



УКРАЇНА

(19) UA (11) 30041 (13) U
(51) МПК (2006)
G06T 15/50

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) u200710786

(22) 01.10.2007

(24) 11.02.2008

(72) РОМАНЮК ОЛЕКСАНДР НИКИФОРОВИЧ,
UA, ЛЯШЕНКО ЮРІЙ ЛЕОНІДОВИЧ, UA

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Пристрій для визначення інтенсивності 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, який відрізняється тим, що у нього введено 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 і п'ятого блоків множення.

Корисна модель відноситься 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 та другий суматори, перший та четвертий блоки множення, зсувний регістр, лічильник, схему порівняння, мультиплексор [патент №5739820 США, МПК6 G06T15/50, 1998, фіг.7С, 7D].

Недолік пристрою полягає в низькій точності відтворення зони затухання відблиску через різке спадання функції.

Найбільш близьким до технічного рішення, що заявляється, є пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, який містить

блок постійної пам'яті, перший блок множення, перший вхід якого з'єднано із виходом блоку 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 блоку 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 блоку множення, до входу блоку 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

UA (19) 30041 (11) (13) U

блок множення, обидва входи якого підключено до виходу другого регістру, а вихід з'єднано із першим інформаційним входом першого суматора, вихід блоку інверторів з'єднано із другим інформаційним входом першого суматора, вхід переносу якого підключено до рівня логічної одиниці, а вихід до другого входу першого блоку множення, до першого інформаційного входу другого суматора підключено вихід першого блоку 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 блоку 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 блоку 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 блоку множення. [Патент України на корисну модель №20998 МПК G06T15/50, опубл. у бюл. №2, 2007р.]

Недоліками пристрою є недостатня якість відтворення спекулярної складової кольору в зоні затухання, що обумовлює обмежену область застосування пристрою, оскільки він може використовуватись лише для певної групи поверхонь, наприклад, з високим показником коефіцієнта спекулярності.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, у якому за рахунок введення нових елементів і зв'язків, використання нової функціональної залежності досягається підвищення реалістичності (точності) визначення спекулярної складової кольору, а також розширення області застосування пристрою за рахунок використання для всіх матеріалів поверхні.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для визначення 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 блоку 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 блоку

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 блоку 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 блоку множення, перший та другий суматори введено схему порівняння та блок ключів, 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 блоку множення з'єднано із виходом першого суматора, другий вхід - із виходом другого регістра, перший вхід другого суматора підключено до виходу першого блоку множення, другий вхід заземлено, а на вхід переносу під'єднано до рівня логічної одиниці, обидва входи другого блоку множення підключено до виходу другого суматора, перший і другий входи схеми порівняння з'єднано із виходом другого блоку множення і виходом блоку постійної пам'яті відповідно, до входів блоку ключів підключено вихід другого блоку множення та вихід схеми порівняння, а вихід підключено до других входів третього, четвертого а п'ятого блоків множення.

На фігурі 1 зображено схему пристрою.

На фігурі 2 зображено хід променів у моделі освітлення Бліна.

На фігурі 3 зображено графіки апроксимувальних функцій прототипу ($f(x)$) та пристрою ($h(x)$), що пропонується.

На фігурі 4 зображено графіки максимальних відносних похибок для функцій прототипу ($f_1(n)$) та пристрою, що пропонується ($f_2(n)$).

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 ÷ п'ятий 7, 10, 13÷15 блоки множення, схему порівняння 11 та 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 блоку 13 множення підключено до першого виходу 25 пристрою, вихід четвертого блоку 14 множення підключено до другого виходу 26 пристрою, вихід п'ятого блоку 15 множення підключено до третього виходу 27 пристрою. Вихід другого регістру 2 підключено до блоку 9 постійної пам'яті, керуючий вхід другого регістру 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 регістру 3 підключено до третього керуючого входу пристрою 20, інформаційний вхід підключено до третього інформаційного входу при-

строю 19, а вихід з'єднано із першим входом третього блоку 13 множення. Керуючий вхід четвертого регістру 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 блоку множення 14. Керуючий вхід п'ятого регістру 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 блоку 15 множення. Перший вхід першого суматора 6 з'єднано із виходом першого регістру 1, на кожний розряд другого входу подано «1», а вхід переносу заземлено. Перший вхід першого блоку 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 блоку 7 множення, а другий вхід заземлено, на вхід переносу подано «1». Обидва входи другого блоку 10 множення підключено до виходу другого суматора 8, перший і другий входи схеми порівняння 11 з'єднано із виходом другого блоку 10 множення і виходом блоку 9 постійної пам'яті відповідно. До входів блоку 12 ключів підключено вихід другого блоку 10 множення та вихід схеми порівняння 12, а вихід 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.3). Як видно з формули (1), вектор \vec{H} знаходиться шляхом додавання векторів \vec{L} та \vec{V} та нормалізації отриманого вектору (див. Фіг.2).

Розглянемо апроксимацію дистрибутивної функції $\cos^n \gamma$ функцією

$$W(\gamma, n) = \left(\frac{A}{B} (\cos \gamma - 1) + 1 \right)^2 \quad \text{за умови, що}$$

$$0 \leq \gamma \leq \frac{\pi}{2}.$$

Вибір такої функції обумовлено наступним:

а) для обох функцій у якості твірної використовується функція косинуса;

б) при $\gamma=0$ $\cos^n \gamma = \left(\frac{A}{B} (\cos \gamma - 1) + 1 \right)^2 = 1$, що відповідає граничній умові;

г) обидві функції при $0 \leq \gamma \leq \frac{\pi}{2}$ є додатними;

д) функція $\left(\frac{A}{B} (\cos \gamma - 1) + 1 \right)^2$ досягає нульового значення, що є передумовою формування блюмінга;

г) коефіцієнти A і B дають можливість зміни розміру відблиску. Розкладемо функцію $\cos^n \gamma$ у ряд Тейлора і обмежимося двома членами

$$\cos^n \gamma \approx 1 - \frac{1}{2} n \cdot x^2$$

Розклад $\left(\frac{A}{B} (\cos \gamma - 1) + 1 \right)^2$ у ряд Тейлора з двома членами має такий вигляд:

$$\left(\frac{A}{B} (\cos \gamma - 1) + 1 \right)^2 \approx 1 - \frac{A}{B} n \cdot x^2$$

Знайдемо невідомі A і B . Для цього прирівняємо праві частини отриманих виразів. Знаходимо, що $A=1$, $B=2$.

Таким чином,

$$\cos^n \gamma \approx \left(\frac{n}{2} (\cos \gamma - 1) + 1 \right)^2.$$

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{H} $\cos \gamma = \vec{H} \cdot \vec{N}$. 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 на третій 19, четвертий 21 та 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 регістру 2 поступає на вхід блоку 9 постійної пам'яті, де зберігаються відповідні граничні значення ДФВЗ (дистрибутивної функції відбивної здатності поверхні), після яких отриманні значення слід обнуляти. Граничне значення ДФВЗ з виходу блоку 9 постійної пам'яті поступає на перший вхід схеми порівняння 11, на другий вхід якої поступає опе-

ранд $\left(\frac{n}{2} (\cos \gamma - 1) + 1 \right)^2$. Він формується таким чином. Значення $\cos \gamma$ з першого регістру 1 подається

ся на перший вхід першого суматора 6, на кожний розряд другого входу якого подається код одиниці, що забезпечує віднімання від операнду 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 першого суматора 6 заземлено, що забезпечує формування на його виході значення $\cos \delta - 1$, яке поступає на перший вхід першого блоку 7 множення. На другий вхід першого блоку 7 множення подається значення з другого регістру 2. Кожний $i+1$ розряд виходу другого регістра 2 підключено до i -го розряду входу першого блоку 7 множення, таким чином отримуючи на виході першого блоку 7 множення результат $\frac{n}{2}(\cos \gamma - 1)$, який подається на перший вхід другого суматора 8. Другий вхід другого суматора 8 заземлено, а на вхід переносу 28 подано рівень логічної одиниці, тому на виході другого суматора 8 формується значення $\frac{n}{2}(\cos \gamma - 1) + 1$, яке подається на обидва входи другого блоку 10 множення, на виході якого отримуємо $\left(\frac{n}{2}(\cos \gamma - 1) + 1\right)^2$, яке подається на схему порівняння 11 і на блок 12 ключів. Коли отримане значення менше за граничне, то на виході блоку 12 ключів формується нульове значення, інакше -

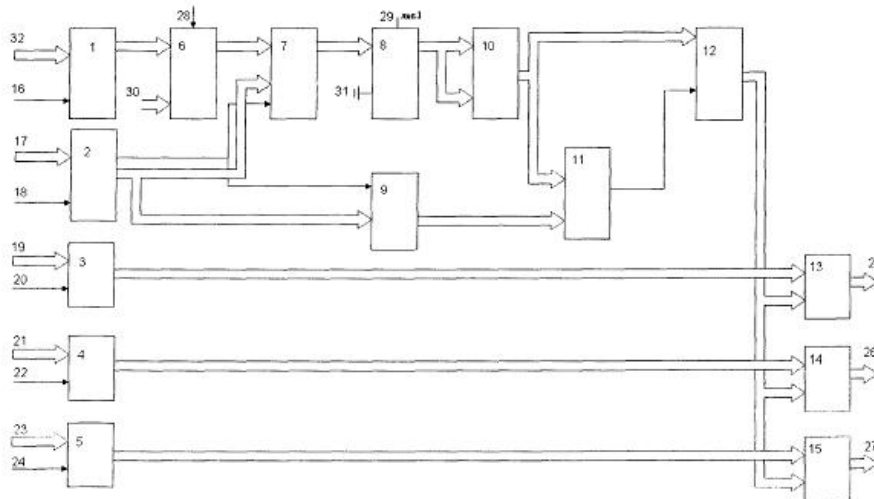
значення $\left(\frac{n}{2}(\cos \gamma - 1) + 1\right)^2$. Значення -

$\left(\frac{n}{2}(\cos \gamma - 1) + 1\right)^2$ з блоку 12 ключів 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 подається значення інтенсивності R, G, B складових кольору помножених на коефіцієнт k_s дзеркального відбиття поверхні із виходів третього 3, четвертого 4 та п'ятого 5 регістрів відповідно. На першому 25, другому 26 та третьому 27 інформаційних виходах пристрою формуються R, G, B складові інтенсивності кольору, які знайдено по формулі (1).

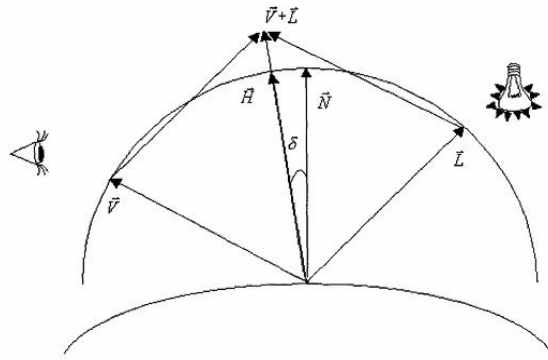
У пристрою-прототипу при формуванні спекулярної складової кольору відсутній блюмінг (зона затування відблиску). Це пояснюється тим, що утворююча функція в пристрої-прототипі при $\gamma \rightarrow 0$ не монотонно наближається до нуля, а різко переходить через вісь абсцис (див. Фіг.3). До зони перегину функції відносна похибка не перевищує 8% (див. Фіг.4).

У запропонованому пристрої крива дистрибутивної функції має зону затування, що дозволяє більш реалістично відобразити відблиск. Відносна похибка у такого пристрою не перевищує 2%.

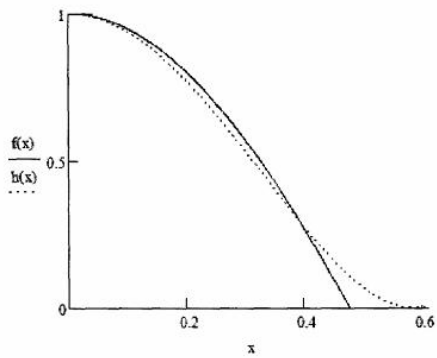
Дослідження пристрою показали, що точність отриманих значень в 3-4 рази більша для зони відблиску, та у 7-8 разів вища для зони затування, ніж відповідні значення пристрою аналогу (Фіг.3).



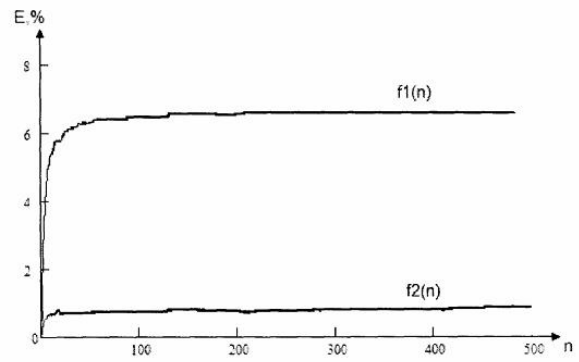
Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4