



УКРАЇНА

(19) UA (11) 20998 (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) u200609954

(22) 18.09.2006

(24) 15.02.2007

(46) 15.02.2007, Бюл. № 2, 2007 р.

(72) Романюк Олександр Никифорович, Ляшенко Юрій Леонідович, Мельников Олександр Микитович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, що містить блок постійної пам'яті, перший блок множення, перший вхід якого з'єднано із виходом блока постійної пам'яті та другий, третій і четвертий блоки множення, виходи яких підключено до першого, другого і третього виходів пристрою відповідно, який відрізняється тим, що у нього введено 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 виходів 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 інфо-

рмаційного 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.

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 G 06 T 15/50, 1998, Фіг.7С, 7D].

Недолік пристрою полягає в низькій точності визначення інтенсивності спекулярної складової кольору.

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

чотири блоки множення, два блоки постійної пам'яті і дешифратор, виходи якого підключені до молодших розрядів входу другого блока постійної пам'яті, старші розряди входу якого з'єднано з виходом першого блока множення, входи першого блока множення з'єднано із першим та другим входом пристрою відповідно, другий вхід пристрою підключено до дешифратора, а вихід другого блока постійної пам'яті з'єднано із другими входами другого, третього та четвертого блоків множення, на перші входи другого, третього та четвертого блоків множення подається значення інтенсивності R, G, B складових кольору відповідно, а виходи другого третього та четвертого блоків множення підключено до виходів пристрою.

Недоліками пристрою є складність апаратної

UA (19) 20998 (13) U

реалізації, а, також, складність обчислення вхідних операндів для знаходження спекулярної складової кольору.

В основу корисної моделі поставлена задача спрощення апаратної реалізації і зменшення складності обчислення вхідних операндів пристрою для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору за рахунок виконання операцій безпосередньо із значенням $\cos \delta$, яке легко отримується скалярним добутком векторів \vec{N} і \vec{N} , досягнуто зменшення складності апаратної реалізації та збільшення швидкості обчислення.

Суть пристрою полягає в тому, що в пристрій для визначення спекулярної складової кольору, який містить блок постійної пам'яті, перший блок множення, перший вхід якого з'єднано із виходом блока постійної пам'яті, другий, третій та четвертий блоки множення, виходи яких підключено відповідно до першого, другого і третього виходів пристрою, введено 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 керуючого 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.

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 блок 6 постійної

пам'яті, перший блок 10 множення, другий блок 12 множення, третій блок 13 множення, четвертий блок 14 множення, перший регістр 1, другий регістр 2, п'ятий блок 7 множення, блок 8 інверторів, перший суматор 9, другий суматор 11, третій регістр 3, четвертий регістр 4, п'ятий регістр 5.

Перший вхід першого блока 10 множення з'єднано із виходом блока 6 постійної пам'яті. 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 блока 6 постійної пам'яті, керуючий вхід якого підключено до першого керуючого входу 15 пристрою, а інформаційний вхід підключено до першого інформаційного входу 16 пристрою. 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, 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:

$$I = I_0 k_s \cos^n \delta, \quad (1)$$

де I_0 - інтенсивність джерела світла, k_s - коефіцієнт дзеркального відбиття, n - коефіцієнт спекулярності поверхні, який знаходиться в діапазоні 1-1000, δ - кут між вектором нормалі \vec{N} до поверхні в заданій точці і вектором півшляху $\vec{N} \cos^n \delta$ - дистрибутивна функція відбивної здатності поверхні (BRDF). Вектор N розраховується за формулою (2).

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

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.

$$\text{При } x=0 \cos^n x=1, \text{ звідки можна записати} \quad (4)$$

$$a+b+c=1$$

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 коефіцієнту a прирівняємо 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:

$$a \cdot \cos^2 \gamma + (1-a) \cos^n \gamma = \cos^n \gamma. \quad (7)$$

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

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

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 a доцільно обчислити попередньо і зберігати у блоці постійної пам'яті.

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} , $\cos \varphi = \vec{N} \cdot \vec{N}$ - вектор нормалі, а \vec{L} та \vec{V} - одиничні вектори, що визначають відповідно місце розташування джерела світла та спостерігача. Як видно з формули (1), вектор \vec{N} знаходиться шляхом додавання век-

торів \vec{L} та \vec{V} та нормалізації отриманого вектору (див. Фіг.2). Значення $\cos \delta$ подається на інформаційний вхід 18. Запис здійснюється по задньому фронту сигналу, який поступає на керуючий вхід 17. У регістри 3, 4 та 5 від зовнішнього пристрою записується значення інтенсивності R, G, B складових кольору, помножених на коефіцієнт k_s дзеркального відбиття поверхні відповідно. Для цього на інформаційні входи 19, 21 та 23 подаються значення інтенсивності R -складової, G -складової та B -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 поступає на вхід блока 6 постійної пам'яті, де зберігаються відповідні значення коефіцієнта a .

Значення коефіцієнта a з виходу блока 6 поступає на перший вхід блока 10 множення, на другий вхід якого поступає операнд $\cos^2 \delta - \cos \delta$. Він формується таким чином. Значення $\cos \delta$ з регістра 2 подається на обидва входи блока 7 множення, що забезпечує формування на його виході значення $\cos^2 \delta$, яке поступає на перший вхід суматора 9. На вхід блока 8 інверторів з регістра 2 поступає значення $\cos \delta$. На виході блока 8 формується інверсне значення зазначеного операнда, яке поступає на другий інформаційний вхід суматора 9, на виході якого отримують операнд $\cos^2 \delta - \cos \delta$. Оскільки віднімання в суматорі 9 відбувається в доповняльному коді, то на його вхід переносу 28 подають рівень логічної одиниці. Блок 10 множення приймає на перший вхід значення коефіцієнта a із блока 6 постійної пам'яті, на другий вхід - значення $\cos^2 \delta - \cos \delta$ 13 виходу суматора 9. Отриманий добуток $a(\cos^2 \delta - \cos \delta)$ поступає на перший інформаційний вхід суматора 11. На другий вхід суматора 11 поступає значення $\cos \delta$ з виходу регістра 2. На виході суматора 11 формується апроксимоване значення BRDF - $a(\cos^2 \delta - \cos \delta) + \cos \delta$. Із виходу 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, B складових кольору помножених на коефіцієнт k_s дзеркального відбиття поверхні із виходів регістрів 3, 4 та 5 відповідно. Оскільки суматор виконує мікро операцію 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, B складові інтенсивності кольору, які знайдено по формулі:

$$I = I_0 k_s \cos^n \delta, \quad (2)$$

де I_0 - інтенсивність джерела світла, k_s - коефіцієнт дзеркального відбиття, n - коефіцієнт спекулярності поверхні, який знаходиться в діапазоні 1-1000, δ - кут між вектором нормалі \vec{N} до поверхні в заданій точці і вектором півшляху \vec{N} , $\cos^n \delta$ - дистрибутивна функція відбивної здатності поверхні (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 регістр 2, актив-

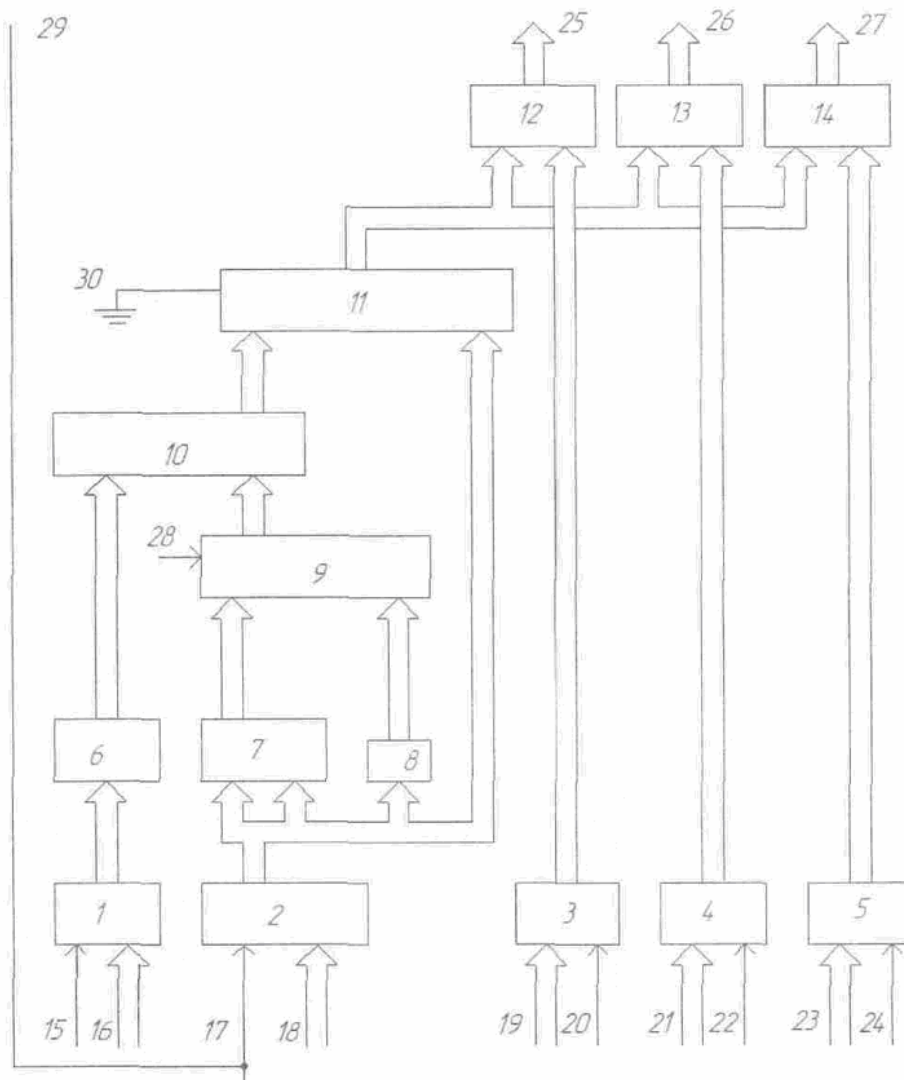
ним фронтом запису є задній фронт. Таке часове рознесення відповідає принципу єдиної часової організації. Зрозуміло, що тривалість сигналу T повинна бути більшою перехідних процесів пристрою. Керуючий вхід 28 першого суматора 9 з'єднано із рівнем логічної одиниці для того, щоб суматор працював у режимі 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-аналогі використовується значення δ , що передбачає виконання після знаходження $\cos \delta$ довготривалої операції арккосинуса. Таким чином, у запропонованому пристрої досягається більш висока швид-

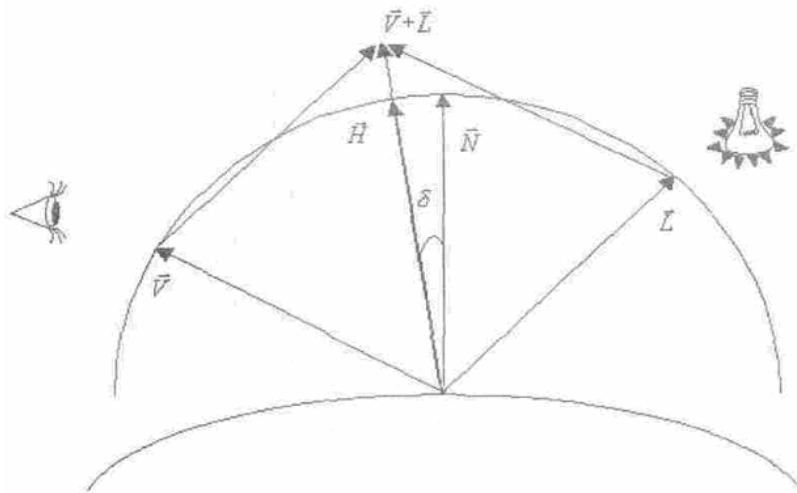
кодія за рахунок спрощеного розрахунку вихідних параметрів.

У пристрої-прототипі використовується два блока постійної пам'яті, причому у одному із них зберігаються значення чотирьох різних степенів косинуса кута δ для всіх можливих значень n на всьому діапазоні зміни S ($0 \leq S \leq \frac{\pi}{2}$). У запропонованому пристрої використано лише один блок пам'яті, у якому зберігаються значення коефіцієнта a для всіх n . Таким чином, досягається зменшення як кількості блоків пам'яті, так і їх об'ємів.

У запропонованому пристрої використовуються виключно мікросхеми, що випускаються серійно.

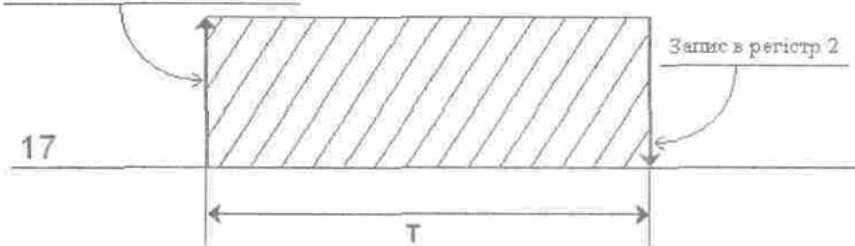


Фіг. 1



Фиг. 2

Підтвердження достовірності
Даних на виходах 25, 26, 27



Фиг. 3