

УДК 535.241.5

В. В. Петров¹, О. І. Бріцький¹, Ле Зичун², Кван Бишенг²

¹Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
вул. М. Шпака, 2, 03113, Київ, Україна

²Чжецзянський технологічний університет
Ханчжоу, Китайська народна республіка

Програмно-апаратний комплекс для контролю світлотехнічних характеристик світлоповертальних елементів

Подано основні результати досліджень по створенню програмно-апаратного комплексу для контролю світлотехнічних характеристик світлоповертальних елементів на етапах їхньої розробки та виробництва.

***Ключові слова:** світлоповертальні елементи, світлотехнічні характеристики, кутовий розподіл коефіцієнта світлоповертання, автоматизоване вимірювання та документування.*

Аналіз стану питання застосування та виробництва світлоповертальних матеріалів в Україні

Розвиток транспортної системи України безпосередньо пов'язаний із підвищенням безпеки експлуатації автошляхів. Дороги функціонують цілодобово, значна частина автоперевезень здійснюється в темний час доби, що є помітним резервом підвищення пропускну здатності автошляхів країни. У той же час, рух транспорту в нічний час пов'язаний із підвищеною небезпекою для водіїв.

Поліпшити умови керування автотранспортом у нічний час допомагає широке застосування різних оптичних направляючих пристроїв, до яких відносяться орієнтуючі дорожні знаки, стовпчики, розділові смуги та інше інженерне устаткування автодоріг зі світлоповертальними елементами.

Безпека дорожнього руху безпосередньо пов'язана також із використанням світлоповертальних елементів на одязі пішоходів, співробітників ДАІ, дорожніх і будівельних робітників, тобто усіма без винятку учасниками дорожнього руху та дорожнього будівництва. Однак, використання сучасних світлоповертальних матеріалів у нашій країні поки що явно недостатньо, тому що всі ці досить коштовні матеріали сьогодні закупаються за кордоном. Лідером світових продажів у цій галузі, безумовно, є компанія «Minnesota Mining and Manufacturing Company» («3М») (США), що має розвинену дилерську мережу в усьому світі, у тому числі й

© В. В. Петров, О. І. Бріцький, Ле Зичун, Кван Бишенг

в Україні. Власне ж виробництво світлоповертальних матеріалів в Україні відсутнє, хоча сьогодні на транспортному ринку країни активно працюють кілька вітчизняних компаній, які виробляють дорожні знаки з використанням оригінальних матеріалів компанії «ЗМ» та інших закордонних виробників, зокрема, з Китаю, Польщі та Чехії.

Тому для запровадження вітчизняного виробництва сучасних світлоповертальних матеріалів в ІПРІ НАН України виконано комплекс наукових і прикладних досліджень, розроблено технологію створення таких матеріалів, спроектовано й виготовлено спеціальне устаткування й інструменти для випуску готової продукції.

Одним з елементів такого устаткування є програмно-апаратний комплекс для контролю світлотехнічних характеристик світлоповертальних елементів, який необхідно здійснювати на етапах розробки та виробництва. Необхідність його створення полягала в тому, що відомі існуючі засоби контролю не забезпечують необхідних характеристик. Так, закордонні прилади фірм «Центнер» (Швейцарія) і «Дельта» (Данія) забезпечують вимірювання коефіцієнта світлоповертання тільки при фіксованих кутах освітлення та спостереження [1]. Аналогічні характеристики має розроблений у ДОО ім. С.І. Вавилова (Росія) ретрорефлектометр РДР-1 [2], причому відносна похибка вимірювання становить 7 %, чого явно недостатньо навіть для інженерних вимірювань. Тому для проведення лабораторних досліджень кутового розподілу коефіцієнта світлоповертання в діапазоні $-90^{\circ} \dots 0 \dots 90^{\circ}$ із відносною похибкою $\delta \leq 1\%$ в інституті був розроблений спеціальний програмно-апаратний комплекс для контролю світлотехнічних характеристик світлоповертальних елементів (матеріалів).

Особливості конструкції та застосування програмно-апаратного комплексу для контролю світлотехнічних характеристик світлоповертальних елементів

В основу структурної схеми установки автоматизованого контролю основних світлотехнічних характеристик світлоповертальних структур (рис. 1) покладені результати теоретичних, узагальнюючих й експериментальних досліджень, проведених в ІПРІ НАН України й викладених у [3–5].

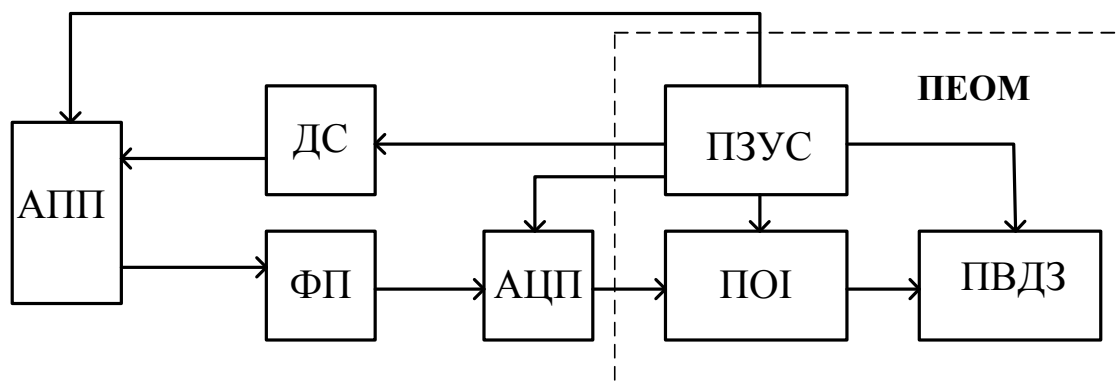


Рис. 1. Структурна схема установки автоматизованого контролю основних світлотехнічних характеристик світлоповертальних структур

На рисунку прийнято такі позначення:

ДС — джерело світла з колімуючим об'єктивом;

ФП — фотоелектричний перетворювач відбитого світлового потоку з фокусуєчим об'єктивом;

АЦП — аналогово-цифровий перетворювач сигналів ФП з адаптером вводу результатів вимірювання до пристрою обробки інформації (ПОІ);

АПП — автоматизована поворотна платформа для позиціювання світлоповертального елемента на заданий кут θ ;

ПЗУС — пристрій загального управління та синхронізації;

ПВДЗ — пристрій візуалізації, документування та збереження результатів вимірювання.

В якості джерела світла використана галогенова лампа типу OSRAM (12 В, 150 Вт) з відповідною вимогам нормативних документів кольоровою температурою нитки розжарювання $T = 2856$ °К та стабілізованою системою живлення. Окремими елементами оптико-механічного вузла є два спеціальних об'єктиви, перший з яких (колімуючий) формує паралельний освітлювальний потік, а другий (фокусуєчий) збирає в площині випромінювання відбите від світлоповертального елемента світло. Загальний вигляд оптико-механічного вузла показано на рис. 2.

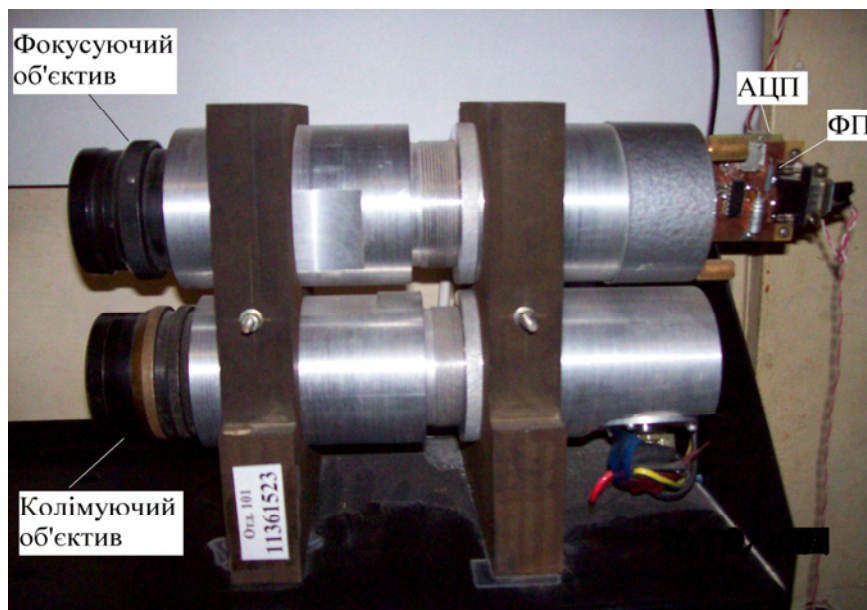


Рис. 2. Зображення оптико-механічного вузла із вбудованими фотоелектронним та аналогово-цифровим перетворювачами

Установлено, що оптико-механічний вузол на відстані 12 м створює освітлення в усталеному режимі 76 ± 3 лк із нерівномірністю в площині зразка не гірше 4 %.

Фотоелектричний перетворювач відбитого світлового потоку виконано з використанням прецизійного кремнієвого фотодіода та перетворювача струм-напруга на основі надпрецизійного операційного підсилювача й вмонтовано в оптико-механічний вузол (рис. 2).

У процесі досліджень із використанням метрологічно атестованого люксметра була встановлена наявність систематичної нелінійності вимірювання освітленості (рис. 3).

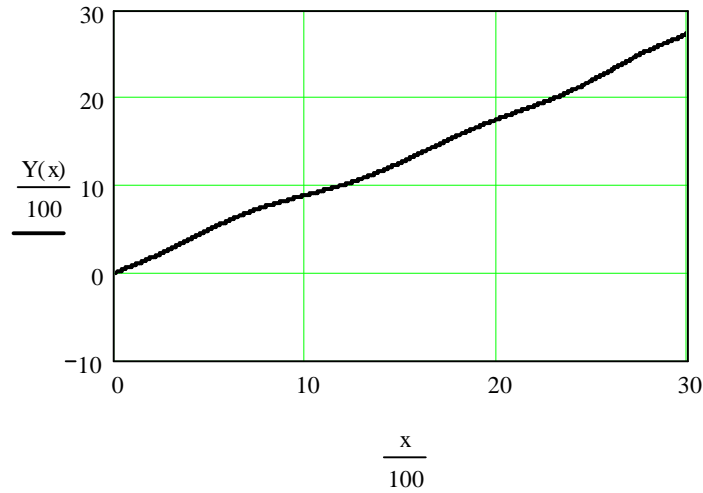


Рис. 3. Дійсні (вісь абсцис) і виміряні (вісь ординат) значення освітленості, лк

Тому для усунення систематичної нелінійної похибки вимірювання була розроблена методика лінеаризації результатів, яка дозволяє отримати матрицю перекодування поточного результату вимірювання в результат вимірювання зразковим приладом. Перекодування здійснюється в ПОІ. На рис. 4 показані похибки лінеаризації (лк), виміряні в 20-ти контрольних точках. Зважаючи на те, що похибки лінеаризації в діапазоні освітленості 0...30 лк не перевищують 0,015 лк, можна стверджувати про прийнятність вузла для дослідження характеристик світлоповертаючих поверхонь.

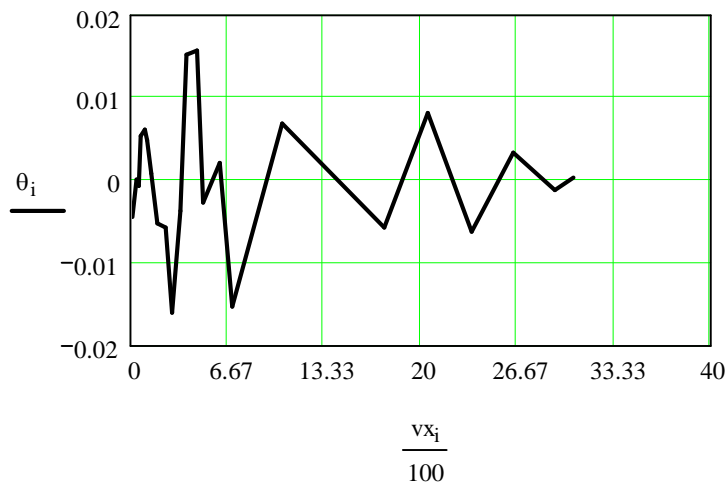


Рис. 4. Похибки наближення результатів вимірювання та обробки до результатів вимірювання зразковим приладом, лк

Автоматизована поворотна платформа (рис. 5) призначена для позиціювання світлоповертального елемента на заданий кут відносно паралельного освітлюва-

льного потоку із заданою дискретністю. Позиціювання здійснюється за лінійно-ступінчатим у часі законом, узагальнений вигляд якого зображено на рис. 6. При цьому забезпечується дискретність $\delta = 0,45^\circ$. Результати вимірювань на симетричних відносно осей aa' та bb' ділянках (наприклад m і m' та n і n') усереднюються в ПОІ. Виконавчим пристроєм кутового позиціювання вибрано кроковий двигун ДШР-56 із драйвером вітчизняного виробництва (підприємство Дельта-Крок, м. Кіровоград)

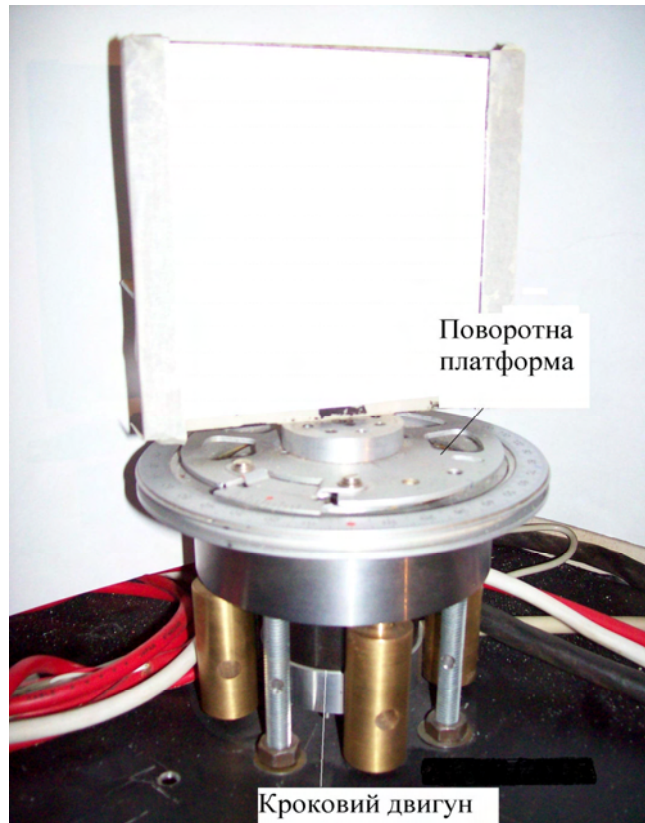


Рис. 5. Зовнішній вигляд автоматизованої поворотної платформи

Кутовий закон позиціювання формується в ПОІ. Безпосередньо сигнали управління драйвером крокового двигуна надходять через LPT-порт ПОІ. Управління реалізовано в середовищі DELPFI.

Дослідження за критерієм ефективність–вартість засвідчили, що найбільш доцільно реалізувати пристрої загального управління й синхронізації та пристрій візуалізації, документування та збереження результатів вимірювання на основі ПЕОМ. Тому вищезазначені функції були реалізовані в двох середовищах. У середовищі DELPFI здійснено управління кутовим позиціюванням світлоповертального елемента через LPT-порт, введення числових значень освітленості через COM-порт, усунення похибок шляхом перекодування результатів вимірювання й запис скоригованих результатів у структурований текстовий файл. Побудова гра-

фіків, візуалізація й документування результатів дослідження здійснюється в середовищі Microsoft Excel.

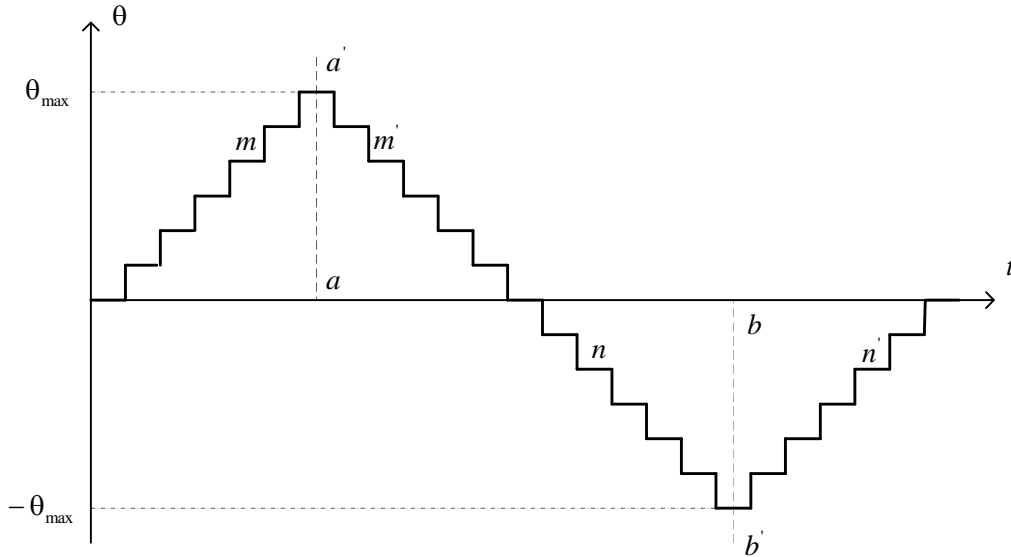


Рис. 6. Узагальнений вигляд кутового закону позиціонування світлоповертального елемента

Розроблений програмно-апаратний комплекс встановлено в спеціально обладнаній лабораторії аналізу світлотехнічних характеристик, схематичне зображення якої подано на рис. 7.

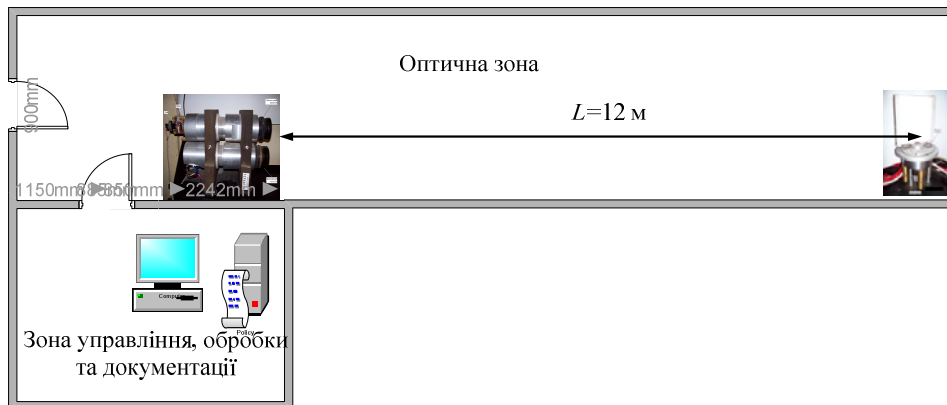


Рис. 7. Лабораторія автоматизованого контролю світлотехнічних характеристик

Приклади автоматизованого вимірювання кутового розподілу коефіцієнта світлоповертання

На рис. 8 зображені промислові зразки світловідбиваючих елементів різних виробників (зразки № 1, № 2 — виробництва ІПРІ НАН України, зразки № 3, № 4 — виробництва компанії «ЗМ», США), причому зразок № 4 має нормований кое-

фіцієнт світлоповертання — $180 \text{ кд}/(\text{лк} \cdot \text{м}^2)$, а на рис. 9 — результати автоматизованого вимірювання кутового розподілу коефіцієнта світлоповертання.

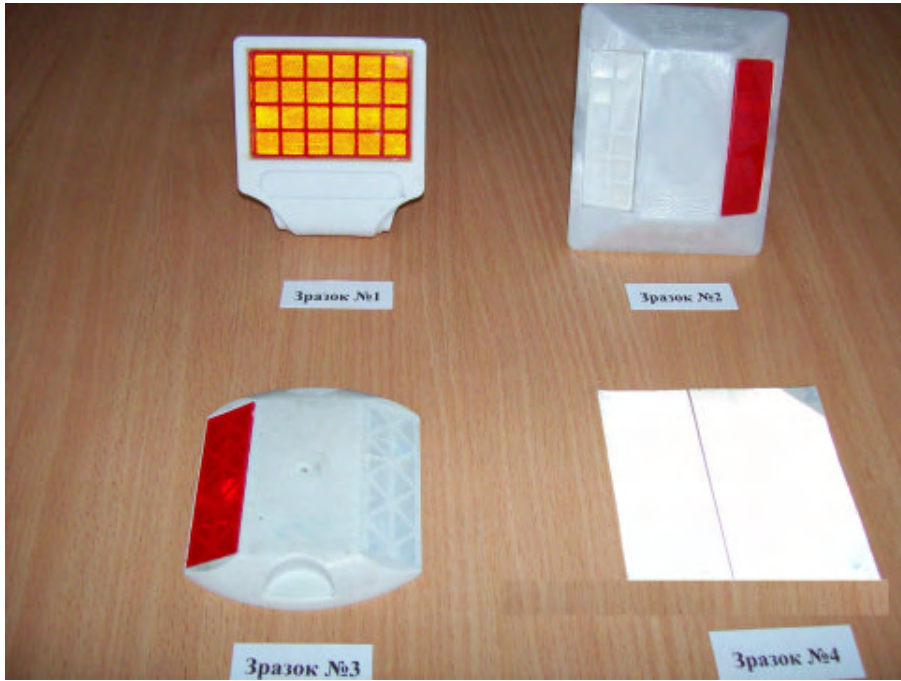


Рис. 8. Зразки світлоповертальних елементів різних виробників

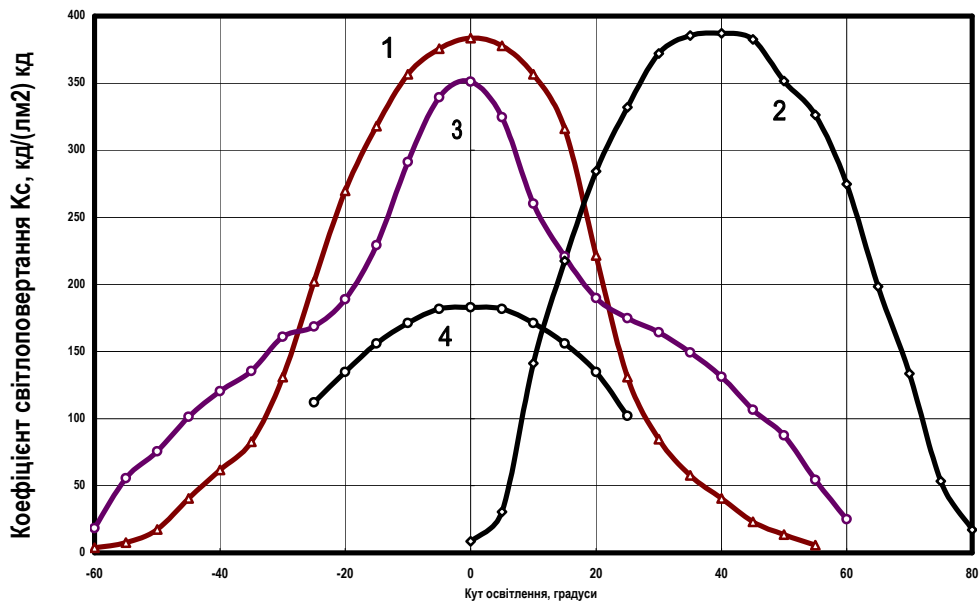


Рис. 9. Результати вимірювання коефіцієнта світлоповертання зразків
світлоповертальних елементів різних виробників

Результати вимірювання (рис. 9, крива 4) свідчать про практично повне співпадання значення максимуму з нормованим значенням коефіцієнта світлоповертання, що підтверджує можливість використання розробленої установки для автоматизованого контролю світлотехнічних характеристик світлоповертальних елементів.

Висновки

1. Розроблений і виготовлений програмно-апаратний комплекс для контролю світлотехнічних характеристик світлоповертальних елементів має необхідні функціональні характеристики для використання на етапах пошукових робіт і виробництва світлоповертальних елементів в Україні.

2. Подальші дослідження доцільно продовжувати в напрямку просторового контролю світлотехнічних характеристик світлоповертальних елементів.

1. Zehntner Testing Instruments. Product overview 2008/2009 — Р. 5. — Режим доступу: http://www.zehntner.com/html/download/uebersichtsprospekt_strasse_e.pdf.

2. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. С.И.Вавилова. Направления деятельности. РЕФЛЕКТОМЕТР ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ РДЗ. — Режим доступу : http://soi.srv.pu.ru/r_1251/directions/dir2/optpribor/trans/rdr1.htm

3. Петров В.В., Кравець В.Г., Крючин А.А., Шанойло С.М., Гранат О.І., Зенін В.М. Аналіз інформації відбитого від ретродзеркал світла // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2005. — Т. 7, № 3. — С. 17–25.

4. Патент 74034 України, G02B5/124, B32B3/00. Спосіб виготовлення призмоподібних світлоповертальних елементів / В.В.Петров, С.М.Шанойло, О.І.Гранат, Л.В.Бутенко, А.А.Крючин, В.М.Зенін, В.Д.Ковтун, О.К.Войтенко, В.О.Заболотний, П.В.Майстренко, А.В.Ковальчук (Україна); ІПРІ НАН України. — № 2003076449; заявл. 10.07.2003; опубл. 17.10.2005. — 2 с.

5. Петров В.В., Шанойло С.М., Крючин А.А., Антонов Е.Е., Кравець В.Г. Моделирование свойств асимметричных световозвращающих элементов // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2007. — Т. 9, № 2. — С. 17–25.

Надійшла до редакції 05.06.2008