



**MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO**  
**DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE**  
**UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI**

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102018000004938</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>27/04/2018</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>27/10/2019</b>

Classifiche IPC

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
G	06	T	7	12

Titolo

Metodo per determinare una curva di trabecolato basato sulla applicazione di soglie ai canali di una immagine a colori
--

## **TITOLO**

"Metodo per determinare una curva di trabecolato basato sulla applicazione di soglie ai canali di una immagine a colori"

## **DESCRIZIONE**

### **CAMPO DELL'INVENZIONE**

La presente invenzione riguarda un metodo per determinare una curva di trabecolato in un'immagine di un angolo iridocorneale di un occhio, nonché un prodotto di programma per computer corrispondente e apparecchio medicale.

### **STATO DELL'ARTE**

Il trabecolato è una zona nell'occhio sita attorno alla base della cornea e responsabile del drenaggio dell'umore acqueo dall'occhio tramite la camera anteriore (la camera sulla parte frontale dell'occhio coperta dalla cornea). In particolare, il trabecolato separa l'iride dalla sclera ed è sito all'interno dell'angolo iridocorneale. Per essere precisi, se si considera un'immagine dell'angolo iridocorneale (supponendo che l'angolo sia aperto), i seguenti elementi anatomici si trovano nella seguente sequenza: iride, corpo ciliare, protrusione della sclera, trabecolato pigmentato, trabecolato non pigmentato, sclera, linea di Schwalbe, cuneo corneale.

Le immagini dell'angolo iridocorneale possono essere elaborate al computer per differenti motivi.

Un primo motivo può essere l'assistenza ai medici nella determinazione di patologie in base a immagini. Tale elaborazione può portare alla misurazione ad esempio dell'angolo o della vascolarizzazione di un tessuto della regione angolare o della tipologia di un tessuto nella regione angolare.

Un secondo motivo può essere la fornitura di dati di input per allineamento automatico di un apparecchio medicale per l'esecuzione di

esami o interventi chirurgici, con un occhio di un paziente sotto esame o intervento.

Un terzo motivo può essere la fornitura di dati di input per la messa a fuoco automatica di un apparecchio medicale per l'esecuzione di esami o interventi chirurgici, con un occhio di un paziente sotto esame o intervento.

Almeno in questi tre casi, è necessario determinare (più precisamente, stimare) la posizione di almeno una caratteristica dell'occhio nell'immagine da elaborare.

### **SOMMARIO DELL'INVENZIONE**

La richiedente è arrivata alla conclusione che una caratteristica preferita dell'occhio da localizzare, è la curva di trabecolato, in particolare una curva di separazione tra il trabecolato pigmentato e il trabecolato non pigmentato.

L'obiettivo della presente invenzione consiste nel fornire metodi per determinare una curva di trabecolato in un'immagine di un angolo iridocorneale di un occhio.

Tale obiettivo è raggiunto attraverso il metodo avente le caratteristiche esposte nelle rivendicazioni allegate che devono essere considerate parte integrale della presente descrizione.

Altri aspetti della presente invenzione sono un prodotto di programma per computer e un apparecchio medicale.

Occorre sottolineare che, se si desidera solo un punto del trabecolato, la presente invenzione insegna un modo per selezionare un punto della curva di trabecolato determinata, che ha una probabilità molto elevata di essere corretto.

### **LISTA DEI DISEGNI**

La presente invenzione diventerà più evidente dalla seguente descrizione da considerare congiuntamente alla figura allegata, in cui:

la figura 1 mostra un esempio di un'immagine di un angolo iridocorneale di un occhio che può essere elaborato attraverso i metodi secondo la presente invenzione,

la figura 2 mostra l'immagine della figura 1 con una curva di trabecolato sovrapposta ad essa, la curva di trabecolato essendo determinata attraverso un metodo secondo la presente l'invenzione,

la figura 3 mostra l'immagine della figura 1 con una linea mediana radiale e

la figura 4 mostra l'immagine della figura 1 con un punto di trabecolato evidenziato su di essa, il punto di trabecolato essendo nell'intersezione tra la curva della figura 2 e la linea della figura 3.

Si sottolinea che la presente invenzione non è limitata a quanto descritto in seguito, ma il suo ambito è determinato unicamente dalle rivendicazioni allegate.

#### **DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE**

La figura 1 mostra un esempio di un'immagine a colori di un angolo iridocorneale di un occhio che è di forma rettangolare ed è larga 1280 pixel e alta 960 pixel. I metodi secondo la presente invenzione sono idonei all'elaborazione ad esempio anche di immagini di forma quadrata. I metodi secondo la presente invenzione sono idonei per l'elaborazione di immagini larghe ad esempio almeno 200 pixel e alte almeno 200 pixel.

Come risulta evidente a un tecnico del ramo, la determinazione automatica di una curva di trabecolato nell'immagine della figura 1 (vale a dire, attraverso un computer digitale che esegue un programma per computer) non è un'attività semplice. Si sottolinea che immagini di angolo iridocorneale possono essere molto peggiori della figura 1.

L'immagine della figura 1 è stata ottenuta da un apparecchio secondo qualsiasi delle rivendicazioni del documento brevettuale WO

2015/180923 A1, ma i metodi secondo la presente invenzione possono essere usati per elaborare immagini differenti dalla figura 1 e non necessariamente acquisite attraverso un apparecchio secondo il documento brevettuale WO 2015/180923 A1.

Si sottolinea che molto spesso la direzione di acquisizione di un'immagine è nota all'apparecchio; ad esempio, negli apparecchi secondo il documento brevettuale WO 2015/180923 A1, ciascuna immagine acquisita è associata a una precisa direzione di acquisizione. In alternativa, la direzione di acquisizione può essere stimata grossolanamente (ad esempio,  $\pm 10^\circ$ ) dall'immagine stessa.

Un'immagine a colori ha tre canali come R-G-B e H-S-V. Secondo la presente invenzione, lo spazio di colore R-G-B è preferito, o un simile spazio di colore in cui due o tre canali sono correlati dal punto di vista statistico.

I metodi secondo la presente invenzione servono per determinare una curva di trabecolato in un'immagine di un angolo iridocorneale di un occhio; tale immagine è un'immagine a colori; tale immagine comprende una regione dell'iride (che è tipicamente scura) su una prima zona dell'immagine e una regione della sclera (che è tipicamente luminosa) su una seconda zona dell'immagine; tale immagine è suddivisa in una pluralità di linee o strisce parallele ciascuna comprendente una porzione della regione dell'iride e una porzione della regione della sclera.

Le strisce citate in precedenza possono essere distanziate o adiacenti o sovrapposte; tipicamente sono scelte in modo che siano adiacenti. Il numero di strisce può essere ad esempio nell'intervallo 10-100. Preferibilmente, tutte le strisce hanno la stessa larghezza; nel caso di un'immagine di 1280x960 pixel, la larghezza delle strisce può essere ad esempio 16-24 pixel.

Le strisce citate in precedenza formano un set di strisce ordinate, che coprono la maggior parte dell'immagine da elaborare. Pertanto, esiste una prima striscia a un'estremità dell'immagine e un'ultima striscia all'estremità opposta dell'immagine. Considerando la figura 1, un tecnico del ramo comprende che, in generale, le strisce non sono parallele a qualsiasi dei lati dell'immagine da elaborare.

In alternativa alle strisce, si possono usare linee parallele dell'immagine. Questo equivale a usare una striscia molto sottile (avente una larghezza ad esempio di 1 o 2 pixel).

In generale, per ciascuna delle linee o strisce, sono eseguite le seguenti fasi:

- A) una prima soglia è determinata in base a un'intensità massima di primo canale di tutti i pixel nella linea o striscia,
- B) una seconda soglia è determinata in base a un'intensità massima di secondo canale di tutti i pixel nella linea o striscia,
- C) una terza soglia è determinata in base a un'intensità massima di terzo canale di tutti i pixel nella linea o striscia,
- D) muovendosi (pixel per pixel) lungo una linea da una prima estremità della linea o striscia a una seconda estremità della linea o striscia, determinazione di un pixel candidato attraverso le fasi di:
  - D1) effettuazione di un primo test che è positivo, se l'intensità di primo canale del pixel attuale è maggiore o uguale a detta prima soglia,
  - D2) effettuazione di un secondo test che è positivo, se l'intensità di secondo canale del pixel attuale è maggiore o uguale a detta seconda soglia,
  - D3) effettuazione di un terzo test che è positivo, se l'intensità di terzo canale del pixel attuale è maggiore o uguale a detta terza soglia,
  - D4) scelta del pixel attuale come pixel candidato, se il primo test è positivo e il secondo test è positivo e il terzo test è positivo;

in base a cui, detta curva di trabecolato è una curva che congiunge tutti i pixel candidati, determinati nella fase "D" - vedere ad esempio la figura 2.

Secondo un'implementazione tipica, il primo canale è rosso e il secondo canale è verde e il terzo canale è blu; pertanto, la prima soglia è una soglia rossa e la seconda soglia è una soglia verde e la terza soglia è una soglia blu. Queste soglie possono avere lo stesso valore o valori differenti. Nelle fasi "A" e "B" e "C", la soglia può corrispondere ad esempio all'intensità massima di tutti i pixel nella linea o striscia, moltiplicata per un coefficiente inferiore a 1,0, come 0,8; si possono usare tre coefficienti differenti.

Nella fase "D", la linea di "movimento" è tipicamente una linea retta. Se l'immagine da elaborare è suddivisa in strisce, tale linea può essere la linea centrale della striscia.

Nella fase "D", il "movimento" è preferibilmente dalla regione dell'iride alla regione della sclera. In questo modo, il pixel candidato deve essere più vicino all'iride che alla sclera.

Secondo implementazioni preferite, lo spazio di colore dell'immagine a colori da elaborare, ha tre componenti a canale singolo correlati; in particolare, secondo un'implementazione semplice ed efficace, questi componenti sono componenti rosso e verde e blu.

Preferibilmente, le strisce hanno una direzione parallela alla direzione di acquisizione dell'immagine da elaborare. Se tale direzione è ignota, la direzione di acquisizione è vantaggiosamente stimata e il metodo può usare qualsiasi direzione che è parallela o inclinata rispetto alla direzione di acquisizione dell'immagine di un angolo maggiore ad esempio di  $-10^\circ$  e minore ad esempio a  $+10^\circ$ .

Il metodo comprende vantaggiosamente le ulteriori fasi di:

E) interpolazione di tutti i pixel candidati, determinati nella fase "D"

determinando così una curva d'interpolazione, in base a cui, la curva di trabecolato corrisponde alla curva d'interpolazione.

Considerando la forma reale del trabecolato di un occhio e il fatto che solo una piccola porzione dell'angolo iridocorneale è mostrata nell'immagine da elaborare, nella fase "E" è preferita un'interpolazione di linea e/o un'interpolazione di curva, in particolare un'interpolazione di cerchio.

In particolare, nella fase "E", si possono usare entrambi i tipi di interpolazione. Ad esempio e preferibilmente, innanzitutto si tenta un'interpolazione di linea e poi un'interpolazione di curva (in particolare un'interpolazione di cerchio), se l'interpolazione di linea fallisce.

Un metodo efficace per l'interpolazione nella fase "E" è RANSAC o "consenso del campione casuale" (M. Fischler e R. Bolles, Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. Readings in computer vision, p. 726-740, 1987).

Come già affermato, se si desidera solo un punto del trabecolato, la presente invenzione insegna un modo per selezionare un punto della curva di trabecolato determinata, che ha una probabilità molto elevata di essere corretto, come spiegato in seguito.

Prima di tutto, la linea mediana radiale, se è determinata l'immagine da elaborare. La linea mediana radiale è una linea retta che passa attraverso il centro dell'immagine e che è parallela alla direzione di acquisizione dell'immagine. Nella figura 3, la linea centrale e mediana radiale è mostrata sovrapposta all'immagine della figura 1.

Poi, la curva di trabecolato determinata s'interseca con la linea mediana radiale (come mostrato nella 4) e il punto in tale intersezione è considerato un punto del trabecolato.



Questa è una stima molto buona.

I metodi secondo la presente invenzione sono tipicamente effettuati mediante un computer digitale che esegue un programma per computer appropriato, caricato nella memoria interna del computer digitale.

Tale computer digitale può essere integrato nello stesso apparecchio medicale usato per l'acquisizione delle immagini da elaborare.

In alternativa, tale computer digitale può ricevere immagini da elaborare sebbene un supporto di memoria (ad esempio un CD o un DVD o una pen-drive) o da un cavo dati (ad esempio, un cavo di rete del computer) o via radio (connessione wireless, connessione ottica, connessione con telefono cellulare).

## **RIVENDICAZIONI**

1. Metodo per determinare una curva di trabecolato in un'immagine di un angolo iridocorneale di un occhio, in cui detta immagine è un'immagine a colori e comprende una regione dell'iride su una prima zona e una regione della sclera su una seconda zona, in cui detta immagine è suddivisa in una pluralità di linee o strisce parallele ciascuna comprendente una porzione di detta regione dell'iride e una porzione di detta regione della sclera, in cui per ciascuna di dette linee o strisce sono svolte le seguenti fasi:

A) una prima soglia è determinata in base a un'intensità massima di primo canale di tutti i pixel nella linea o striscia,

B) una seconda soglia è determinata in base a un'intensità massima di secondo canale di tutti i pixel nella linea o striscia,

C) una terza soglia è determinata in base a un'intensità massima di terzo canale di tutti i pixel nella linea o striscia,

D) muovendosi lungo una linea da una prima estremità della linea o striscia a una seconda estremità della linea o striscia, determinazione di un pixel candidato attraverso le fasi di:

D1) effettuazione di un primo test che è positivo se l'intensità di primo canale del pixel attuale è maggiore o uguale a detta prima soglia,

D2) effettuazione di un secondo test che è positivo se l'intensità di secondo canale del pixel attuale è maggiore o uguale a detta seconda soglia,

D3) effettuazione di un terzo test che è positivo se l'intensità di terzo canale del pixel attuale è maggiore o uguale a detta terza soglia,

D4) scelta del pixel attuale come pixel candidato se il primo test è positivo e il secondo test è positivo e il terzo test è positivo;

in base a cui, detta curva di trabecolato è una curva che congiunge tutti i pixel candidati determinati nella fase "D".

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui dette linee o strisce

hanno una direzione parallela alla direzione di acquisizione di detta immagine oppure sono inclinate rispetto alla direzione di acquisizione di detta immagine di un angolo maggiore di  $-10^\circ$  e minore di  $+10^\circ$ .

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui lo spazio di colore di detta immagine a colori ha tre componenti a canale singolo correlati, in particolare componenti di rosso e verde e blu.

4. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2 o 3, comprendente l'ulteriore fase di:

E) interpolazione di tutti i pixel candidati determinati nella fase "D" determinando così una curva d'interpolazione, in base a cui, detta curva di trabecolato corrisponde a detta curva d'interpolazione.

5. Metodo secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, comprendente inoltre le fasi di:

F) intersezione di detta curva di trabecolato con una linea mediana radiale, così da ottenere un punto, detta linea mediana radiale essendo una linea retta che passa attraverso il centro di detta immagine e che è parallela alla direzione di acquisizione di detta immagine, in base a cui, detto punto determinato nella fase "F" è considerato un punto del trabecolato di detto occhio.

6. Prodotto di programma per computer caricabile nella memoria interna di un computer digitale, comprendente porzioni di codice software per eseguire le fasi del metodo secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni da 1 a 5, quando detto prodotto è eseguito su un computer.

7. Apparecchio medicale specificamente atto a effettuare il metodo secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni da 1 a 5.

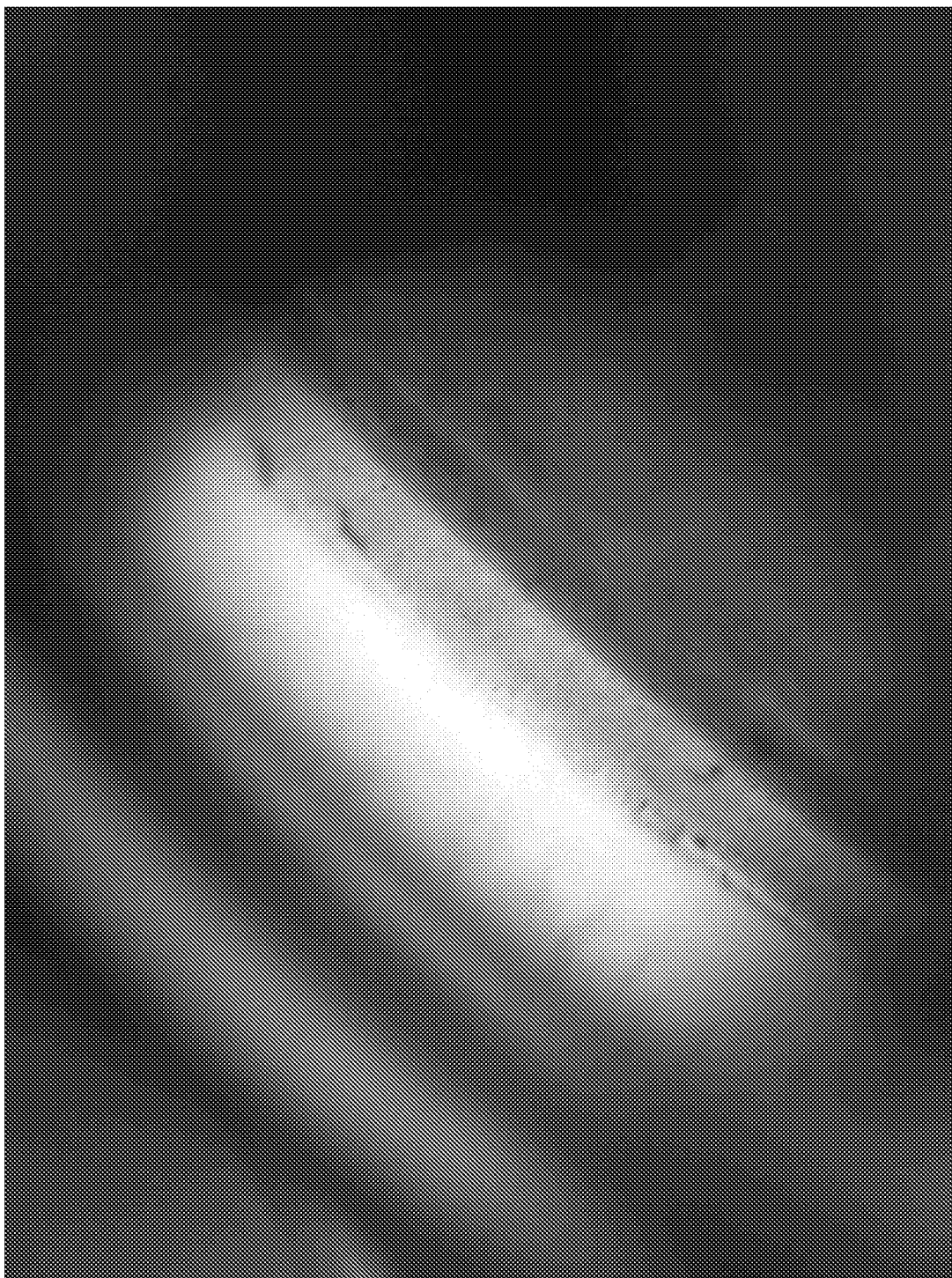


Fig. 1

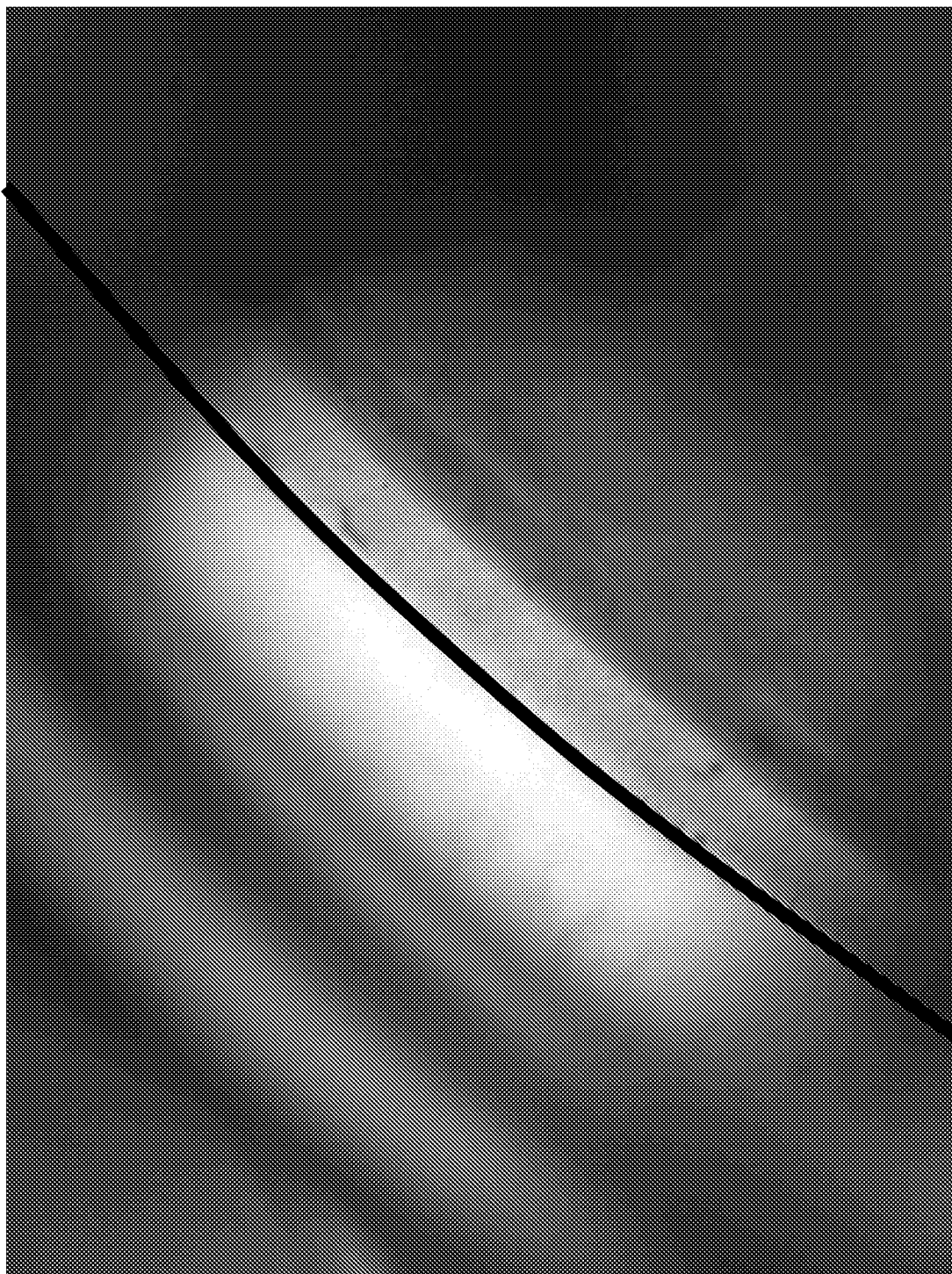


Fig. 2

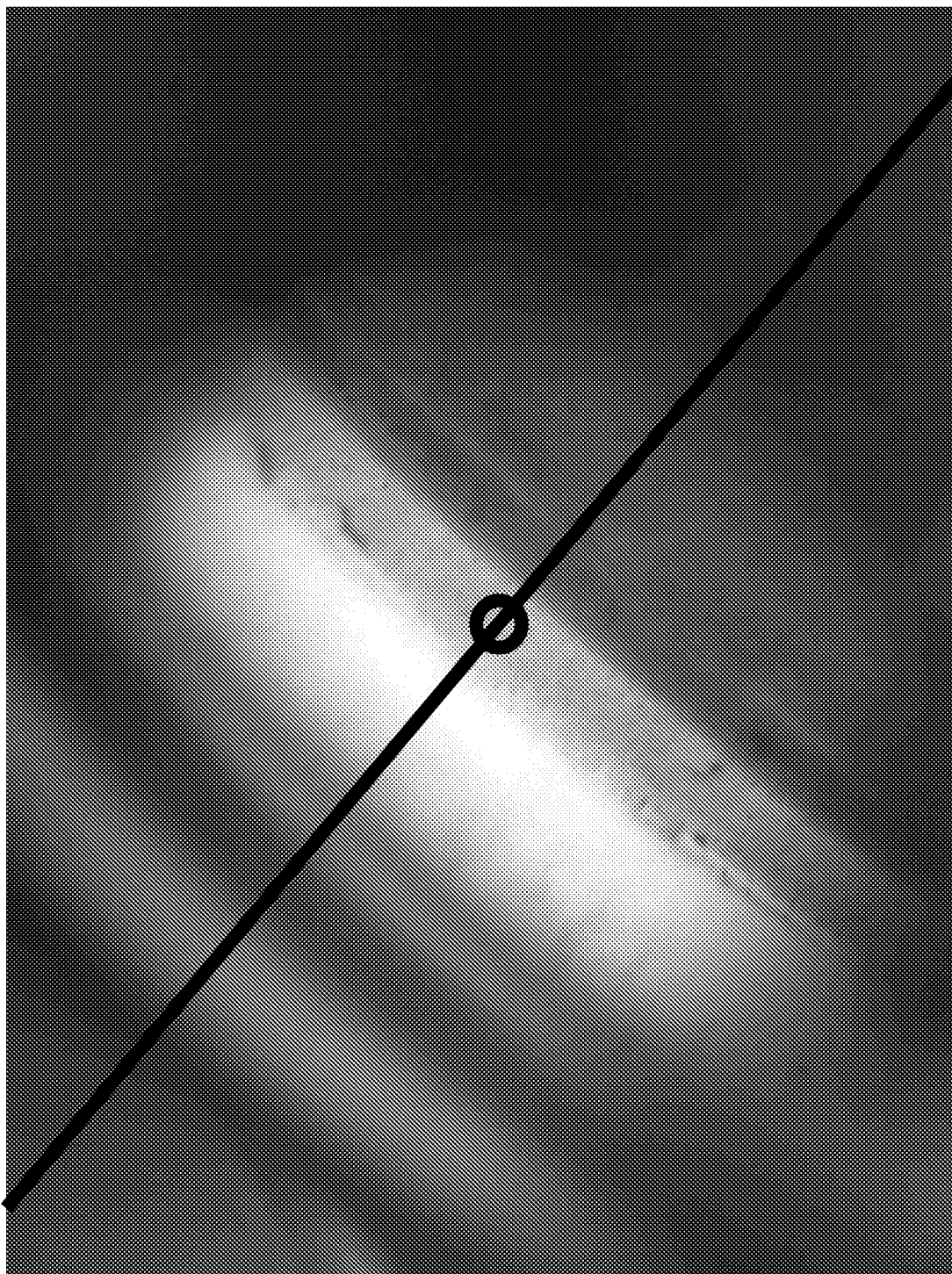


Fig. 3

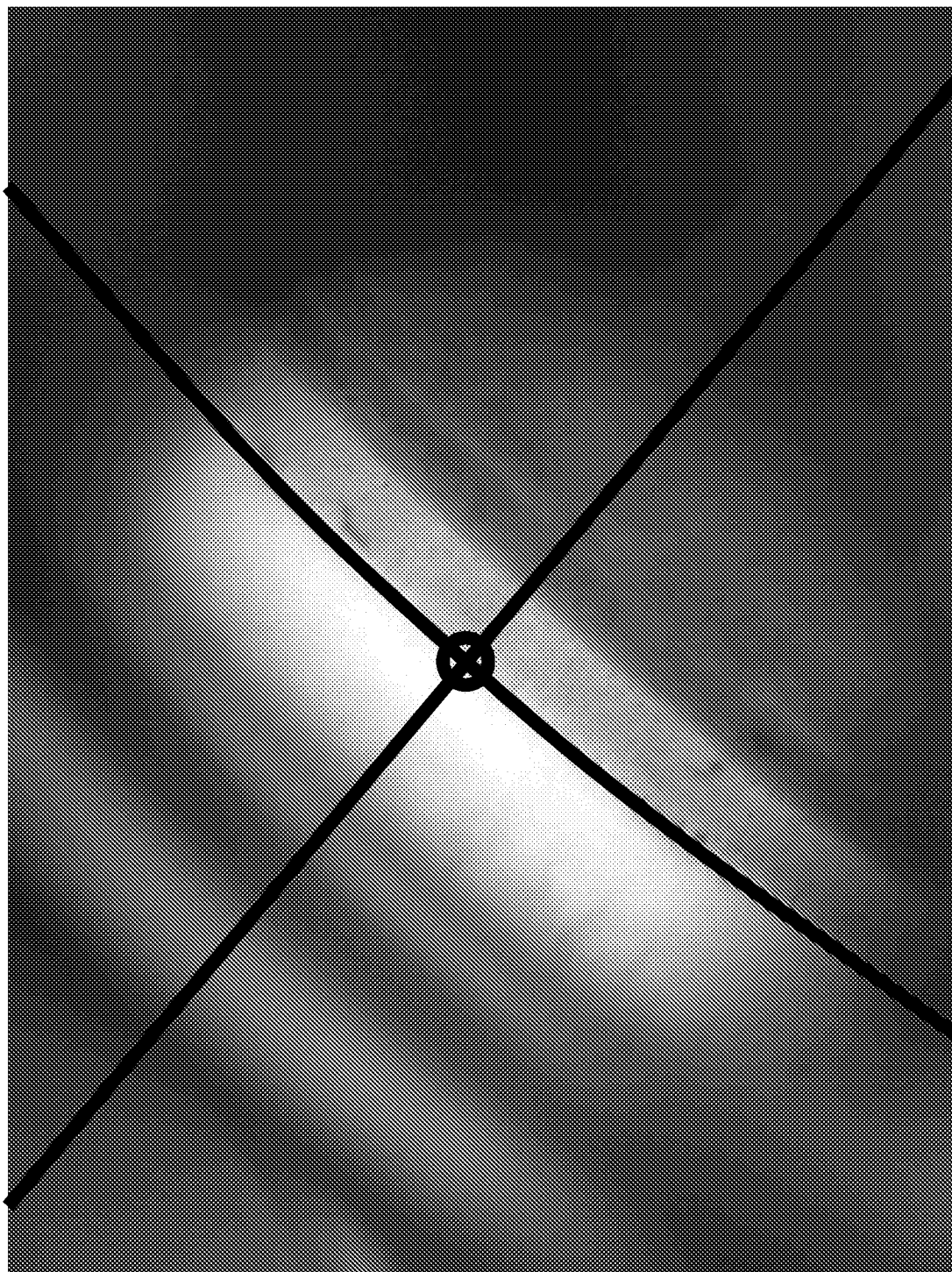


Fig. 4