

КОЛОРИМЕТЪР ФОК-1

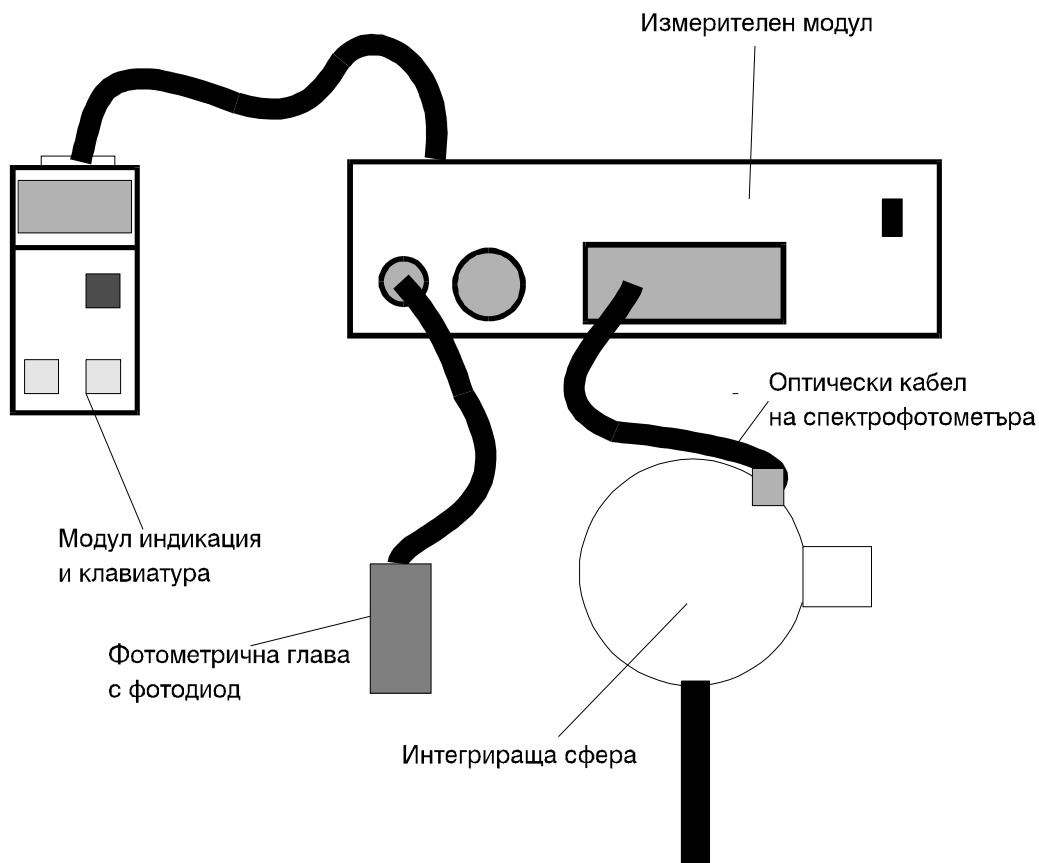
П. К. Станоев, И. Л. Стефанов,
С. Шурулинков, Б. И. Ханджиева-Флориан

Ein kompaktes Spektralkolorimeter für Farbmessung von Leuchtstoffdioden (LED) zum Aufbau von Farblichtwänden wurde entwickelt. Die optische Strahlung von den gemessenen Lichtquellen tritt auf eine Ulbrichtsche Kugel ein, von wo sie über ein faseroptischen Kabel zu einem Spektralanalysator gebracht wird. Er bestimmt die Spektralverteilung der optischen Strahlung im Bereich 380-780 nm durch eine Zerlegung des Spektrums mit einem holografischen Beugungsgitter und seine Vermessung mit einem CCD-Detektor mit 2048 Elementen. Die Spektrumbearbeitung und Farbkoordinatenberechnung werden mittels einem eingebauten PC durchgeführt.

Завишените изисквания към ергономичността на осветлението и към качеството на възпроизвеждане на цветни изображения посредством светлинни екрани налагат приложението на измерителни прибори за определяне характеристиките на цвета на използваните светлинни източници. Това предизвиква създаването на компактен, преносим спектрален колориметър за измерване цвета на светлинни източници.

Създаденият от нас колориметър ФОК-1 е предназначен за измерване цвета на светодиоди (LED), но с успех може да се използва и за измерване цвета на източници на оптично лъчение от всякакъв тип.

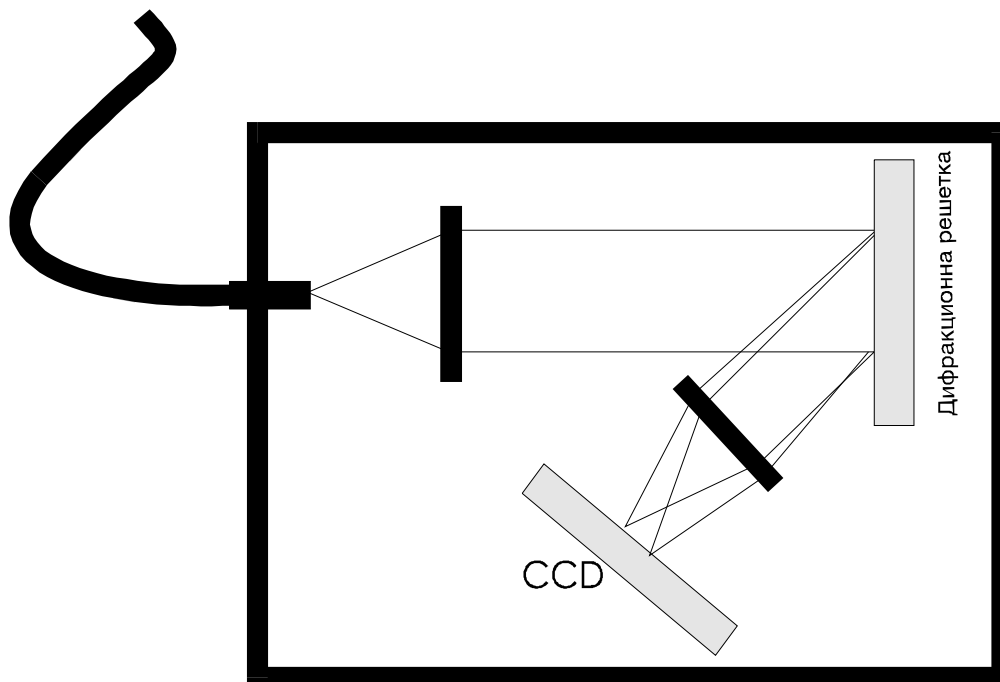
Това е спектрален прибор, чийто принцип на работа се базира на спектрофотометричен метод за определяне цвета на източници на оптично лъчение. Принципната блок схема на колориметъра е показана на фиг.1.



Фиг.1

Той се състои от измерителен модул, интегрираща сфера, оптически кабел, модул за индикация и клавиатура и модул за измерване на относителен интензитет на светлина.. Към измерителният модул е добавен вход BNC за включване на фотометрична глава със силициев фотодиод за директно измерване на относителния интензитет на светлина на светодиоди.

Спектрофотометричният метод се основава на измерване на относителното спектрално разпределение на мощността на източника на лъчение $S(\lambda)$. Оптичното лъчение от измервания светодиод се насочва в интегрираща сфера с бяло вътрешно покритие от бариев сулфат, имитиращо идеално матова разсейваща повърхност. Посредством оптично влакно с дебелина $100\ \mu m$, лъчението се подвежда към спектрофотометър. Измерването се извършва във видимата част на спектъра с портативен спектрофотометър и микропроцесорен модул. Оптичната схема на спектрофотометъра е дадена на фиг.2.



Фиг.2

Спектрофотометърът се състои от сферична оптика, холографска дифракционна решетка с работен спектрален диапазон $380-780\text{nm}$, входен процеп $100\ \mu m$ и CCD матрица за регистрация на спектъра. CCD матрицата се състои от 2048 пиксела с размер $14 \times 200\ \mu m$. Линейната дисперсия на целия спектрофотометър е 0.27nm на пиксел. Аналоговият сигнал от CCD постъпва на входа на 12 битов аналогоцифров преобразовател и оцифрваният сигнал представлява спектъра на излъчване на светлинния източник $S(\lambda)$.

За измерване на относителния интензитет на светлина на светлинни източници се използва силициев фотодиод, поставен в специално разработена фотометрична глава. Тази глава осигурява постоянна геометрия, позволяваща измерване на относителния интензитет на светлина на различни светодиоди. Конструкцията на главата осигурява разстояние между фотодиода и светодиода 85mm и входен отвор с диаметър 5mm . Модулът има четири обхвата на работа за покриване на необходимия широк измерителен диапазон. Поради необходимостта да се измерват светлинни източници с тесен спектрален диапазон на излъчване (светодиоди) използваният фотодиод е без корекция по V_1 . При необходимост от измерване на абсолютния интензитет на светлина е необходима следната методика за

калибриране на фотометричната глава:

1. Използва се светодиод със спектрален състав на излъчването много близък до спектралния състав на източниците, които ще бъдат измервани и с интензитет не по-малък от 300 mcd. Абсолютният интензитет на светлината на този светодиод се измерва с помощта на интегриращата сфера - I_0 , в cd.

2. С фотометричната глава се измерва относителния интензитет на светлина на същия светодиод - I , в au.

3. Определя се калибрационен коефициент K за съответния спектрален диапазон:

$$K = \frac{I_0}{I} \text{ cd/au}$$

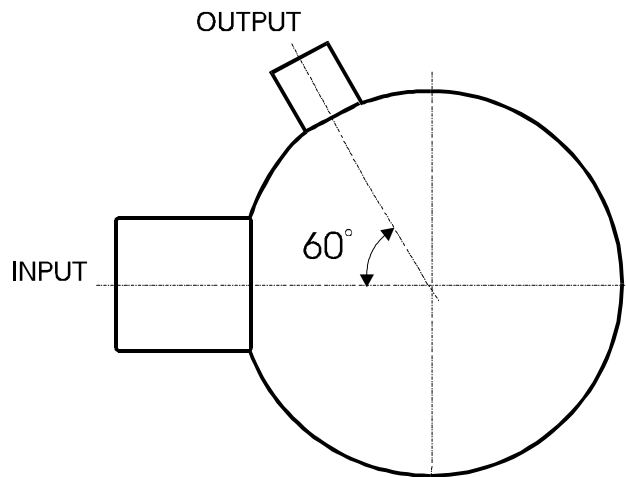
4. Привеждане на измерения относителен интензитет I' на светлинен източник от серията в абсолютни единици I'_0 става по формулата:

$$I'_0 = K \cdot I'$$

Измерителната, интегрираща сфера с активен, вътрешен диаметър от 50 mm е с входен отвор с диаметър 18mm, предназначен за поставяне на измерваните светодиоди фиг.3.

Бялото, вътрешно покритие на интегриращата сфера е от бариев сулфат, което имитира матова, разсейваща повърхност и е почти един идеален дифузен отражател. То притежава оптична повърхност, която в областта от 380-780nm отразява с повече от 95% - средно с 97- 98%.

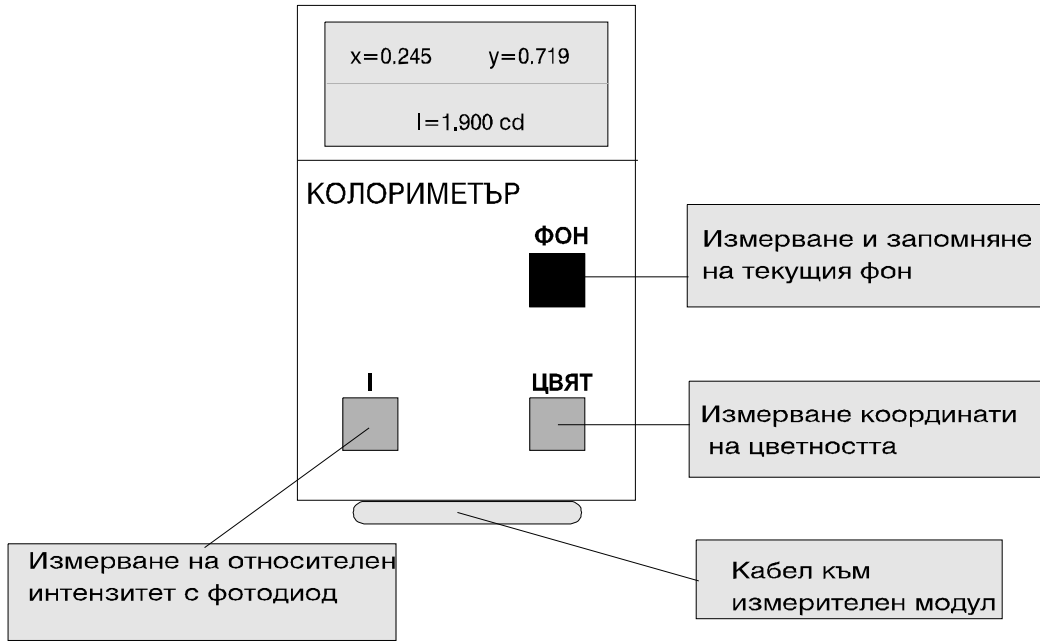
Оптичният сигнал от сферата се приема от оптичен кабел закрепен на специален куплонг. На фиг. 3 е показана принципна схема - сечение на интегриращата сфера.



Фиг.3.

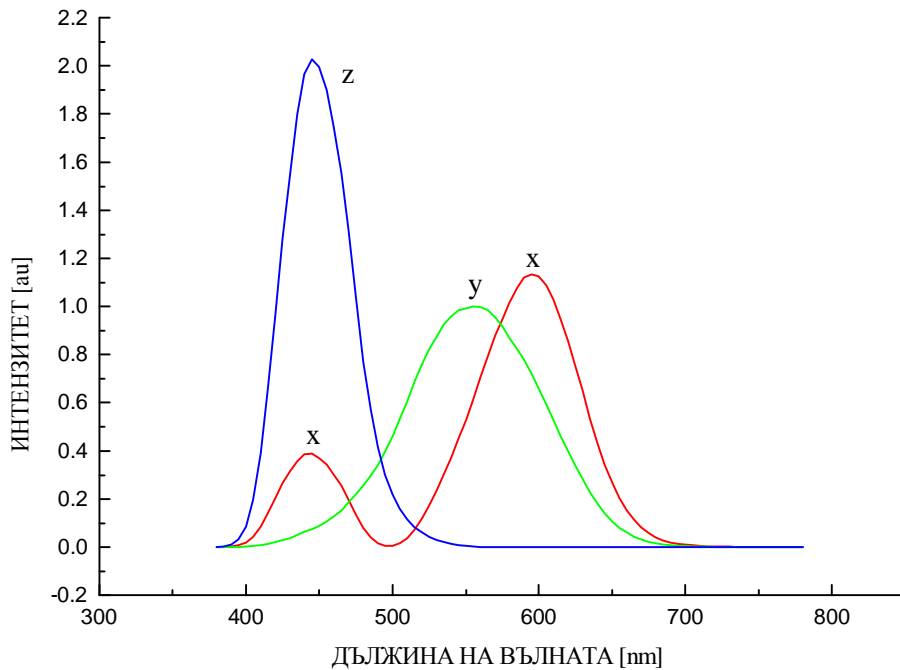
Схемата на модула за индикация и клавиатура е дадена на фиг.4. Индикацията е двуредна LCD индикация с 16 символа на ред. На нея се показват резултатите от съответните измервания на координатите на цветността, интензитета на светлината или относителния интензитет измерен с фотодиод. Посредством три клавиша се избира необходимия режим на работа:

- “ФОН” - измерване на фон.
- “ЦВЯТ” - измерване координати на цветността и интензитет на светлината
- “I” - измерване на относителен интензитет светлина



Фиг.4

Обработката на измерения спектър на излъчване $S(\lambda)$ и определяне координатите на цветността се извършва по методиката, дадена в БДС 8.822-81. Спектърът на светодиода се умножава с дадените по стандарт спектрални координати $\bar{x}(I), \bar{y}(I), \bar{z}(I)$ (Фиг.5), приети от МКО 1931г.



Фиг.5

Резултантните спектри се интегрират в спектралния диапазон 380-780nm и получените стойности от това интегриране представляват координатите на цвета:

$$X = \int S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d\lambda$$

$$Y = \int S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d\lambda$$

$$Z = \int S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d\lambda$$

Координатите на цветността се изчисляват въз основа на получените координати на цвета от зависимостите:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Проведено е калибриране на колориметъра за измерване координатите на цветност. Калибрирането по дължина на вълната е извършено като за всеки пиксел от CCD матрицата се измерва интензитета на светлината на точно определена дължина на вълната в спектралния диапазон 380-780 nm. Определяне съответствието между номер на пиксела и дължина на вълната се извършва със спектрални живачна и неонова лампи с известен дискретен спектър.

Поради различните спектрални свойства на отделните компоненти, изграждащи спектрофотометъра е необходима корекция на спектралната му чувствителност по дължина на вълната. За целта е използван еталонен светлинен източник с известно спектрално разпределение на интензитета на излъчване.

За проверка точността на измерване координатите на цветността са използвани еталонни лампи с известни координати на цветност.

Създаденият прибор ФОК-1 е компактен спектроколориметър с влакнестооптичен вход, базиран на стандартен персонален компютър. С негова помощ се измерват координатите на цветността на светлинни източници с грешка по-малка от ± 0.001 . Допълнителна възможност на колориметъра е измерване на относителния интензитет на светлина на светодиоди в обхвата от 0.001cd до 1000cd с грешка по-малка от $\pm 3\%$.

Колориметърът ФОК-1 се използва за измерване характеристиките на светодиоди при цветна настройка на рекламни светлинни екрани. Той може с успех да се използва за измерване характеристиките на цвета и на други видове източници на оптично лъчение с непрекъснат спектър.

Автори:

1.Пламен Станоев, СД "Олис" - София, тел./факс (02) 22 11 13

2.д-р гл.ас. Иван Стефанов, Физически факултет, СУ"Св.Св. Климент Охридски", тел. (02) 62 56 775, факс (02) 68 89 13, E-mail lambrev@phys.uni-sofia.bg.

3.Станислав Шурулинков, ЦЛЗОИ при БАН, тел (02) 71 00 18.

4.д-р инж. Божана Ханджиева- Флориан, СД "Олис" - София, тел./факс (02) 22 11 13, E-mail florian@pc-link.net.

Адрес за кореспонденция:

София

бул."Джеймс Баучер" 5

Физически факултет

СУ"Св.Св. Климент Охридски"

Иван Стефанов