



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60553 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
G06T 15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СПЕКУЛЯРНОЇ СКЛАДОВОЇ КОЛЬОРУ

1

2

(21) u201013613

(22) 16.11.2010

(24) 25.06.2011

(46) 25.06.2011, Бюл.№ 12, 2011 р.

(72) РОМАНЮК ОЛЕКСАНДР НИКИФОРОВИЧ,  
ЛЯШЕНКО ЮРІЙ ЛЕОНІДОВИЧ, РОМАНЮК ОК-  
САНА ВОЛОДИМИРІВНА

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для визначення спекулярної складової кольору, який містить перший блок множення, другий, третій та четвертий блоки множення, виходи яких підключено до першого, другого та третього виходів пристрою відповідно, перший регістр, керуючий вхід якого підключено до першого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до першого інформаційного входу пристрою, другий регістр, вихід якого підключено до обох входів п'ятого блока множення, до входу блока інверторів та до другого інформаційного входу другого суматора, керуючий вхід другого регістра підключено до другого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до другого інформаційного входу пристрою, п'ятий блок множення, обидва входи якого підключено до виходу другого регістра, а вихід з'єднано із першим інформаційним входом першого суматора, блок інверторів, вихід якого з'єднано із другим інформаційним входом першого суматора, вхід переносу якого підключено до рівня логічної одиниці, а вихід до другого входу першого блока множення, другий суматор, до першого інформаційного входу якого підключено вихід першого блока множення, керуючий вхід підключено до рівня логічного нуля,

а вихід з'єднано із першими входами другого, третього та четвертого блоків множення, третій регістр, керуючий вхід якого підключено до третього керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом другого блока множення, четвертий регістр, керуючий вхід якого підключено до четвертого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до четвертого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом третього блока множення, п'ятий регістр, керуючий вхід якого підключено до п'ятого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до п'ятого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом четвертого блока множення, який **відрізняється** тим, що у нього введено шостий блок множення, перший інформаційний вхід якого підключено до виходу першого регістра, перший, другий, п'ятий та шостий розряди другого інформаційного входу підключено до рівня логічної одиниці, а третій, четвертий та шостий розряди другого інформаційного входу якого підключено до рівня логічного нуля, третій суматор, перший інформаційний вхід якого підключено до виходу шостого блока множення, перший розряд другого інформаційного входу якого підключено до рівня логічного нуля, вихід третього суматора підключено до першого інформаційного входу першого блока множення, вихід шостого блока множення підключено до першого інформаційного входу третього суматора

Корисна модель належить до автоматики та обчислювальної техніки і призначена для формування в системах комп'ютерної графіки спекулярної (дзеркальної) складової кольору.

Відомий пристрій для визначення інтенсивності дзеркальної складової кольору, який містить перший, другий, третій, четвертий та п'ятий регістри, мультиплексор, лічильник, дешифратор, суматор, перший і другий блоки постійної пам'яті, блок керування, перший і другий блоки множення, вихід першого блока множення підключений до інфор-

маційного виходу пристрою, а перший і другий входи з'єднані відповідно з виходом першого регістра і виходом блока постійної пам'яті, вихід другого регістра підключений до другого входу суматора, вихід якого з'єднаний з першим інформаційним входом мультиплексора, вихід якого підключений до інформаційного входу четвертого регістра, а другий інформаційний вхід - до виходу третього регістра, другий вхід суматора з'єднаний з виходом четвертого регістра, перший вхід блока керування з'єднаний з входом лічби лічильника, вихід

UA (13) U

(11) 60553

(19) UA

переносу якого підключений до третього входу блока керування, другий вихід якого з'єднаний з керуючим входом мультиплексора, а третій вихід - з входом запису в четвертий регістр, вихід якого з'єднаний з першим входом другого блока множення, другий вхід якого підключений до виходу другого блока постійної пам'яті, інформаційний вхід якого підключений до виходу п'ятого регістра і входу дешифратора, перший, другий, третій та четвертий виходи якого з'єднані відповідно з найстаршим та трьома наступними розрядами адресного входу першого блока постійної пам'яті, вихід другого блока множення з'єднаний з інформаційним входом першого блока постійної пам'яті, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий інформаційні входи пристрою підключені відповідно до інформаційних входів першого, другого, третього, п'ятого регістрів та лічильника, перший, другий, третій та четвертий входи запису в пристрій підключені відповідно до входів запису в перший, другий, третій та п'ятий регістри, п'ятий вхід запису в регістр з'єднаний з входом запису в лічильник, вхід початкового установлення та вхід "Пуск" з'єднані відповідно з першим та другим входами блока керування, четвертий та п'ятий виходи якого підключені до виходу "Кінець" і виходу ознаки достовірності даних [патент № UA 71489 A, 7 G06T 15/50, 2004].

Недолік пристрою полягає у складності апаратної реалізації, пов'язаної із необхідністю оперувати з значенням кута між векторами нормалей, в той час коли ми можемо легко знайти лише косинус кута, а для знаходження значення необхідні додаткові апаратні затрати.

Найбільш близьким до технічного рішення, що заявляється, є пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, який включає блок постійної пам'яті, перший блок множення, перший вхід якого з'єднано із входом блока постійної пам'яті та другий, третій та четвертий блоки множення, виходи яких підключено до першого, другого та третього виходів пристрою відповідно, перший регістр, вихід якого підключено до блока постійної пам'яті, керуючий вхід якого підключено до першого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до першого інформаційного входу пристрою, другий регістр, вихід якого підключено до обох входів п'ятого блока множення, до входу блока інверторів та до другого інформаційного входу другого суматора, керуючий вхід другого регістра підключено до другого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до другого інформаційного входу пристрою, п'ятий блок множення, обидва входи якого підключено до виходу другого регістра, а вихід з'єднано із першим інформаційним входом першого суматора, блок інверторів, вихід якого з'єднано із другим інформаційним входом першого суматора, вхід переносу якого підключено до рівня логічної одиниці, а вихід до другого входу першого блока множення, другий суматор, до першого інформаційного входу якого підключено вихід першого блока множення, керуючий вхід підключено до рівня логічного нуля, а вихід з'єднано із першими входами другого, третього та четвертого блоків множення, третій регістр, керуючий вхід якого підключено до третього керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом другого блока множення, четвертий регістр, керуючий вхід якого підключено до четвертого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до четвертого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом третього блока

гістр, керуючий вхід якого підключено до третього керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом другого блока множення, четвертий регістр, керуючий вхід якого підключено до четвертого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до четвертого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом третього блока множення, п'ятий регістр, керуючий вхід якого підключено до п'ятого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до п'ятого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом четвертого блока множення [Патент 22802, Україна, МПК (2006): G06T 15/50].

Недоліком пристрою є необхідність використання блока постійної пам'яті обсягом не менше 2 КБ, що ускладнює реалізацію пристрою у вигляді великої інтегральної схеми.

В основу корисної моделі поставлена задача створення пристрою для розрахунку спекулярної складової кольору, в якому за рахунок введення нових елементів і зв'язків та уникнення необхідності використання блока постійної пам'яті за рахунок апроксимації значень коефіцієнта  $a$ , досягається можливість спрощення апаратної реалізації при виконанні пристрою у вигляді великої інтегральної схеми.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для визначення спекулярної складової кольору, який містить перший блок множення, другий, третій та четвертий блоки множення, виходи яких підключено до першого, другого та третього виходів пристрою відповідно, перший регістр, керуючий вхід якого підключено до першого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до першого інформаційного входу пристрою, другий регістр, вихід якого підключено до обох входів п'ятого блока множення, до входу блока інверторів та до другого інформаційного входу другого суматора, керуючий вхід другого регістра підключено до другого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до другого інформаційного входу пристрою, п'ятий блок множення, обидва входи якого підключено до виходу другого регістра, а вихід з'єднано із першим інформаційним входом першого суматора, блок інверторів, вихід якого з'єднано із другим інформаційним входом першого суматора, вхід переносу якого підключено до рівня логічної одиниці, а вихід до другого входу першого блока множення, другий суматор, до першого інформаційного входу якого підключено вихід першого блока множення, керуючий вхід підключено до рівня логічного нуля, а вихід з'єднано із першими входами другого, третього та четвертого блоків множення, третій регістр, керуючий вхід якого підключено до третього керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом другого блока множення, четвертий регістр, керуючий вхід якого підключено до четвертого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до четвертого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом третього блока

множення, п'ятий регістр, керуючий вхід якого підключено до п'ятого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до п'ятого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із другим входом четвертого блока множення, введено шостий блок множення, перший інформаційний вхід якого підключено до виходу першого регістра, перший, другий, п'ятий та шостий розряди другого інформаційного входу підключено до рівня логічної одиниці, а третій, четвертий та шостий розряди другого інформаційного входу якого підключено до рівня логічного нуля, третій суматор, перший інформаційний вхід якого підключено до виходу шостого блока множення, перший розряд другого інформаційного входу якого підключено до рівня логічної одиниці, а решта розрядів другого інформаційного входу якого підключені до рівня логічного нуля, вихід третього суматора підключено до першого інформаційного входу першого блока множення, вихід шостого блока множення підключено до першого інформаційного входу третього суматора.

На фігурі 1 зображено схему пристрою.

На фігурі 2 зображено хід променів у моделі освітлення Бліна.

На фігурі 3 відображено рознесення в часі процесів запису інформації на вхід регістра 2 та зчитування інформації з виходів пристрою.

Пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору містить перший блок 10 множення, другий блок 12 множення, третій блок 13 множення, четвертий блок 14 множення, п'ятий блок 7 множення, шостий блок 6 множення, перший регістр 1, другий регістр 2, третій регістр 3, четвертий регістр 4, п'ятий регістр 5, блок 8 інверторів, перший суматор 9, другий суматор 11, третій суматор 15.

Перший вхід першого блока 10 множення з'єднано із виходом третього суматора 15. Вихід другого блока 12 множення підключено до першого виходу 25 пристрою. Вихід третього блока 13 множення підключено до другого виходу 26 пристрою. Вихід четвертого блока 14 множення підключено до третього виходу 27 пристрою. Вихід першого регістра 1 підключено шостого блока 6 множення, керуючий вхід якого підключено до першого керуючого входу 15 пристрою, а інформаційний вхід підключено до першого інформаційного входу 16 пристрою. Вихід шостого блока 6 множення підключено до першого інформаційного входу третього суматора 15. Перший, другий, п'ятий та шостий розряди другого інформаційного входу шостого блока 6 множення підключено до рівня логічної одиниці, а третій, четвертий та шостий розряди - до рівня логічного нуля. Перший інформаційний вхід шостого блока 6 множення підключено до виходу першого регістра 1. Вихід третього суматора 3 підключено до першого інформаційного входу першого блока 10 множення, а перший інформаційний вхід підключено до виходу шостого блока 6 множення. Перший розряд другого інформаційного входу третього суматора 15 підключено до рівня логічної одиниці, а решта розрядів до рівня логічного нуля. Вихід другого регістра 2 підключено до обох входів п'ятого блока 7 множення, до входу

блока 8 інверторів та до другого інформаційного входу другого суматора 11, керуючий вхід другого регістра 2 підключено до другого керуючого входу 17 пристрою, а інформаційний вхід підключено до другого інформаційного входу 18 пристрою. Обидва входи п'ятого блока 7 множення підключено до виходу другого регістра 2, а вихід з'єднано із першим інформаційним входом першого суматора 9. Вихід блока 8 інверторів з'єднано із другим інформаційним входом першого суматора 9. Вхід 28 переносу першого суматора 9 підключено до рівня логічної одиниці, а вихід до другого входу першого блока 10 множення. До першого інформаційного входу другого суматора 11 підключено вихід першого блока 10 множення, керуючий вхід 30 підключено до рівня логічного нуля (заземлено), а вихід з'єднано із першими входами другого 12, третього 13 та четвертого 14 блоків множення. Керуючий вхід третього регістра 3 підключено до третього керуючого входу 20 пристрою, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу 19 пристрою, а вихід з'єднано із другим входом другого блока 12 множення. Керуючий вхід четвертого регістра 4 підключено до четвертого керуючого входу 22 пристрою, інформаційний вхід підключено до четвертого інформаційного входу 21 пристрою, а вихід з'єднано із другим входом третього блока 13 множення. Керуючий вхід п'ятого регістра 5 підключено до п'ятого керуючого входу 24 пристрою, інформаційний вхід підключено до п'ятого інформаційного входу 23 пристрою, а вихід з'єднано із другим входом четвертого блока 14 множення, керуючий вхід пристрою 29 (див. фіг. 1).

Для зафарбовування об'єктів у пристрої використовується модель освітлення Бліна, згідно з якою інтенсивність спекулярної складової кольору розраховується по формулі:

$$I = I_l k_s \cos^n \delta, \quad (1)$$

де  $I_l$  - інтенсивність джерела світла,  $k_s$  - коефіцієнт дзеркального відбиття,  $n$  - коефіцієнт спекулярності поверхні, який знаходиться в діапазоні 1-

1000,  $\delta$  - кут між вектором нормалі  $\vec{N}$  до поверхні

в заданій точці і вектором півшляху  $\vec{H}$ ,  $\cos^n \delta$  -

дистрибутивна функція відбивної здатності поверхні (BRDF). Вектор  $\vec{H}$  розраховується за формулою (2).

$$\vec{H} = \frac{\vec{L} + \vec{V}}{|\vec{L} + \vec{V}|} \quad (2)$$

Вектори  $\vec{L}$  та  $\vec{V}$  - одиничні вектори, що визначають відповідно місце розташування джерела світла та спостерігача (див. фіг.2).

Пропонується апроксимація BRDF квадратичною функцією відносно  $\cos x$  тобто

$$\cos^n x = a \cdot \cos^2 x + b \cdot \cos x + c \quad (3)$$

Для знаходження  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - коефіцієнтів квадратичної функції скористаємося точками, значення BRDF в яких можна легко визначити.

При  $x = 0 \cdot \cos^n x = 1$ , звідки можна записати.

$$a + b + c = 1 \quad (4)$$

Якщо  $\cos x = 0$ , то  $\cos^n x$  також дорівнюватиме 0, звідси

$$a \cdot 0 + b \cdot 0 + c = 0 \quad (5)$$

Враховуючи формули (4) і (5) можна визначити, що

$$\tilde{n} = 0; b - 1 - a \quad (6)$$

Для отримання коефіцієнта  $a$  прирівнюємо значення BRDF та квадратичної функції в точці перегину функції  $\cos^n x$ . Продиференціювавши дану функцію по  $x$  та прирівнявши отриману другу похідну до 0 отримаємо, що абсциса точки перегину дорівнює:

$$\gamma = \arctg\left(\frac{1}{\sqrt{n-1}}\right).$$

Таким чином, знаючи  $n$  можна визначити  $\cos \gamma$  та  $\cos^n \gamma$ , звідки, враховуючи (3) та (6) маємо:

$$a \cdot \cos^2 \gamma + (1 - a) \cdot \cos \gamma = \cos^n \gamma.$$

Введемо наступні позначення  $t = \cos x$ ,  $t^n = \cos^n x$ . Тоді, враховуючи введені позначення, формула (7) переписується у вигляді

$$a \cdot t^2 + (1 - a) \cdot t = t^n$$

З останнього рівняння знаходимо

$$a = \frac{t^{n-1} - 1}{t - 1}. \quad (8)$$

Загальна формула для знаходження коефіцієнта  $a$  буде такою:

$$a = \frac{\cos^{n-1}\left(\arctg\left(\frac{1}{\sqrt{n-1}}\right)\right) - 1}{\cos\left(\arctg\left(\frac{1}{\sqrt{n-1}}\right)\right) - 1} \quad (9)$$

Таким чином для заданого  $n$  можна визначити коефіцієнти квадратичної функції, використовуючи формули (9) та (6).

Значення коефіцієнта  $a$  можна апроксимувати такою функцією:

$$a = 0,786n + 0,5 \quad (10)$$

У регістр 1 записується значення коефіцієнта  $n$  спекулярності поверхні. Для цього його значення подається на інформаційний вхід 16 пристрою, а на керуючий вхід 15 - рівень логічної одиниці. У регістр 2 записується значення косинуса кута між

вектором нормалі та вектором  $\vec{N}$ ,  $\cos \varphi = \vec{N} \cdot \vec{N}$ ,

$\vec{N}$ - вектор нормалі, а  $\vec{L}$  та  $\vec{V}$  - одиничні вектори, що визначають відповідно місце розташування джерела світла та спостерігача. Як видно з фор-

мули (1), вектор  $\vec{N}$  знаходиться шляхом додаван-

ня векторів  $\vec{L}$  та  $\vec{V}$  та нормалізації отриманого вектора (див. фіг. 2). Значення  $\cos \delta$  подається на інформаційний вхід 18. Запис здійснюється по задньому фронту сигналу, який надходить на керуючий вхід 17. У регістри 3, 4 та 5 від зовнішнього пристрою записується значення інтенсивності R, G, V складових кольору, помножених на коефіцієнт  $k_s$  дзеркального відбиття поверхні відповідно. Для цього на інформаційні входи 19, 21 та 23 по-

даються значення інтенсивності R- складової, G- складової та V- складової, помножених на коефіцієнт дзеркального відбиття поверхні, відповідно, а на відповідні керуючі входи 20, 22 та 24 подається рівень логічної одиниці. Значення коефіцієнта спекулярності  $n$  із регістра 1 надходить на перший вхід блока 6 множення, на другому вході 31 якого формується значення  $\approx 0,786$ . Із виходу шостого блока 6 множення на перший вхід третього суматора 15 надходить значення  $0,786n$ , на другому вході 32 якого формується значення  $0,5$ . Таким чином на виході третього суматора 15 формується значення коефіцієнта  $a$  згідно формули 10, яке надходить на перший інформаційний вхід першого блока 10 множення.

Значення коефіцієнта  $a$  з виходу третього суматора 15 надходить на перший вхід блока 10 множення, на другий вхід якого надходить операнд  $\cos^2 \delta - \cos \delta$ . Він формується таким чином. Значення  $\cos \delta$  з другого регістра 2 подається на обидва входи п'ятого блока 7 множення, що забезпечує формування на його виході значення  $\cos^2 \delta$ , яке надходить на перший вхід суматора 9. На вхід блока 8 інверторів з другого регістра 2 надходить значення  $\cos \delta$ . На виході блока 8 інверторів формується інверсне значення зазначеного операнда, яке надходить на другий інформаційний вхід першого суматора 9, на виході якого отримують операнд  $\cos^2 \delta - \cos \delta$ . Оскільки віднімання в першому суматорі 9 відбувається в доповнювальному коді, то на його вхід переносу 28 подають рівень логічної одиниці. Перший блок 10 множення приймає на перший вхід значення коефіцієнта  $a$  із блока 6 постійної пам'яті, на другий вхід - значення  $\cos^2 \delta - \cos \delta$  із виходу першого суматора 9. Отриманий добуток  $a \cdot (\cos^2 \delta - \cos \delta)$  надходить на перший інформаційний вхід другого суматора 11. На другий вхід другого суматора 11 надходить значення  $\cos \delta$  з виходу другого регістра 2. На виході другого суматора 11 формується апроксимоване значення BRDF -  $a \cdot (\cos^2 \delta - \cos \delta) + \cos \delta$  Із виходу другого суматора 11 значення BRDF подається на перші входи блоків множення 12, 13 та 14. На другі входи блоків множення 12, 13 та 14 подається значення інтенсивності R, G, V складових кольору помножених на коефіцієнт  $k_s$  дзеркального відбиття поверхні із виходів регістрів 3, 4 та 5 відповідно. Оскільки суматор виконує мікрооперацію додавання двох операндів, то на його вхід 30 переносу подається рівень логічного нуля (вхід заземляється). На виходах пристрою 25, 26 та 27 пристрою формуються R, G, V складові інтенсивності кольору, які знайдено по формулі:

$$I = I_\ell k_s \cos^n \delta, \quad (2)$$

де  $I_\ell$  - інтенсивність джерела світла,  $k_s$  - коефіцієнт дзеркального відбиття,  $n$  - коефіцієнт спекулярності поверхні, який знаходиться в діапазоні 1-

1000,  $\delta$  - кут між вектором нормалі  $\vec{N}$  до поверхні

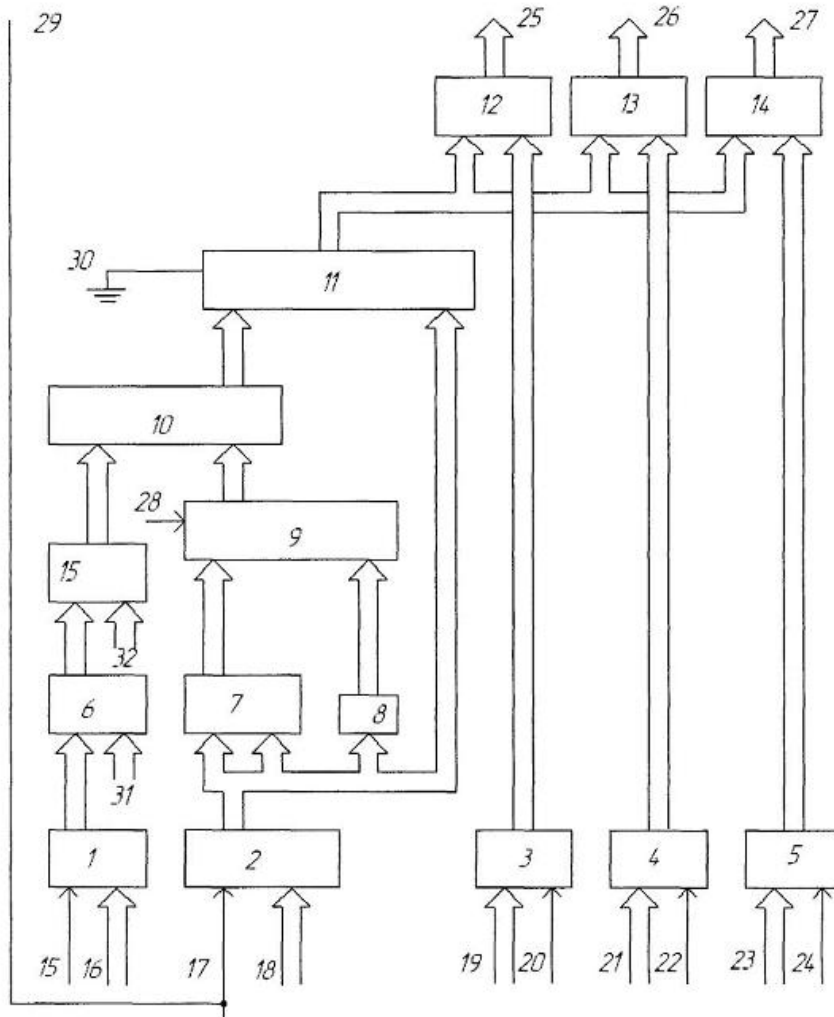
в заданій точці і вектором півшляху  $\vec{N}$ ,  $\cos^n \delta$  - дистрибутивна функція відбивної здатності повер-

хні (BRDF). Достовірність даних на виходах 25, 26, 27 пристрою підтверджується переднім фронтом сигналу, який формується на виході 29 (див. фіг. 3). Цим сигналом є сигнал запису в другий регістр 2, активним фронтом запису є задній фронт. Таке часове рознесення відповідає принципу єдиної часової організації. Зрозуміло, що тривалість сигналу  $T$  повинна бути більшою перехідних процесів пристрою. Керуючий вхід 28 першого суматора 9 з'єднано із рівнем логічної одиниці для того, щоб суматор працював у режимі віднімання. Керуючий вхід 30 пристрою підключено до рівня логічного нуля (заземлено), таким чином забезпечується робота суматора в режимі додавання.

У запропонованому пристрої для знаходження спекулярної складової кольору використовується значення  $\cos \delta$ , яке легко отримується скалярним

добутком векторів  $\vec{N}$  і  $\vec{N}$ . У пристрої-аналозі використовується значення  $\delta$ , що передбачає виконання після знаходження  $\cos \delta$  довготривалої операції арккосинуса. Таким чином, у запропонованому пристрої досягається більш висока швидкість за рахунок спрощеного розрахунку вихідних параметрів.

У пристрої-прототипі використовується блок постійної пам'яті, що ускладнює реалізацію пристрою у вигляді великої інтегральної схеми. Таким чином, у запропонованому пристрої досягається можливість реалізації пристрою у вигляді великої інтегральної схеми за рахунок усунення блока постійної пам'яті.



Фиг. 1

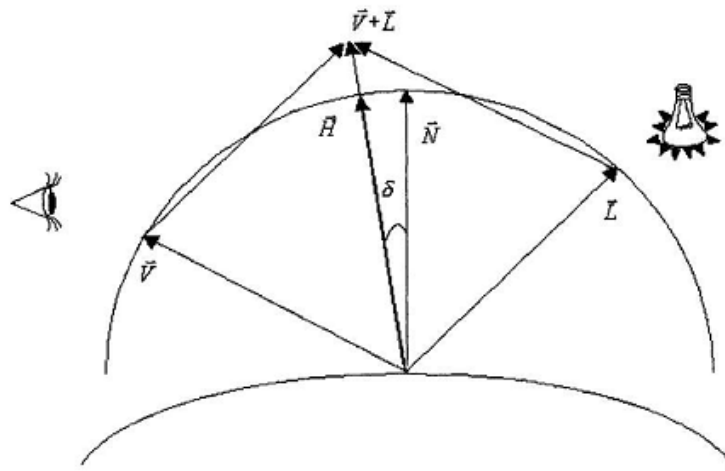


Fig. 2

Підтвердження достовірності  
Даних на виходах 25, 26, 27

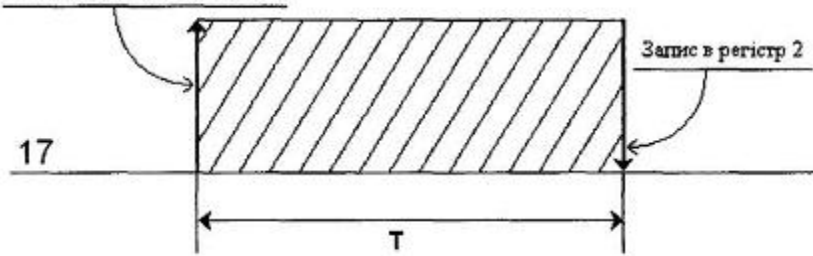


Fig. 3