

【專訪】全球尺寸最小的 HD 畫素：三星研發 ISOCELL HP3 感光元件的幕後故事



▲ Sungsoo Choi (圖左) 來自半導體研發中心、Myoungoh Ki 任職於三星系統半導體 (System LSI) 事業部旗下的先進感應器研發團隊，負責開發 ISOCELL HP3。

行動裝置的相機鏡頭僅有指甲般大小，自問世以來卻不斷有突破性進展。三星電子領先業界，於 2019 年及 2021 年分別首度發表 108MP 及 200MP 畫素的 CMOS 感光元件 (CIS)，近期再以新款 ISOCELL HP3 感光元件驚艷市場，其搭載 2 億個 0.56 微米 (μm) 畫素，是業界首見單位面積最小的畫素。

三星是感光元件科技的趨勢領導者，其創新的半導體設計，可拍攝出超高畫素絕美影像。而在超高畫素感光元件 ISOCELL HP3 宣布量產後，三星也成功將具有極小畫素面積的 200MP 行動感光元件商業化。

為深入了解三星如何領先業界，研發此款單位畫素尺寸最小的感光元件，三星新聞中心訪問兩位在全新 ISOCELL HP3 開發過程中擔任主導角色的人物，分別是來自三星系統半導體事業部的 Myoungoh Ki 與半導體研發中心的 Sungsoo Choi。

體積更小、畫質更好：領先業界實現 0.56μm 畫素商業化

感光元件是一種系統半導體，能將進入裝置的光線透過相機鏡頭轉換成數位訊號。從數位相機、智慧型手機到筆電與汽車，只要配備相機的電子產品都會使用感光元件。三星近期發表的

ISOCELL HP3 是一款搭載 2 億個 $0.56\mu\text{m}$ 畫素的感光元件，實現目前市場上單位畫素尺寸最小的 1/1.4 英吋光學格式^(註一)。

自 2019 年起，三星每年都成功縮減畫素尺寸，持續位居業界最小畫素尺寸的領導地位。有了面積更小的畫素，就能讓裝置體積更纖薄輕巧。

「透過更小的單位畫素尺寸，得以縮減感光元件與相機模組的體積，進一步縮小鏡頭的大小與寬度。」Ki 解釋道。「如此一來就能去除干擾裝置設計的元素，像是凸出的鏡頭，同時減少耗電量。」

ISOCELL HP3



畫素越小能讓裝置更纖薄，但同時維持出色畫質才是關鍵。在先進科技的導入下，ISOCELL HP3 單位畫素尺寸較前一代 ISOCELL HP1 縮減 12%，成功讓行動裝置中的相機模組表面積縮減 20%。雖然單位畫素尺寸較小，但新款感光元件所採用的研發技術，可發揮最高電荷滿載量 (FWC) 並大幅減少感光度的耗損；此外，感光元件也結合全新功能，包括所有畫素皆能自動對焦、實現影片高速運作、並提升色彩表現力。

發揮專有技術實力，提升進光量與光電二極體容量

較小畫素尺寸對打造更輕巧的裝置而言雖是理想條件，但卻可能產生進光量降低或相鄰畫素間干擾。即使面臨這些挑戰，三星仍成功開發業界最精細畫素，打造出前所未有的新款感光元件。

Ki 表示：「這要歸功於三星的獨家技術實力。三星的創新科技得以讓體積更小的裝置也能擁有超高效能。」

三星運用專有技術 - Full Depth 深溝隔離 (deep trench isolation, DTI)，成功在畫素間建立更薄且更深入的物理性絕緣體，即使面積僅 $0.56\mu\text{m}$ 依舊保證高效能。DTI 是 ISOCELL 的重

要技術，其在畫素之間形成隔離屏障，避免光線損耗並提升光學效能。研發人員 Choi 用建築物結構來比喻此項技術：就像在不同房間之間築起一道薄牆。

「用通俗的說法，就像是在相鄰的房間之間蓋一道很薄的牆壁，但不會影響到隔音效果。」Choi 向我們說明。



DTI 技術的關鍵在於建立更薄且更深的矽隔離層，藉以提升 ISO 並降低色彩串擾^(註二)，因為畫素間的隔離屏障越大就會造成越多光線流失。而通過此項技術應用至 0.56 μ m 畫素，三星得以有效提升進光量，並最大化發揮光電二極體 (PD) 的能效；當每個畫素都能儲存更多進光量、並以更小的接收面積來處理光線時，便能成就極精密的像素尺寸。

2 億畫素自動對焦功能提升速度與精確度

HP3 首度配備 Super QPD (Quad Phase Detection) 自動對焦科技，將自動對焦畫素密度提升至 100%，讓 2 億個畫素均能自動對焦。Super QPD 以單一透鏡覆蓋 4 個畫素，針對拍攝物體的上、下、左、右各面向檢測相位差，開創更快速、更精確的自動對焦功能。除了在昏暗環境可精確自動對焦外，將畫面拉近時亦能維持高清晰度。

為解決低光源環境下畫質不佳的問題，三星利用創新畫素科技來保障高畫質影像輸出。Choi 說明：「我們運用三星獨家 Tetra²pixel 科技升級版，將相鄰的 4 或 16 個畫素合併，在低光源環境下化身成更大的畫素來運作。」效能更進階的畫素科技，能以每秒 30 幀 (fps) 的速度拍攝 8K 影片、120fps 的速度拍攝 4K 影片，讓視野損失減至最低。此外，還能運用和拍照時相同的視野拍攝超高解析度的 8K 影片。



與弱光環境相似，陽光太強烈時也會提升拍照難度。為因應此問題，需要獨特技術來調整照片中的光度，才能拍出出色成品。Ki 說道：「當光線太多或太少時，如果想拍出近似於肉眼所見的自然成像，能否提升動態範圍^(註三)就相當重要。我們運用具備雙轉換增益的 **Smart-ISO Pro** 科技，搭配交錯式高動態範圍成像 (HDR)^(註四) 功能，能夠將不同曝光度的三種影格 (短曝光、中曝光與長曝光) 變成同一畫面 - 即使在光線不理想的環境下仍能讓 HDR 攝影呈現絕佳的自然影像。」

合作：克服技術限制並迅速研發成功的關鍵

在 ISOCELL HP3 開發過程中，研發人員面臨許多技術面挑戰。Choi 表示：「這是首度採用 **Super QPD** 科技的產品，在現存的 **FDTI (Front Deep Trench Isolation)** 技術中並沒有相關設定，因此導入新架構的過程中需不斷地嘗試與修正；而在各個研發階段中，我們也陸續遭遇未曾預期的問題。」

儘管研發過程難度極高，新款感光元件仍在前一代發表後的一年內順利誕生。兩位研發人員將產品迅速開發並發布的成果，歸功於不同團隊間的緊密合作。



「只要遇到技術問題，我們就會號召不同部門、各個團隊、甚至是海外研發中心的同事，合力做出因應。」Ki 敘述著合作過程。「大家為了找出解決方案而同心協力，各自提供對高階產品的專業知識與技術，例如半導體研發中心的記憶體晶片、邏輯晶片等。這款新產品也許是目前為止在不同部門間最大規模的合作成果，參與的同事包括半導體研發中心、畫素研發團隊、晶圓代工廠、SSIR 的研究人員、以及所有先進研發團隊的小組，包括感應器設計、畫素、解決方案、產品科技、製造與演算法等不同領域。」

傲視群雄的技術實力：領航感光元件市場

影像感光元件市場預期將隨著相機需求上升、相關產品多樣化發展而快速成長。三星在新世代行動感光元件市場持續引領相機科技趨勢，不斷克服畫素微型化的限制。三星新聞中心也詢問兩位研發人員，對於帶領 ISOCELL HP3 的技術開發、實現業界首度運用 0.56 μ m 畫素的 200MP 感光元件有何心得。

Choi 回應道：「能夠引領感光元件市場趨勢，我感到相當自豪，也有信心我們將持續擔任超精細畫素科技發展的舵手。」Ki 則分享對未來的遠大抱負：「除了智慧型手機外，感光元件的應用已廣泛出現在各個產業，包括擴增實境 (AR)、虛擬實境 (VR) 以及車用市場。我們將繼續發揮獨有的技術實力，引領未來科技與市場發展。」



三星憑藉創新感光元件科技，成功開發出能以高清晰度拍攝影像的超小型裝置。三星將持續透過如 ISOCELL 感光元件等獨特創新技術，引領市場趨勢，為用戶提供最優質且最先進的使用體驗。

註一：相機鏡頭成像圈直徑。

註二：光線對於相鄰畫素間的光電二極體進行干擾的現象。

註三：數位影像中最亮與最暗區域的對比率。

註四：讓影像中的亮部更亮、暗部更暗，藉以擴大亮度範圍的技術，呈現近似於人眼所見的成像。