; 4 – орієнтуючі шари; 5 – спейсери; 6 – дзеркальний шар; 7 – багатоканальний світловод; 8 – RGB-світлодіод; 9 – фотоприймач

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нами запропоновано вводити світлове випромінювання трьох кольорів безпосередньо в скляну підкладку. Внаслідок різниці показників заломлення (для скла $n = 1.5$, а для РК матеріалу середнє значення становить $n_{\text{сеп}} = 1.63$) світловий потік потрапляє в РК шар і розсіюється в ньому. Після прикладення електричного поля, яке перевищує порогове значення, холестерична структура руйнується і переходить в гомеотропний нематик. Враховуючи, що $n_{\text{сеп}}$ міняється на $n_{\parallel} = 1.725$, РК шар стає оптично прозорим і світлове випромінювання буде поширюватись вздовж нього без розсіювання. В цьому разі структура скло-РК-скло виконуватиме роль планарного світловода [5]. 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 поширення випромінювання.

Застосування одностороннього підсвічування приводить до істотного зсуву максимуму інтенсивності індикатриси розсіювання в напрямку поширення випромінювання (рис. 4) [6].

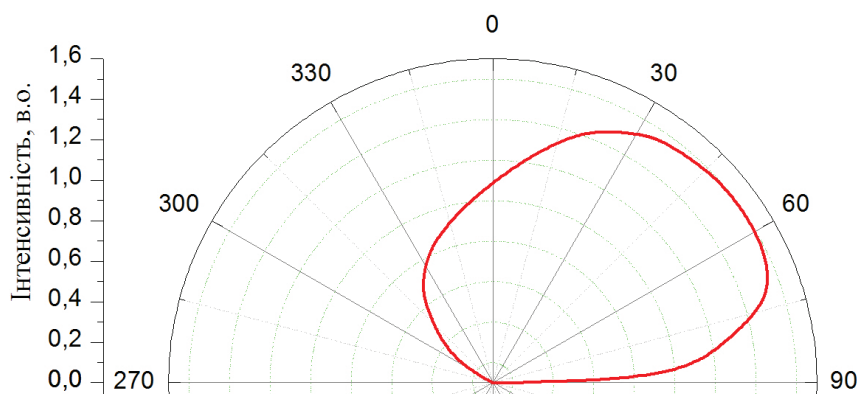


Рис. 4. Індикатриса розсіювання в площині X-Z (одностороннє підсвічування) для суміші 5 ЦБ+5% ХДН-1

Цю проблему можна вирішити, застосовуючи двостороннє підсвічування (рис. 5).

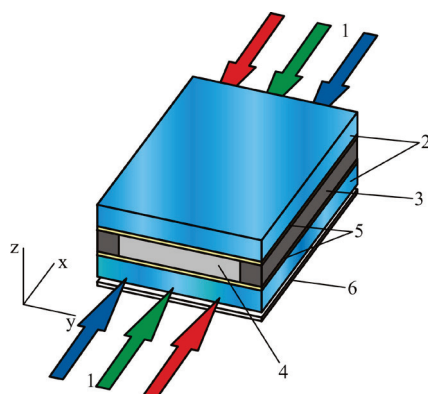


Рис. 5. Схема оптичного елемента із двосторонньою системою підсвічування:
1 – випромінювання що надходить від джерела, 2 – скляні підкладки, 3 – спейсери, 4 – рідкий кристал, 5 – прозорі електроди, 6 – дзеркальний шар

Індикатриси розсіювання для двостороннього підсвічування в площинах паралельній та перпендикулярній до напрямку поширення випромінювання наведені відповідно на рис. 6 - 7.

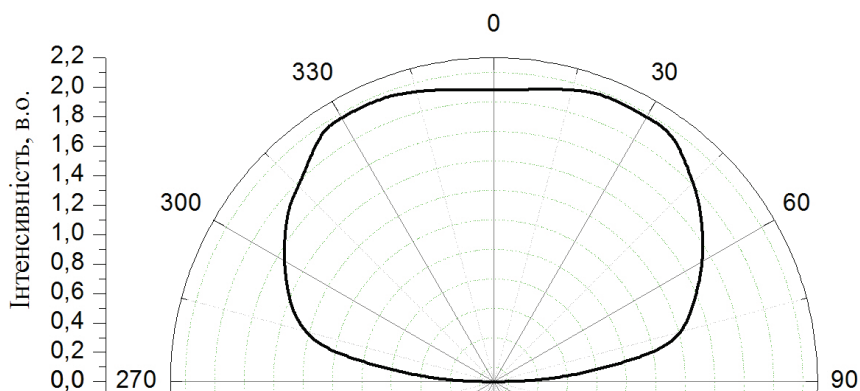


Рис. 6. Індикатриса розсіювання в площині X-Z (двостороннє підсвічування) для суміші 5 ЦБ+5 % ХДН-1

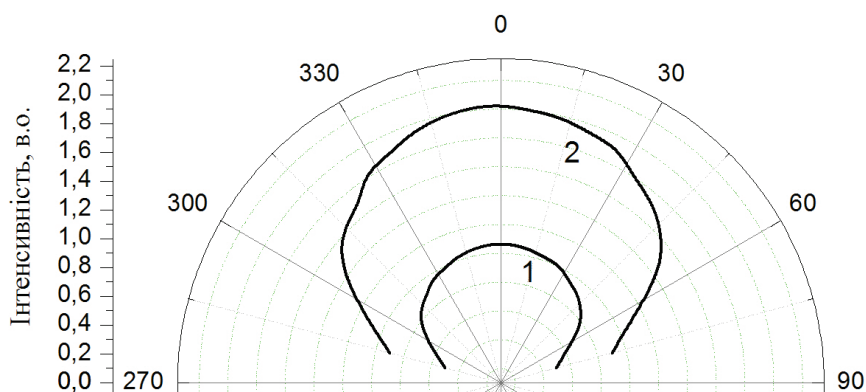


Рис. 7. Індикатриса розсіювання в площині Y-Z (одностороннє (1) та двостороннє (2) підсвічення) для суміші 5 ЦБ+5 % ХДН-1

Як видно з залежностей така система може забезпечити кут огляду від 150° у напрямку поширення випромінювання та 120° у напрямку перпендикулярному до поширення випромінювання від джерела підсвічування, а ефект пам'яті дає змогу зберегти розсіювальні властивості структури після вимкнення електричного поля. Нами проводились дослідження впливу початкової орієнтації молекул РК на ефект пам'яті (рис. 8).

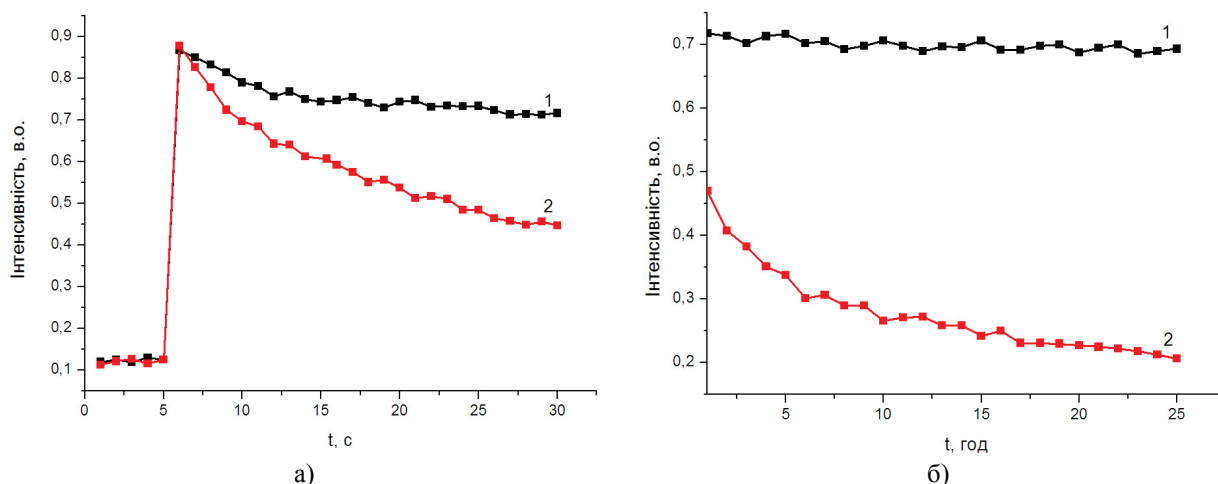


Рис. 8. Залежності інтенсивності випромінювання від часу після вимкнення керуючого сигналу для суміші 5 ЦБ + 5 % ХДН-1: а) перші 30 с. після зняття імпульсу; б) наступні 25 год. після зняття імпульсу.
1 – гомеотропна орієнтація молекул РК; 2 – планарна орієнтація молекул РК

Як видно із залежностей, застосування початкової гомеотропної орієнтації в РК комірці дає змогу забезпечити стабільніше в часі світлорозсіювання. У разі використання планарної початкової орієнтації спостерігається набагато більша швидкість зменшення інтенсивності розсіяного випромінювання, що пояснюється руйнуванням доменної конфокальної розсіювальної текстури під впливом планарних поверхневих умов і утворенням планарної структури холестерика з мінімальною кількістю розсіювальних центрів.

Використаний нами метод дає змогу не лише створювати ефективний однорідний за кольором оптичний елемент зображення, але й уможливити реалізацію технології повного динамічного контрасту. Адже в цьому випадку інтенсивністю випромінювання, яке виходить з оптичного елемента, можна керувати не лише зміною керуючого сигналу на джерелах випромінювання (світлодіодах), але і зміною розсіювальних характеристик шару РК. Отриманий елемент зображення має високу однорідність пікселя та може використовуватись в інформаційних табло з високим коефіцієнтом заповнення. На рис. 9 зображено світлини оптичного елемента випромінювання під час введення трьох базових кольорів, та сумарний білий колір, отриманий у результаті змішування базових кольорів.

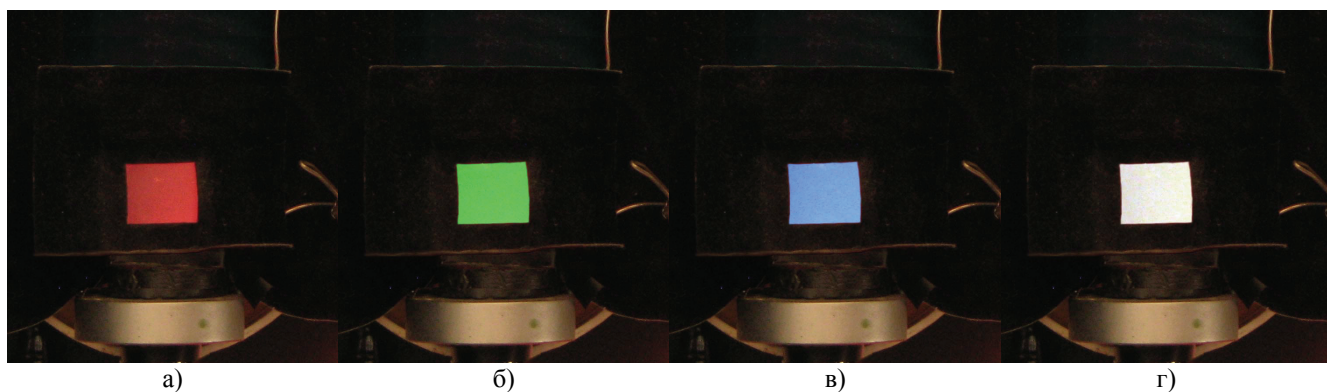


Рис. 9. Світлини елемента зображення під час відтворення різних кольорів:
а) червоного; б) зеленого; в) синього; г) білого

Однією з переваг запропонованого елемента зображення є відсутність субпікселів. Необхідний колір досягається не за рахунок зміни інтенсивності випромінювання трьох сусідніх ділянок зображення базових кольорів, а внаслідок "змішування" випромінювання трьох базових кольорів безпосередньо в скляній підкладці, що виконує роль ділянки планарного світловода з подальшим його розсіюванням на конфокальній текстурі індукованого холестерика. В цьому разі вся площа елемента зображення має однорідне забарвлення необхідного кольору.

ВИСНОВКИ

Запропонований елемент зображення дає змогу створити інформаційний транспарант з високим

коефіцієнтом заповнення та пікселем, який не складається із субпікселів базових кольорів, а уможливило отримання необхідного кольору, "змішуючи" випромінювання трьох базових кольорів безпосередньо в скляній підкладці.

Кут огляду інформаційного транспаранта на основі запропонованого оптичного елемента зображення може змінюватись у широких межах внаслідок зміни індикатриси розсіювання конфокальної текстури індукованого холестерика під дією електричного поля.

Завдяки ефекту пам'яті конфокальної текстури холестерика такий транспарант може працювати в стаціонарному режимі без прикладення електричного поля до холестеричного матеріалу. У цьому разі величина кута огляду транспаранта становитиме приблизно 85% від максимального за мінімального енергоспоживання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Никифоров С. Г. Проблемы, теория и реальность светодиодов для современных систем отображения информации высокого качества (часть 2) / С. Г. Никифоров // Светодиодные экраны. – 2005. – № 10.
2. П. Ж. Де Жен. Физические свойства жидкокристаллических веществ / Пьер Жиль де Жен; пер. с англ. А. А. Веденова. – Москва: Мир, 1982. – 152 с.
3. Ориентационно-структурные превращения в каплях нематика, обусловленные модификацией межфазной границы под действием электрического поля / В. Я. Зырянов, М. Н. Крахалев, О. О. Прищепа, А. В. Шабанов // Письма в ЖЭТФ. – том 86, вып. 6, с. 440-445.
4. Light scattering in confocal domains in induced-cholesteric liquid crystals / Z. Mykytyuk, A. Fechan, O. Sushynskyy, M. Shymchyshyn, V. Levenets // Molecular Crystals and Liquid Crystals. 2008. – Vol. 496. - P. 230- 238.
5. 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.
6. Рідкокристалічні оптичні сенсори температури для систем пожежної безпеки / З. Ю. Готра, А. В. Фечан, О. Є. Сушинський, О. Й. Ясиновська, В. В. Левенець // Вісник НУ "Львівська політехніка" Радіотехніка та телекомунікації. – № 680. – 2010. – с. 147-152.

Надійшла до редакції 21.10.2010р.

ГОТРА ЗЕНОН ЮРІЙОВИЧ – д.т.н., професор кафедри електронних приладів Національного університету “Львівська політехніка”, Львів, Україна.

ФЕЧАН АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ – к.ф.-м.н., докторант кафедри електронних приладів Національного університету “Львівська політехніка”, Львів, Україна.

СУШИНСЬКИЙ ОРЕСТ ЄВГЕНОВИЧ - к.ф.-м.н., доцент кафедри електронних приладів Національного університету “Львівська політехніка”, Львів, Україна.

БАРИЛО ГРИГОРІЙ ІВАНОВИЧ – к.т.н., старший викладач кафедри електронних приладів Національного університету “Львівська політехніка”, Львів, Україна.

ЛЕВЕНЕЦЬ ВАСИЛЬ ВОЛОДИМИРОВИЧ – аспірант кафедри електронних приладів Національного університету “Львівська політехніка”, Львів, Україна.

РУДИЙ АНДРІЙ МИХАЙЛОВИЧ – аспірант кафедри електронних приладів Національного університету “Львівська політехніка”, Львів, Україна.