

УДК 535.247.084.3

Л. А. Назаренко, докт. техн. наук
С. А. Рева, асп
 Харківська національна академія міського господарства
 Каф. Світлотехніки та джерел світла
 E-mail: Lnazarenko@ksame.kharkov.ua
М. В. Гур'єв, канд. техн. наук
 ННЦ "Інститут метрології"
 вул. Мироносицька, 42, м. Харків,
 61002
 тел.: (057) 704-97-50,

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СВІТЛОФІЛЬТРІВ

Для створення фотометричних приладів необхідні фотодатчики з відносною спектральною чутливістю, приведеною до середньої чутливості людського ока. Чисельно така чутливість регламентується МКО і має значний вплив на точність фотометричного обладнання при вимірюванні джерел світла зі спектральним складом відмінним від джерела, яким калібрувався прилад.

Спектральна чутливість кремнієвих діодів відрізняється від спектральної чутливості людського ока. Так максимум спектральної чутливості у фотодіодів знаходиться в межах 900 – 100 нм, тоді як максимум чутливості людського ока припадає на 555 нм.

Спектральну чутливість такого датчика можна скорегувати за допомогою світлофільтрів на базі кольорового оптичного скла. Спектри пропускання деяких марок скла зображено на рис. 1

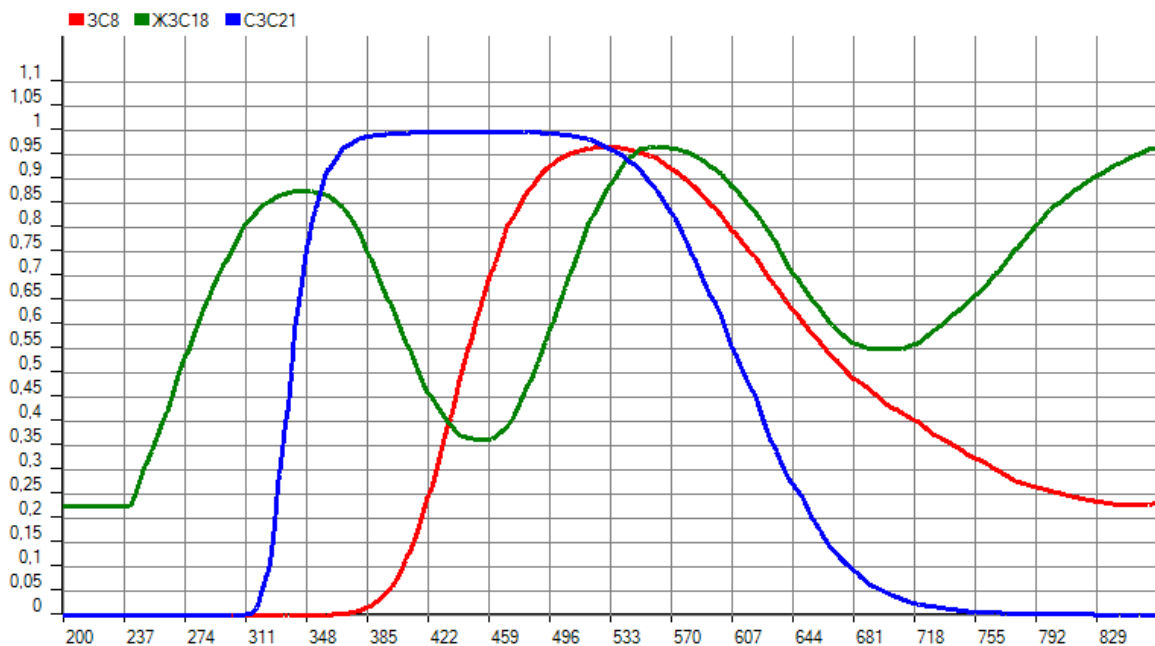


Рис 1 - Спектри пропускання фільтрів (відносні одиниці на довжинах хвиль від 200 до 800 нм)

Для корегування спектральної чутливості необхідна більш складна форма пропускання, її можна отримати комбінуючи марки та товщини скла. Коефіцієнт пропускання скла певної товщини можна розрахувати знаючи оптичну щільність марки скла, такі данні даються в довідниках. Для отримання кращого результату, оптичну щільність необхідно уточнити для конкретного зразка.

При розрахунку фільтра необхідно мати критерій для оцінки якості корекції. Міжнародна комісія по освітленості рекомендує для вираження ступеня корекції використовувати показник f_1' [1] який розраховується за формулою (1), при цьому чим менше f_1' тим вище ступінь корекції, та менше залежність результату вимірювання від спектрального розподілу випромінювання джерела світла. Для точних вимірювань значення f_1' повинно становити не більше 2-3%.

$$f_1' = \frac{\int_0^{\infty} |s^*(\lambda)_{rel} - V(\lambda)| d\lambda}{\int_0^{\infty} V(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

$$s^*(\lambda)_{rel} = \frac{\int_0^{\infty} S_{\lambda,A} \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} S_{\lambda,A} \cdot s(\lambda)_{rel} d\lambda} \cdot s(\lambda)_{rel}$$

де $V(\lambda)$ – чутливість середнього людського ока

$S_{\lambda,A}$ – відносний спектральний розподіл випромінювання джерела типу А

$s(\lambda)_{rel}$ – відносна спектральна чутливість датчика

Підбір фільтра полягає у виборі марок скла і підбір товщини компонентів фільтра. Після зміни будь якого з цих параметрів необхідно розрахувати значення f_1' . Без спеціальних програмних засобів цей процес може зайняти тривалий час.

Розроблена програма дозволяє завантажувати данні по кольоровому склу зі спеціальної бази даних, в якій задано коефіцієнт поглинання скла на даній довжині хвилі, або оптична щільність зразка певної товщини. Спектральна чутливість датчика для якого виконується розрахунок задається у табличному вигляді, файлом формату csv який може бути редагований за допомогою Excel.

Програма дозволяє складати набір фільтрів з марок скла данні яких є в базі даних, розраховувати їх коефіцієнт пропускання для заданої товщини скла та розраховувати результуючу чутливість датчика з фільтром. При цьому результат відображається у вигляді графіків та табличних значень коефіцієнтів пропускання. Якщо користувач задає криву чутливості яку необхідно отримати то програма може розрахувати значення f_1' для заданного набору. Це дозволяє значно скоротити час необхідний для розрахунку фільтра. Робоче вікно програми зображено на рис. 2.

Пошук оптимальних значень товщини скла для фільтрів можна автоматизувати. Задавши граничні значення товщини скла та крок перебору можна розрахувати значення f_1' для всіх можливих варіантів набору і найбільш оптимальні варіанти (з мінімальним f_1') відобразити в результаті. Такий спосіб підбору був реалізований і одразу дозволив підібрати набір фільтрів для фотодіода Hamamatsu S1337-1010BQ, при цьому значення f_1' становило менше 5%, після корегування набору вдалося досягти розрахункового значення f_1' на рівні 3%. Результати наведені в таблиці.

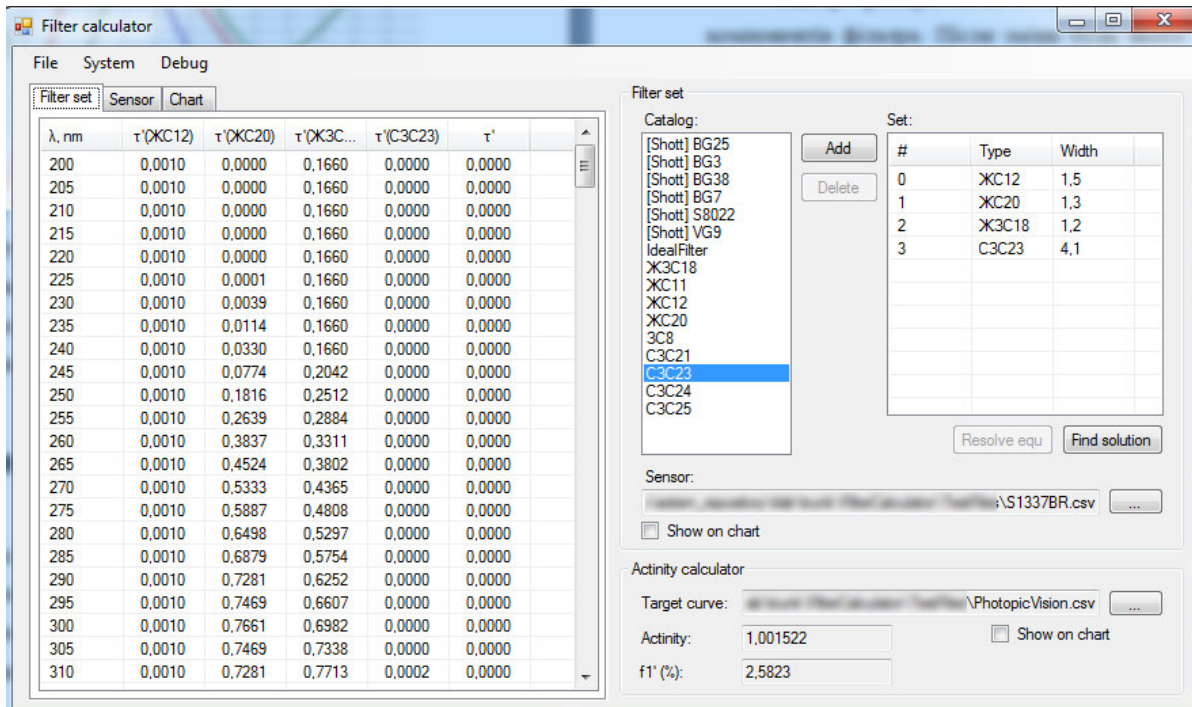


Рис 2 - Робоче вікно програми для розрахунку фільтрів

Таблиця

Результати підбору фільтрів для різних наборів марок скла

Марки скла	Товщини, мм	Значення $f1'$, %
Набір 1		
ЖЗС18	2,4	4,56
ЗС8	1,4	
СЗС21	0,6	
СЗС25	1,2	
Набір 2		
ЖС12	1,5	2,58
ЖС20	1,3	
ЖЗС18	1,2	
СЗС23	4,1	

Хоча розроблений алгоритм забезпечив необхідний результат, все ж він не є оптимальним рішенням задачі розрахунку фільтрів. Для більш швидкого пошуку рішення можливо використання аналітичних методів, які б дозволили знайти рішення значно швидше, без перебору значної кількості непридатних варіантів.

Література

1. CIE 69-1987: Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters: Performance, characteristics and specifications

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА СВЕТОФИЛЬТРОВ

Л. А. Назаренко, С. А. Рева, Н. В. Гурьев

Предложено программное обеспечение для расчета светофильтров на базе набора цветных оптических стекол. Приведены полученные расчетные результаты и описана использованная методика оценки качества коррекции спектральной чувствительности датчика.

SOFTWARE FOR FILTER CALCULATION

L. A. Nazarenko, S. A. Reva, N. V. Guriev

Computer program for calculation of optical filter are proposed in paper. Preliminary results are shown and correction mismatch calculation according to CIE is described.