

(21)申請案號：111138617

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 10 月 12 日

(51)Int. Cl.:

G02B1/02 (2006.01)

H04N5/335 (2011.01)

(71)申請人：大陸商廣州立景創新科技有限公司(中國大陸) GUANGZHOU LUXVISIONS
INNOVATION TECHNOLOGY LIMITED (CN)

中國大陸

(72)發明人：林子堯 LIN, TZU-YAO (TW)；顏士傑 YEN, SHIH-CHIEH (TW)

(74)代理人：葉璟宗；卓俊傑

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：5 共 23 頁

(54)名稱

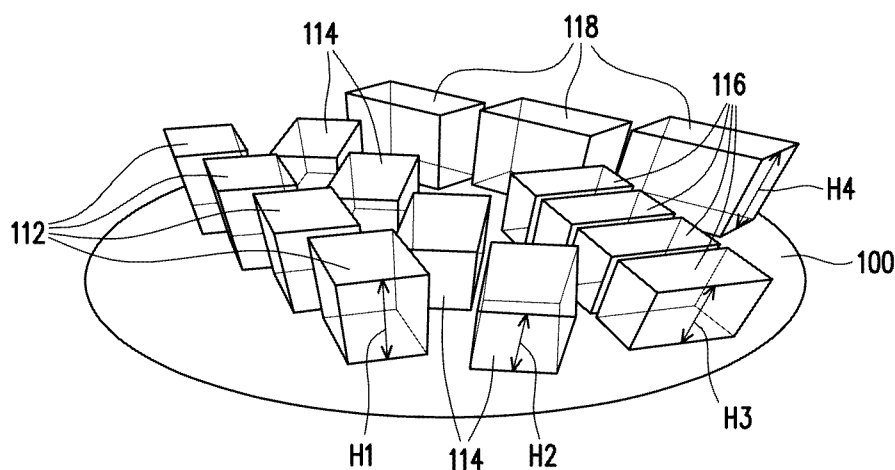
超穎透鏡以及影像感測器

(57)摘要

一種超穎透鏡，包括透明基板以及多個透鏡單元。透鏡單元位於透明基板上。每個透鏡單元包括沿著第一方向連續地排列的多個第一柱狀微結構以及沿著第二方向連續地排列的多個第二柱狀微結構。第一柱狀微結構的間距不同於第二柱狀微結構的間距。

A metalens includes a transparent substrate and lens units. The lens units are located on the transparent substrate. Each lens unit includes first columnar microstructures continuously arranged along a first direction and second columnar microstructures continuously arranged along a second direction. The pitch of the first columnar microstructures is different from that of the second columnar microstructures.

指定代表圖：



符號簡單說明：

100:透明基底

110:透鏡單元

112:第一柱狀微結構

114:第二柱狀微結構

116:第三柱狀微結構

118:第四柱狀微結構

H1:第一高度

H2:第二高度

H3:第三高度

H4:第四高度

【圖2A】

【發明摘要】

【中文發明名稱】超穎透鏡以及影像感測器

【英文發明名稱】METALENS AND IMAGE SENSOR

【中文】一種超穎透鏡，包括透明基板以及多個透鏡單元。透鏡單元位於透明基板上。每個透鏡單元包括沿著第一方向連續地排列的多個第一柱狀微結構以及沿著第二方向連續地排列的多個第二柱狀微結構。第一柱狀微結構的間距不同於第二柱狀微結構的間距。

【英文】 A metalens includes a transparent substrate and lens units. The lens units are located on the transparent substrate. Each lens unit includes first columnar microstructures continuously arranged along a first direction and second columnar microstructures continuously arranged along a second direction. The pitch of the first columnar microstructures is different from that of the second columnar microstructures.

【指定代表圖】圖2A。

【代表圖之符號簡單說明】

100:透明基底

110:透鏡單元

112:第一柱狀微結構

114:第二柱狀微結構

116:第三柱狀微結構

118:第四柱狀微結構

H1:第一高度

H2:第二高度

H3:第三高度

H4:第四高度

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】超穎透鏡以及影像感測器

【英文發明名稱】METALENS AND IMAGE SENSOR

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種超穎透鏡以及影像感測器。

【先前技術】

【0002】近年，隨著高解析度影像感測技術的發展，各種影像感測器的結構設計與製程技術不斷地被提出。傳統的影像感測模組常會透過大曲率的透鏡來提升光線的聚焦效果。然而，大曲率的透鏡容易產生像差，因此需要額外設置補償透鏡來校正影像的型變，導致影像感測器的整體厚度進一步增厚。另外，傳統透鏡與彩色濾光片（color filter array）具備的光學功能相當有限，使其在系統整合上有著一定的困難度。

【發明內容】

【0003】本發明提供一種超穎透鏡，可以用於提升影像感測器的光電轉換效率。

【0004】本發明提供一種光偵測器，具有光電轉換效率高的優點。

【0005】本發明的至少一實施例提供一種超穎透鏡。超穎透鏡包括透明基底以及多個透鏡單元。透鏡單元位於透明基板上。每個

透鏡單元包括沿著第一方向連續地排列的多個第一柱狀微結構以及沿著第二方向連續地排列的多個第二柱狀微結構。第一柱狀微結構的間距不同於第二柱狀微結構的間距。

【0006】 本發明的至少一實施例提供一種影像感測器。影像感測器包括超穎透鏡以及重疊於超穎透鏡的感光元件基板。

【0007】 基於上述，由於超穎透鏡的第一柱狀微結構的間距不同於第二柱狀微結構的間距，超穎透鏡可以將不同波長之入射光線聚焦於感光元件基板上的不同位置，因此，可以提升影像感測器的光電轉換效率。

【圖式簡單說明】

【0008】

圖 1 是依照本發明的一實施例的一種影像感測器的剖面示意圖。

圖 2A 是依照本發明的一實施例的一種超穎透鏡的立體示意圖。

圖 2B 是圖 2A 的超穎透鏡的上視示意圖。

圖 3 是依照本發明的一實施例的一種超穎透鏡在聚焦光線時的剖面示意圖。

圖 4 是依照本發明的一實施例的一種超穎透鏡的柱狀微結構的旋轉角度與相位調控的模擬數據圖。

圖 5 是依照本發明的一實施例的一種超穎透鏡的上視示意

圖。

【實施方式】

【0009】 圖 1 是依照本發明的一實施例的一種光偵測器的剖面示意圖。請參考圖 1，影像感測器 1 包括超穎透鏡 10 以及重疊於超穎透鏡 10 的感光元件基板 20。在一些實施例中，影像感測器 1 還包括濾光片 30。濾光片 30 設置於超穎透鏡 10 的外側，其用於過濾特定波長的光線。舉例來說，濾光片 30 為紅外線濾光片，且濾光片 30 用於阻擋紅外光。

【0010】 超穎透鏡 10 包括多個透鏡單元 110，其中圖 1A 省略繪示透鏡單元 110 的具體結構，關於透鏡單元 110 的具體結構將於後續進行說明。超穎透鏡 10 可藉由次波長結構操控電磁波的波前，透過動態相位以及幾何相位的搭配，能夠將可見光波段的人射光在一微米之內改變方向，藉此將光線引導至其所對應之感光元件。每個透鏡單元 110 中包括多個柱狀微結構（未繪出），這些柱狀微結構具有兩種以上的間距、長度、排列方向及/或高度。藉由調整柱狀微結構的間距、長度、排列方向及/或高度，可以將不同波長的光線引導至不同的位置。在一些實施例中，超穎透鏡 10 的焦距為 200 微米至 400 微米。

【0011】 感光元件基板 20 包括基板 200 以及位於基板 200 上的多個畫素單元 PX。每個畫素單元 PX 重疊於對應的一個透鏡單元 110。每個畫素單元 PX 包括多個感光元件。舉例來說，在本實施

例中，一個畫素單元 PX 包括感光元件 PD1、感光元件 PD2、感光元件 PD3 以及感光元件 PD4。感光元件 PD1、感光元件 PD2、感光元件 PD3 以及感光元件 PD4 被配置成用於接收相同或不同顏色的光線。舉例來說，感光元件 PD1、感光元件 PD2 以及感光元件 PD3 分別被配置成用於接收紅光 LR、綠光 LG 以及藍光 LB，而感光元件 PD4 被配置成用接收綠光 LG。

【0012】 在一些實施例中，感光元件基板 20 中的多個畫素單元 PX 是以拜爾排列（Bayer pattern）的方式陣列於基板 200 之上，為了簡單說明，圖 1A 僅繪示出其中一個畫素單元 PX。此外，雖然在圖 1A 中，感光元件 PD1、感光元件 PD2、感光元件 PD3 以及感光元件 PD4 排成一排，但本發明並不限制單個畫素單元 PX 中感光元件 PD1、感光元件 PD2、感光元件 PD3 以及感光元件 PD4 的具體排列方式。換句話說，單個畫素單元 PX 中感光元件 PD1、感光元件 PD2、感光元件 PD3 以及感光元件 PD4 的排列位置可以依照實際需求而定。此外，感光元件 PD1、感光元件 PD2、感光元件 PD3 以及感光元件 PD4 的形狀以及面積也可以依照實際需求而定。在一些實施例中，感光元件 PD1、感光元件 PD2、感光元件 PD3 以及感光元件 PD4 為互補式金屬氧化物半導體（英語：Complementary Metal-Oxide-Semiconductor，CMOS）感光元件，但本發明不以此為限。感光元件 PD1、感光元件 PD2、感光元件 PD3 以及感光元件 PD4 也可以為其他類型的感光元件。

【0013】 在本實施例中，超穎透鏡 10 中的微結構可以將不同波長

之光線聚焦於感光元件基板 20 上的不同位置。舉例來說，白光 L 在穿過超穎透鏡 10 後被區分成紅光 LR、綠光 LG 以及藍光 LB，其中紅光 LR 被引導至感光元件 PD1，綠光 LG 被引導至感光元件 PD2 以及感光元件 PD4，且藍光 LB 被引導至感光元件 PD3。

【0014】 基於上述，藉由利用超穎透鏡 10 取代微透鏡陣列以及彩色濾光片，可以減少影像感測器 1 的整體厚度。此外，由於超穎透鏡 10 不像彩色濾光片一樣對光線的吸收率很大，因此，利用超穎透鏡 10 可以提升影像感測器 1 的光電轉換效率。

【0015】 圖 2A 是依照本發明的一實施例的一種超穎透鏡的立體示意圖。圖 2B 是圖 2A 的超穎透鏡的上視示意圖。舉例來說，圖 2A 與圖 2B 的超穎透鏡是圖 1 的超穎透鏡 10 的其中一種態樣。請參考圖 2A 與圖 2B，超穎透鏡 10 包括透明基底 100 以及多個透鏡單元 110，其中圖 2A 與圖 2B 繪示了超穎透鏡 10 的其中一個透鏡單元 110。透明基板 100 的材料例如為玻璃、石英、有機材料（例如塑膠材料）或其他合適的材料。

【0016】 透鏡單元 110 位於透明基底 100 上。在一些實施例中，透明基底 100 的表面包括一層或多層緩衝層，而透鏡單元 110 形成於前述緩衝層上。

【0017】 每個透鏡單元 110 包括沿著第一方向 D1 連續地排列的多個第一柱狀微結構 112、沿著第二方向 D2 連續地排列的多個第二柱狀微結構 114、沿著第三方向 D3 連續地排列的多個第三柱狀微結構 116 以及沿著第四方向 D4 連續地排列的多個第四柱狀微結構

118。在一些實施例中，第一方向 $D1$ 、第二方向 $D2$ 、第三方向 $D3$ 以及第四方向 $D4$ 彼此相同或不同。

【0018】 相鄰的第一柱狀微結構 112 之間具有第一間距 $P1$ ，相鄰的第二柱狀微結構 114 之間具有第二間距 $P2$ ，相鄰的第三柱狀微結構 116 之間具有第三間距 $P3$ ，相鄰的第四柱狀微結構 118 之間具有第四間距 $P4$ 。在一些實施例中，第一間距 $P1$ 、第二間距 $P2$ 、第三間距 $P3$ 以及第四間距 $P4$ 彼此相同或不同。

【0019】 第一柱狀微結構 112 具有第一高度 $H1$ ，第二柱狀微結構 114 具有第二高度 $H2$ ，第三柱狀微結構 116 具有第三高度 $H3$ ，第四柱狀微結構 118 具有第四高度 $H4$ 。在一些實施例中，第一高度 $H1$ 、第二高度 $H2$ 、第三高度 $H3$ 以及第四高度 $H4$ 彼此相同或不同。

【0020】 請參考圖 2B，設定一個虛設 y 軸以及一個虛設 x 軸以定義柱狀微結構的中心軸方向。每個第一柱狀微結構 112 正投影至透明基底 100 上的形狀為第一矩形，其中第一矩形的中心軸線與虛設 x 軸之間具有第一夾角 $\theta1$ 。每個第二柱狀微結構 114 正投影至透明基底 100 上的形狀為第二矩形，其中第二矩形的中心軸線與虛設 x 軸之間具有第二夾角 $\theta2$ 。每個第三柱狀微結構 116 正投影至透明基底 100 上的形狀為第三矩形，其中第三矩形的中心軸線與虛設 x 軸之間具有第三夾角 $\theta3$ 。每個第四柱狀微結構 118 正投影至透明基底 100 上的形狀為第四矩形，其中第四矩形的中心軸線與虛設 x 軸之間具有第四夾角 $\theta4$ 。在一些實施例中，第一夾

角 θ_1 、第二夾角 θ_2 、第三夾角 θ_3 以及第四夾角 θ_4 彼此相同或不同。此外，第一矩形、第二矩形、第三矩形以及第四矩形分別具有第一長度 L_1 、第二長度 L_2 、第三長度 L_3 以及第四長度 L_4 。在一些實施例中，第一長度 L_1 、第二長度 L_2 、第三長度 L_3 以及第四長度 L_4 彼此相同或不同。

【0021】 在一些實施例中，藉由調整不同列的柱狀微結構的排列方向、間距、高度、旋轉角度及/或長度，可以使不同波長的光線分別被引導至不同的位置。舉例來說，在一些實施例中，第一柱狀微結構 112 的第一間距 P_1 為 100 奈米，第一高度 H_1 為 1 微米，且第一夾角 θ_1 為 50~70 度，藉此使第一柱狀微結構 112 適用於將綠光折射至對應的感光元件 PD2（請參考圖 1）；第二柱狀微結構 114 的第二間距 P_2 為 150 奈米，第二高度 H_2 為 800 奈米，且第二夾角 θ_2 為 30~50 度，藉此使第二柱狀微結構 114 適用於將紅光折射至對應的感光元件 PD1（請參考圖 1）；第三柱狀微結構 116 的第三間距 P_3 為 80 奈米，第三高度 H_3 為 700 奈米，且第三夾角 θ_3 為 -10~-30(也等於 350~330)度，藉此使第三柱狀微結構 116 適用於將藍光折射至對應的感光元件 PD3（請參考圖 1）；第四柱狀微結構 118 的第四間距 P_4 為 150 奈米，第四高度 H_4 為 1 微米，且第四夾角 θ_4 為 90~110 度，藉此使第四柱狀微結構 118 適用於將綠光折射至對應的感光元件 PD4（請參考圖 1）。在前述範例中，第一間距 P_1 、第二間距 P_2 以及第三間距 P_3 彼此不同，且第二間距 P_2 與第四間距 P_4 相等，但本發明不以此為限。在前述範例中，

第一高度 H1、第二高度 H2 以及第三高度 H3 彼此不同，且第一高度 H1 與第四高度 H4 相等，但本發明不以此為限。

【0022】 在一些實施例中，第一柱狀微結構 112、第二柱狀微結構 114、第三柱狀微結構 116 以及第四柱狀微結構 118 的材料包括砷化鎵 (GaN)、二氧化鈦 (TiO₂) 或其他合適的材料。在一些實施例中，透過選用比砷化鎵具有更高折射率之二氧化鈦，可使得超穎透鏡 10 對於光線之波前的相位調控能力更強，還能減少超穎透鏡 10 的厚度。此外，二氧化鈦之吸收損耗少，可以使影像感測器 1 具有較高的光電轉換效率。在一些實施例中，影像感測器 1 針對 457 奈米、532 奈米、633 奈米波長之光線的外部量子效率 (external quantum efficiency) 分別約為 80%、85% 以及 45%。

【0023】 在一些實施例中，單一個透鏡單元 110 中的第一柱狀微結構 112、第二柱狀微結構 114、第三柱狀微結構 116 以及第四柱狀微結構 118 各自的配置方式可以透過有限元素分析法來計算。藉由有限元素分析法可以獲得調控光線相位之最小單元。此外，在搭配動態相位之後，可以在保持透鏡單元 110 之聚焦效果的前提下大幅減少單一個透鏡單元 110 中的柱狀微結構所需的重複次數。舉例來說，在本實施例中，單一個透鏡單元 110 具有四個第一柱狀微結構 112、四個第二柱狀微結構 114、四個第三柱狀微結構 116 以及三個第四柱狀微結構 118。另外，由於加入了動態相位，超穎透鏡 10 在相同的面積之內具有更佳的聚焦效果，因而可以得到更小的聚焦光斑。另一方面，由於加入動態相位，可減小超穎

透鏡 10 的焦距。在數學式 1 中，DOF 為景深， u 為物距， N 為焦比， c 為模糊圓半徑，且 f 為焦距。由數學式 1 可得知，景深與焦距的平方成反比。因此，當超穎透鏡 10 應用在影像感測器 1 時，具有景深非常長的優點。基於前述，超穎透鏡 10 可將光線有效的聚焦於感光元件，藉此提高影像感測器 1 的光電轉換效率。

$$\text{DOF}=2u^2Nc/f^2 \quad \text{數學式 1}$$

【0024】圖 3 是依照本發明的一實施例的一種超穎透鏡在聚焦光線時的剖面示意圖。請參考圖 3，超穎透鏡 10 主要是透過改變不同位置處的光線的相位，使光線的波前出現變形，以達到聚焦之效果。舉例來說，在圖 3 中，靠近邊緣的光線 LT 在穿過超穎透鏡 10 之後，與靠近中心的光線 LT 相比，光線 LT 的波前的相位偏移了 π ($\pi=180^\circ$)。藉由調控光線 LT 的波前的相位，可以達到聚焦之效果。

【0025】圖 4 是依照本發明的一實施例的一種超穎透鏡的柱狀微結構的旋轉角度與相位調控的模擬數據圖。在圖 4 中，橫軸表示柱狀微結構的旋轉角度，也可以說是柱狀微結構透影至透明基底的矩形的中心軸與虛設 x 軸之間的夾角（例如為圖 2B 中的第一夾角 θ_1 至第四夾角 θ_4 ）；縱軸表示光線的波前的相位調控量，也可以說是波前的相位偏移量。請參考圖 4，藉由時域有限差分法（Finite-Difference Time-Domain，FDTD）進行模擬，透過改變柱狀微結構的旋轉角度可調控光線的波前的相位。具體地說，可以使光線的波前的相位出現 0 至 300 度的偏移。換句話說，本發明

能藉由控制柱狀微結構的旋轉角度改變入射光入射至預定區域之角度，藉此達到聚焦的效果。須注意的是，當旋轉角度超過 180 度時，則光線的波前的相位被調控的量跟前述旋轉角度之共軛角的調控的量相同。舉例來說，柱狀微結構的旋轉角為 260 度與柱狀微結構的旋轉角為 80 度（等於 260 度-180 度）具有相同的波前的相位的調控量。

【0026】 在一些實施例中，透過圖案化的硬罩幕層（例如二氧化矽）以及圖案化的光阻層來定義出具有各種不同旋轉角度的柱狀微結構。具體地說，可以藉由微影製程與蝕刻製程以定義出硬罩幕層以及光阻層的圖案，進而獲得具有不同旋轉角度的柱狀微結構。

【0027】 圖 5 是依照本發明的一實施例的一種超穎透鏡的上視示意圖。在此必須說明的是，圖 5 的實施例沿用圖 2A 和圖 2B 的實施例的元件標號與部分內容，其中採用相同或近似的標號來表示相同或近似的元件，並且省略了相同技術內容的說明。關於省略部分的說明可參考前述實施例，在此不贅述。

【0028】 請參考圖 5，在本實施例中，超穎透鏡 10A 包括沿著第一方向 D1 連續地排列的多排第一柱狀微結構 112、沿著第二方向 D2 連續地排列的多排第二柱狀微結構 114 以及沿著第三方向 D3 連續地排列的多排第三柱狀微結構 116。藉由調整不同列的柱狀微結構的排列方向、間距、高度、旋轉角度及/或長度，可以使不同波長的光線分別被引導至不同的位置。在一些實施例中，第一柱

狀微結構 112、第二柱狀微結構 114 以及第三柱狀微結構 116 分別被配置成將不同波長的光線引導至不同的位置。舉例來說，第一柱狀微結構 112 被配置成用於將紅光引導至感光元件 PD1（請參考圖 1），第二柱狀微結構 114 被配置成用於將綠光引導至感光元件 PD2（請參考圖 1），第三柱狀微結構 116 被配置成用於將藍光被引導至感光元件 PD3（請參考圖 1）。

【符號說明】

【0029】

1:影像感測器

10, 10A:超穎透鏡

20:感光元件基板

30:濾光片

100:透明基底

110:透鏡單元

112:第一柱狀微結構

114:第二柱狀微結構

116:第三柱狀微結構

118:第四柱狀微結構

D1:第一方向

D2:第二方向

D3:第三方向

D4:第四方向

H1:第一高度

H2:第二高度

H3:第三高度

H4:第四高度

L:白光

LR:紅光

LG:綠光

LB:藍光

LT 光線:

L1:第一長度

L2:第二長度

L3:第三長度

L4:第四長度

P1:第一間距

P2:第二間距

P3:第三間距

P4:第四間距

PD1, PD2, PD3, PD4:感光元件

PX:畫素單元

$\theta 1$:第一夾角

$\theta 2$:第二夾角

03:第三夾角

04:第四夾角

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種超穎透鏡，包括：

透明基底；以及

多個透鏡單元，位於所述透明基底上，其中每個所述透鏡單元包括：

多個第一柱狀微結構，沿著第一方向連續地排列；以及

多個第二柱狀微結構，沿著第二方向連續地排列，其中所述第一柱狀微結構的間距不同於所述第二柱狀微結構的間距。

【請求項2】 如請求項1所述的超穎透鏡，其中所述第一柱狀微結構的高度不同於所述第二柱狀微結構的高度。

【請求項3】 如請求項1所述的超穎透鏡，其中每個所述第一柱狀微結構正投影至所述透明基底上的形狀為第一矩形，且每個所述第二柱狀微結構正投影至所述透明基底上的形狀為第二矩形，其中所述第一矩形的長度不同於所述第二矩形的長度。

【請求項4】 如請求項3所述的超穎透鏡，其中以一個虛設x軸為基準，每個所述第一矩形的中心軸線與所述虛設x軸之間具有第一夾角，每個所述第二矩形的中心軸線與所述虛設x軸之間具有第二夾角，其中所述第一夾角不同於所述第二夾角。

【請求項5】 如請求項1所述的超穎透鏡，其中所述第一方向不同於所述第二方向

【請求項6】 如請求項1所述的超穎透鏡，其中每個所述透鏡單元更包括：

多個第三柱狀微結構，沿著第三方向連續地排列；以及

多個第四柱狀微結構，沿著第四方向連續地排列，其中所述第一柱狀微結構的間距、所述第二柱狀微結構的間距以及所述第三柱狀微結構的間距彼此不同。

【請求項7】 如請求項6所述的超穎透鏡，其中所述第四柱狀微結構的間距等於所述第二柱狀微結構的間距。

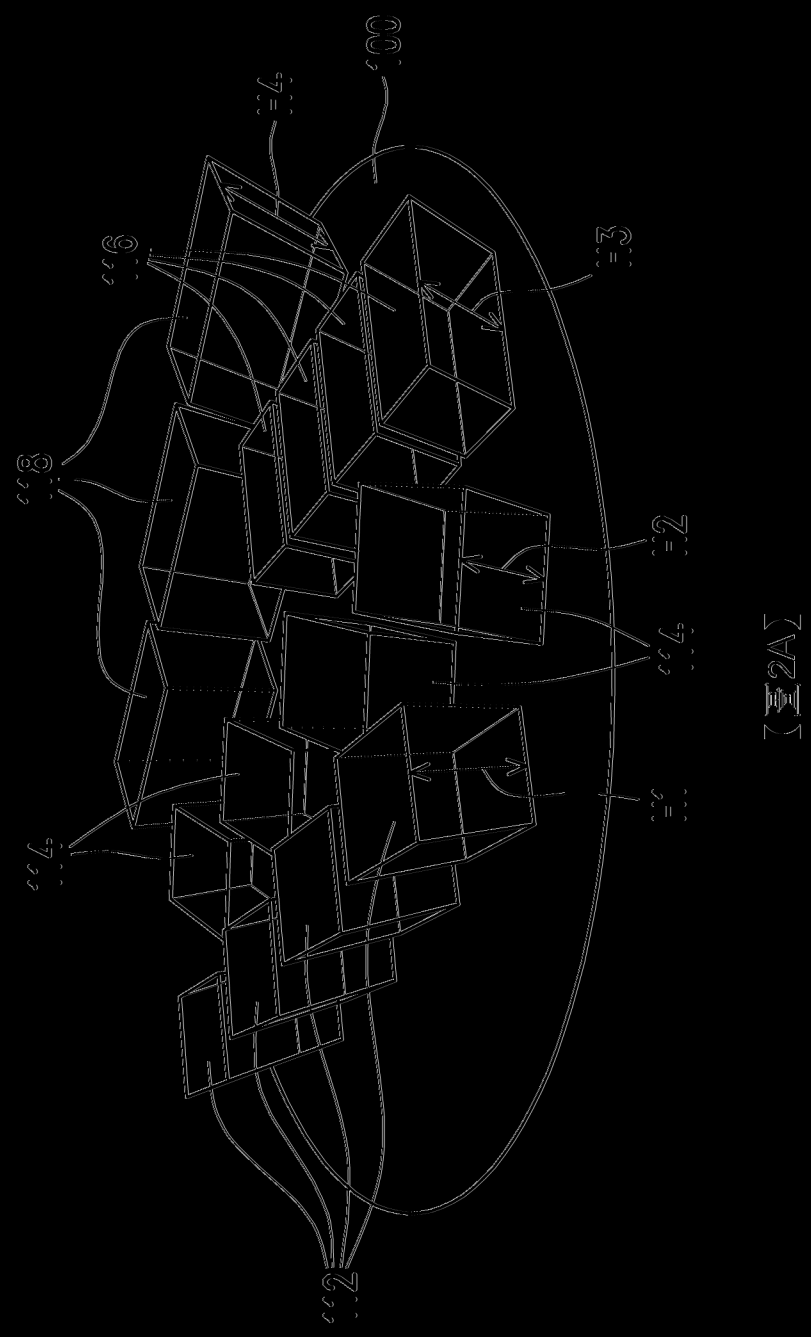
【請求項8】 如請求項6所述的超穎透鏡，其中所述第一柱狀微結構的高度等於所述第四柱狀微結構的高度，且所述第一柱狀微結構的高度、所述第二柱狀微結構的高度以及所述第三柱狀微結構的高度彼此不同。

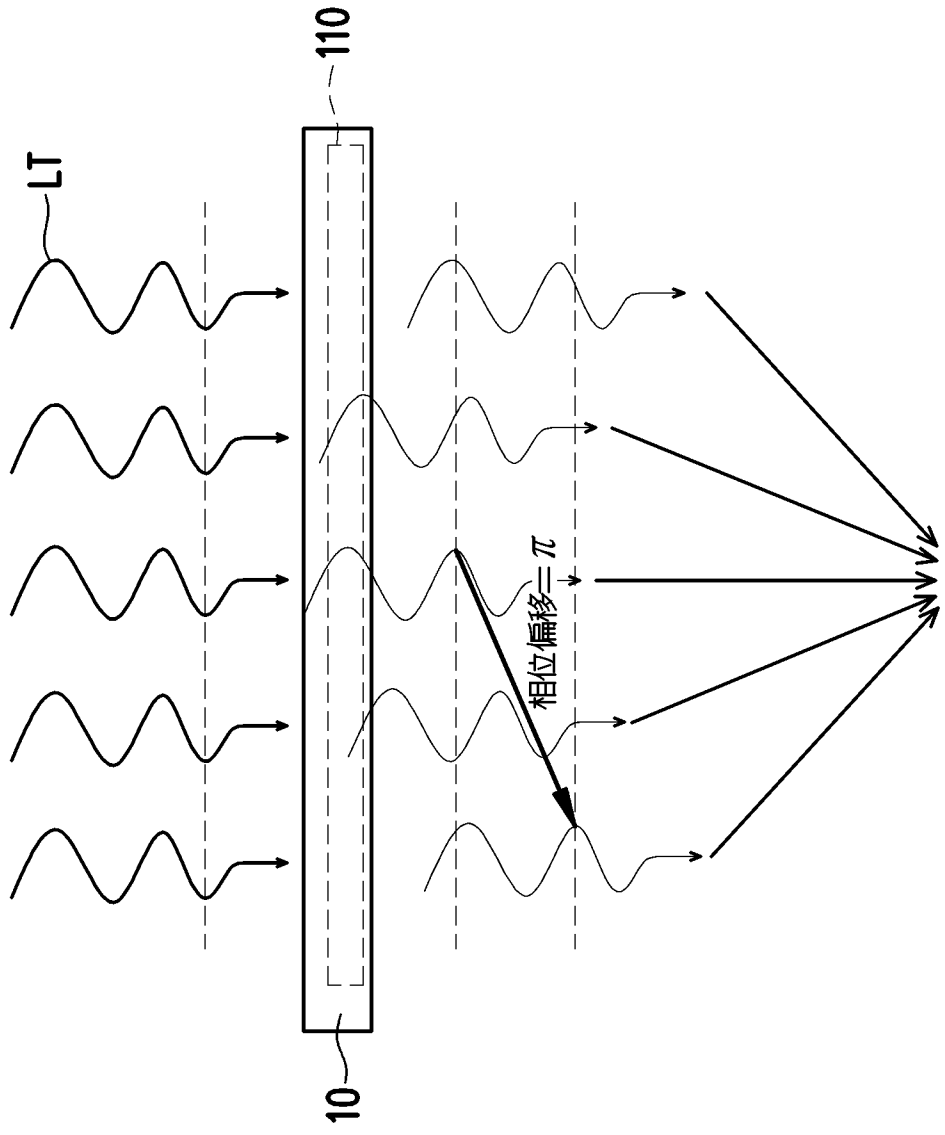
【請求項9】 一種影像感測器，包括：

如請求項1至8中任一項所述的超穎透鏡；以及

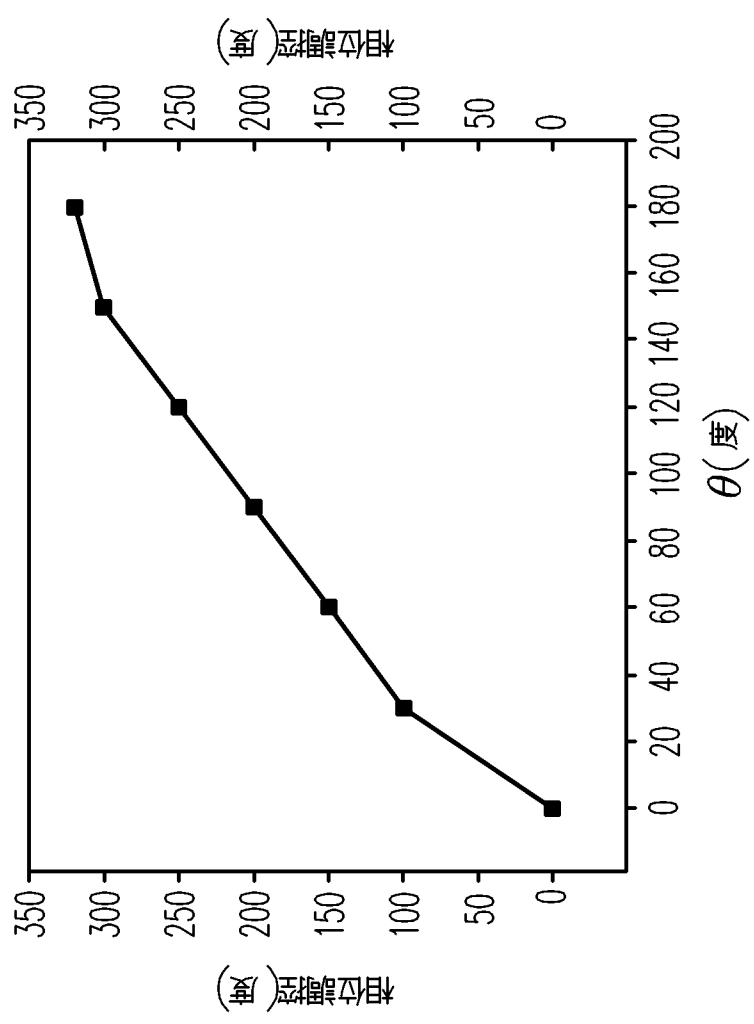
感光元件基板，重疊於所述超穎透鏡。

【請求項10】 如請求項9所述的影像感測器，其中所述感光元件基板包括多個畫素單元，每個畫素單元重疊於對應的一個透鏡單元，其中每個畫素單元包括多個感光元件。





【圖3】



【圖4】

