



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60551 (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) u201013610

(22) 16.11.2010

(24) 25.06.2011

(46) 25.06.2011, Бюл.№ 12, 2011 р.

(72) РОМАНЮК ОЛЕКСАНДР НИКИФОРОВИЧ,
ЛЯШЕНКО ЮРІЙ ЛЕОНІДОВИЧ, РОМАНЮК СЕРГІЙ
ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, який містить блок постійної пам'яті, п'ять блоків множення, причому вихід третього блока множення підключено до першого виходу пристрою, вихід четвертого блока множення підключено до другого виходу пристрою, вихід п'ятого блока множення підключено до третього виходу пристрою, керуючий вхід першого регістра підключено до першого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до першого інформаційного входу пристрою, а вихід підключено до першого входу першого суматора, вихід другого регістра підключено до блока постійної пам'яті та до першого блока множення, керуючий вхід якого підключено до другого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до другого інформаційного входу пристрою, керуючий вхід третього регістра підключено до третього керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із першим входом третього блока множення, керуючий вхід четвертого регістра підключено до четвертого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до четвертого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із першим входом четвертого блока множення, керуючий вхід п'ятого

регістра підключено до п'ятого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до п'ятого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із першим входом п'ятого блока множення, перший вхід першого суматора з'єднано із виходом першого регістра, кожний розряд другого входу під'єднано до рівня логічної одиниці, а вхід переносу заземлено, перший вхід першого блока множення з'єднано із виходом першого суматора, другий вхід - із виходом другого регістра, а вихід з'єднано із першим входом другого суматора, перший вхід другого суматора підключено до виходу першого блока множення, другий вхід заземлено, вхід переносу під'єднано до рівня логічної одиниці, а вихід під'єднано до обох входів другого блока множення, обидва входи другого блока множення підключено до виходу другого суматора, а вихід підключено до першого входу схеми порівняння та до першого входу блока ключів, перший і другий входи схеми порівняння з'єднано із виходом другого блока множення і виходом блока постійної пам'яті відповідно, а вихід з'єднано із другим входом блока ключів, до входів якого підключено вихід другого блока множення та вихід схеми порівняння, який **відрізняється** тим, що у нього введено шостий, сьомий та восьмий блоки множення, входи шостого блока множення з'єднано із виходом блока ключів, а вихід підключено до входів сьомого блока множення, входи восьмого блока множення підключено до виходів сьомого блока множення, а вихід підключено до других входів третього, четвертого та п'ятого блоків множення, кожний (i+4)-ий розряд виходу другого регістра підключено до i-го розряду входу першого блока множення.

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 спекулярної складової кольору, який містить перший і другий суматори, перший і четвертий

блоки множення, зсувний регістр, лічильник, схему порівняння, мультиплексор (патент № 5739820 США, МПК6 G 06 T 15/50, 1998, фіг. 1С, 7D).

Недолік пристрою полягає в низькій точності відтворення зони затухання відблиску.

Найбільш близьким до технічного рішення, що заявляється, є пристрій для визначення інтенсив-

(19) UA (11) 60551 (13) U

ності спекулярної складової кольору, який містить блок постійної пам'яті, перший блок множення, другий блок множення, третій блок множення, вихід якого підключено до першого виходу пристрою, четвертий блок множення, вихід якого підключено до другого виходу пристрою, п'ятий блок множення, вихід якого підключено до третього виходу пристрою, 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 блока постійної пам'яті, керуючий вхід якого підключено до другого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до другого інформаційного входу пристрою, третій регістр, керуючий вхід якого підключено до третього керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із першим входом третього 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 першим входом четвертого 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 першим входом п'ятого блока множення, перший та другий суматори, схему порівняння та блок ключів, перший вхід першого суматора з'єднано із виходом першого регістра, кожний розряд другого входу під'єднано до рівня логічної одиниці, а вхід переносу заземлено, перший вхід першого блока множення з'єднано із виходом першого суматора, другий вхід - із виходом другого регістра, перший вхід другого суматора підключено до виходу першого блока множення, другий вхід заземлено, а вхід переносу під'єднано до рівня логічної одиниці, обидва входи другого блока множення підключено до виходу другого суматора, перший і другий входи схеми порівняння з'єднано із виходом другого блока множення і виходом блока постійної пам'яті відповідно, до входів блока ключів підключено вихід другого блока множення та вихід схеми порівняння, а вихід підключено до других входів третього, четвертого та п'ятого блоків множення. (Патент на корисну модель № 30041, опубл. 11.02.2008, Бюл. № 3.)

Недоліками пристрою є низька реалістичність відтворення спекулярної складової кольору та низька точність апроксимації у зоні блюмінга.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, у якому за рахунок введення нових елементів і зв'язків, а також використання нової функціональної залежності досягається підвищення реалістичності відтворення спекулярної складової кольору за рахунок збільшення точності апроксимації як епіцентру, так і зони затухання відблиску.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для визначення спекулярної складової кольору, який містить блок постійної пам'яті, п'ять блоків множення, причому вихід третього блока

множення підключено до першого виходу пристрою, вихід четвертого блока множення підключено до другого виходу пристрою, вихід п'ятого блока множення підключено до третього виходу пристрою, керуючий вхід першого регістра підключено до першого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до першого інформаційного входу пристрою, а вихід підключено до першого входу першого суматора, вихід другого регістра підключено до блока постійної пам'яті та до першого блока множення, керуючий вхід якого підключено до другого керуючого входу пристрою, а інформаційний вхід підключено до другого інформаційного входу пристрою, керуючий вхід третього регістра підключено до третього керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із першим входом третього блока множення, керуючий вхід четвертого регістра підключено до четвертого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до четвертого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із першим входом четвертого блока множення, керуючий вхід п'ятого регістра підключено до п'ятого керуючого входу пристрою, інформаційний вхід підключено до п'ятого інформаційного входу пристрою, а вихід з'єднано із першим входом п'ятого блока множення, перший вхід першого суматора з'єднано із виходом першого регістру, кожний розряд другого входу під'єднано до рівня логічної одиниці, а вхід переносу заземлено, перший вхід першого блока множення з'єднано із виходом першого суматора, другий вхід - із виходом другого регістра, а вихід з'єднано із першим входом другого суматора, перший вхід другого суматора підключено до виходу першого блока множення, другий вхід заземлено, вхід переносу під'єднано до рівня логічної одиниці, а вихід під'єднано до обох входів другого блока множення, обидва входи другого блока множення підключено до виходу другого суматора, а вихід підключено до першого входу схеми порівняння та до першого входу блока ключів, перший і другий входи схеми порівняння з'єднано із виходом другого блока множення і виходом блока постійної пам'яті відповідно, а вихід з'єднано із другим входом блока ключів, до входів якого підключено вихід другого блока множення та вихід схеми порівняння, введено шостий, сьомий та восьмий блоки множення, входи шостого блока множення з'єднано із виходом блока ключів, а вихід підключено до входів сьомого блока множення, входи восьмого блока множення підключено до виходів сьомого блока множення, а вихід підключено до других входів третього, четвертого та п'ятого блоків множення, кожний $(i+4)$ -ий розряд виходу другого регістра 2 підключено до i -го розряду виходу першого блока 7 множення.

На фігурі 1 зображено схему пристрою.

На фігурі 2 зображено хід променів для моделі освітлення Бліна.

На фігурі 3 зображено графіки дистрибутивної функції відбивної здатності поверхні (ДФВЗ) згідно з моделлю Бліна та для апроксимаційної функції, що пропонується.

Пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору містить блок 9 постійної пам'яті, відповідно перший ÷ п'ятий 1÷5 регістри, перший суматор 6, другий суматор 8, відповідно перший ÷ восьмий 7, 10, 13 ÷ 15, 33-35 блоки множення, схему порівняння 11 і блок 12 ключів, перший 32, другий 17, третій 19, четвертий 21, п'ятий 23 інформаційні входи пристрою, перший 16, другий 18, третій 20, четвертий 22, п'ятий 24 керуючі входи пристрою, відповідно перший ÷ третій 25÷27 інформаційні входи пристрою.

Вихід третього блока 13 множення підключено до першого виходу 25 пристрою, вихід четвертого блока 14 множення підключено до другого виходу 26 пристрою, вихід п'ятого блока 15 множення підключено до третього виходу 27 пристрою. Вихід другого регістра 2 підключено до блока 9 постійної пам'яті, керуючий вхід другого регістра 2 підключено до другого керуючого входу пристрою 18, а інформаційний вхід підключено до другого інформаційного входу пристрою 17. Керуючий вхід першого регістру 1 підключено до першого керуючого входу пристрою 16, а інформаційний вхід підключено до першого інформаційного входу пристрою 32. Керуючий вхід третього регістра 3 підключено до третього керуючого входу пристрою 20, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу пристрою 19, а вихід з'єднано із першим входом третього блока 13 множення. Керуючий вхід четвертого регістра 4 підключено до четвертого керуючого входу пристрою 22, інформаційний вхід підключено до четвертого інформаційного входу пристрою 21, а вихід з'єднано із першим входом четвертого блока множення 14. Керуючий вхід п'ятого регістра 5 підключено до п'ятого керуючого входу пристрою 24, інформаційний вхід підключено до п'ятого інформаційного входу пристрою 23, а вихід з'єднано із першим входом п'ятого блока 15 множення. Перший вхід першого суматора 6 з'єднано із виходом першого регістра 1, на кожний розряд другого входу подано "1", а вхід переносу заземлено. Перший вхід першого блока 7 множення з'єднано із виходом першого суматора 6, другий вхід - із виходом другого регістра 2. Перший вхід другого суматора 8 підключено до виходу першого блока 7 множення, а другий вхід заземлено, на вхід переносу подано "1". Обидва входи другого блока 10 множення підключено до виходу другого суматора 8, перший і другий входи схеми порівняння 11 з'єднано із виходом другого блока 10 множення і виходом блока 9 постійної пам'яті відповідно. До входів блока 12 ключів підключено вихід другого блока 10 множення та вихід схеми порівняння 11, а вихід підключено до першого та другого входів шостого блока 33 множення. Вихід шостого блока 33 множення підключено до першого та другого входів сьомого блока 34 множення, вихід якого підключено до першого і другого входів восьмого блока 35 множення, вихід якого підключено до других входів третього 13, четвертого 14 та п'ятого 15 блоків множення відповідно. (див. фіг. 1).

Для зафарбовування об'єктів у пристрої використовується модель освітлення Бліна, згідно з

якою інтенсивність спекулярної складової кольору розраховується по формулі:

$$I = I_0 K_s \cos^n \gamma, \quad (1)$$

де I_0 - інтенсивність джерела світла, K_s - коефіцієнт дзеркального відбиття, n - коефіцієнт спекулярності поверхні, який знаходиться в діапазоні 1-1000, γ - кут між вектором нормалі \vec{N} до поверхні в заданій точці і вектором півшляху \vec{H} , $\cos^n \gamma$ - 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. 1). Як видно з формули (1), вектор \vec{H} знаходиться шляхом додавання векторів \vec{L} та \vec{V} та нормалізації отриманого вектора (див. фіг. 2).

Розглянемо апроксимацію дистрибутивної функції $\cos^n \gamma$ у функцією $W(n, \gamma) = (\zeta \cdot (\cos \gamma - 1) + 1)^m$ за умови, що $0 \leq \gamma \leq \pi/2$. Вибір такої функції обумовлено тим, що:

а) для обох функцій як твірні використовується функція косинуса;

б) при $\gamma=0$ $\cos^n \gamma = (\zeta \cdot (\cos \gamma - 1) + 1)^m = 1$, що відповідає граничній умові;

г) обидві функції при $0 \leq \gamma \leq \pi/2$ і $m=2k$, де $k \in \mathbb{N}$ є додатними;

д) функція $(\zeta \cdot (\cos \gamma - 1) + 1)^m$ досягає нульового значення, що є передумовою формування блюмінга;

г) коефіцієнт ζ дає можливість зміни розміру відблиску.

Для визначення невідомого множника ζ у виразі $(\zeta \cdot (\cos \gamma - 1) + 1)^m$ використаємо такий підхід. Розкладемо функцію $\cos^n \gamma$ у ряд Тейлора і обмежимося двома членами

$$\cos^n \gamma \approx 1 - n \cdot \gamma^2 / 2.$$

Розклад $W(n, \gamma)$ у ряд Тейлора з двома членами має такий вигляд:

$$(\zeta \cdot (\cos \gamma - 1) + 1)^m \approx 1 - \zeta \cdot m \cdot \gamma^2.$$

Знайдемо ζ . Для цього прирівняємо праві частини отриманих виразів.

$$\zeta = \frac{n}{m}$$

Знаходимо, що $\zeta = \frac{n}{m}$. При дослідженнях було встановлено, що при підвищенні степеня, покращується якість апроксимації зони затухання, але зменшується точність апроксимації епіцентру відблиску. Проведені дослідження показали, що найкращий результат забезпечується при використанні функції

$$W(n, \gamma) = \left(\frac{n}{16} \cdot (\cos \gamma - 1) + 1 \right)^{16}$$

Для функції $W(n, \gamma)$ в точці перегину $\cos^n \gamma$ відносна похибка апроксимації не перевищує 1 % у

той час, як для ДФВЗ реалізований у пристрої прототипі, це значення складає більше 4 %. У зоні блумінга відносна похибка апроксимації не перевищує 7,6 %, для пристрою прототипу це значення складає більше 40 %.

Пристрій працює наступним чином.

У другий регістр 2 записується значення коефіцієнта n спекулярності поверхні. Для цього його значення подається на другий інформаційний вхід 17 пристрою, а на другий керуючий вхід 18 - рівень логічної одиниці. У перший регістр 1 записується значення косинуса кута між вектором нормалі та

вектором \vec{N} , $\cos\gamma = \vec{N} \cdot \vec{N}$. Значення $\cos\gamma$ подається на перший інформаційний вхід пристрою 32. Запис здійснюється шляхом подавання рівня логічної одиниці на перший керуючий вхід пристрою 16. У третій регістр 3, четвертий регістр 4 та п'ятий регістр 5 від зовнішнього пристрою записується відповідно значення інтенсивності R, G, B складових кольору, помножених на коефіцієнт k_s дзеркального відбиття поверхні. Для цього, згідно з формулою (1), на третій 19, четвертий 21 і п'ятий 23 інформаційні входи подаються відповідно значення інтенсивності R-складової, G-складової та B-складової, помножених на коефіцієнт дзеркального відбиття поверхні, а на відповідні третій 20, четвертий 22 та п'ятий 24 керуючі входи подається рівень логічної одиниці. Значення коефіцієнта спекулярності n із другого регістра 2 надходить на вхід блока 9 постійної пам'яті, де зберігаються відповідні граничні значення ДФВЗ (дистрибутивної функції відбивної здатності поверхні), після яких отримані значення слід обнуляти. Граничне значення ДФВЗ з виходу блока 9 постійної пам'яті надходить на перший вхід схеми порівняння 11, на другий вхід якої надходить операнд

$\left(\frac{n}{2} \cdot (\cos\gamma - 1) + 1\right)^2$. Він формується таким чином. Значення $\cos\gamma$ з першого регістра 1 подається на перший вхід першого суматора 6, на кожний розряд другого входу 30 якого подається код одиниці, що забезпечує віднімання від операнда значення 1. Дійсно, прямий код 1-000...01, зворотний код 1-111...10. Зрозуміло, що в молодшому розряді зворотного коду 1 завжди присутній "0". Щоб отримати доповняльний код 1 потрібно до молодшого розряду додати 1, тобто доповняльний код 1 дорівнює 111...11. Вхід переносу 28 першого суматора 6 заземлено, що забезпечує формування на його виході значення $\cos\delta - 1$, яке подається на перший вхід першого блока 7 множення. На другий вхід першого блока 7 множення подається значення з

другого регістра 2. Кожний $(i+4)$ -ий розряд виходу другого регістра 2 підключено до i -го розряду входу першого блока 7 множення, таким чином на виході першого блока 7 множення формується

результат $\frac{n}{16}(\cos\gamma - 1)$, який подається на перший вхід другого суматора 8. Другий вхід 31 другого суматора 8 заземлено, а на вхід переносу 29 подано рівень логічної одиниці, тому на виході другого суматора 8 формується значення $\frac{n}{16}(\cos\gamma - 1) + 1$, яке подається на обидва входи другого блока 10 множення, на виході якого отри-

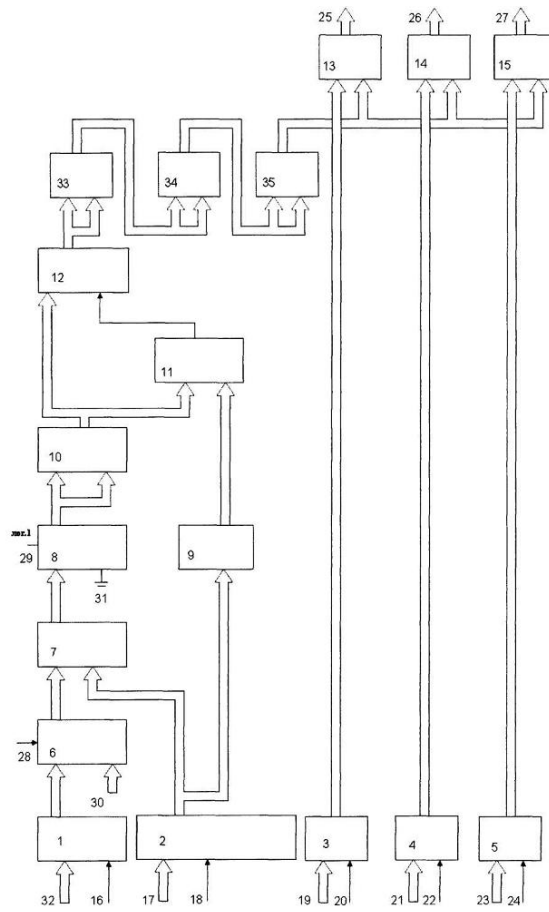
муємо $\left(\frac{n}{16} \cdot (\cos\gamma - 1) + 1\right)^2$, яке подається на схему порівняння 11 і на блок 12 ключів. Коли отримане значення менше за граничне, то на виході блока 12 ключів формується нульове значення, інакше -

значення $\left(\frac{n}{16} \cdot (\cos\gamma - 1) + 1\right)^2$. Значення $\left(\frac{n}{16} \cdot (\cos\gamma - 1) + 1\right)^2$ з блока 12 ключів подається на

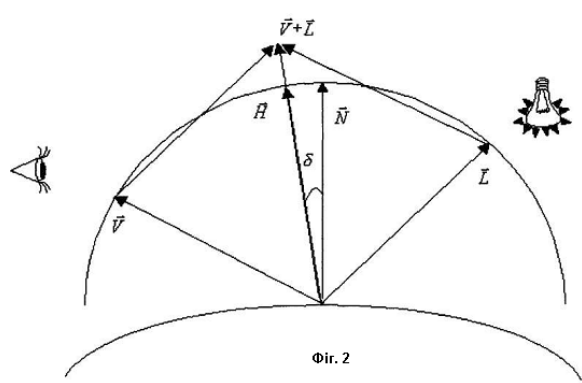
перший та другий входи шостого блока 33 множення, значення з виходу якого подається на перший та другий входи сьомого блока 34 множення. Значення з виходу сьомого блока 34 множення подається на перший та другий входи восьмого блока 35 множення, значення з виходу якого подається на перші входи третього 13, четвертого 14 та п'ятого 15 блоків множення. На другі входи третього 13, четвертого 14 та п'ятого 15 блоків множення із виходів третього 3, четвертого 4 та п'ятого 5 регістрів відповідно подається значення інтенсивності R, G, B складових кольору помножених на коефіцієнт k_s дзеркального відбиття поверхні. На першому 25, другому 26 та третьому 27 інформаційних виходах пристрою формуються R, G, B складові інтенсивності кольору, які знайдено по формулі (1).

Недоліком пристрою-прототипу є низька реалістичність спекулярної складової кольору, оскільки похибка апроксимації занадто велика у зоні затухання.

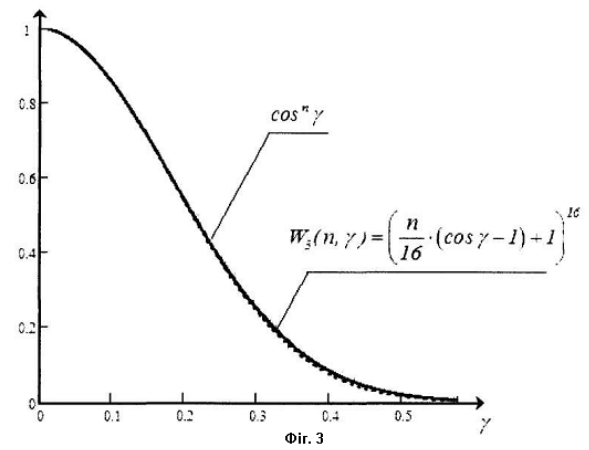
У пристрої, що заявляється, запропоновано функцію, яка забезпечує високу якість апроксимації не тільки епіцентру відблиску, а і зоні затухання.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3