AR 眼鏡中的顯示技術

虛擬超脫想像之外，包羅萬象卻基於現實

■文：孫文軒 / 艾邁斯歐司朗系統方案工程經理

近幾年，元宇宙如一陣熱風，吹起了無數人對於“科技、夢幻與未來”的想像。隨著“元宇宙”的火爆，作為其硬體載體的 AR、VR 設備成為了科技創新的重要領域之一。AR 擴增現實 (Augmented Reality，簡稱 AR)，是指透過攝影機影像的位置及角度精算並加上圖像分析技術，讓螢幕上的虛擬世界能夠與現實世界場景進行結合與交互的技術。

AR 技術主要包括硬體、軟體、內容和平臺四個部分，在本篇文章中重點討論的是用於主要硬體部分—顯示光機的光源。在進入正式內容之前，不妨先暢想一下，我們想要實現如電影中科幻的 AR 眼鏡該具備什麼特點？首先在技術上要實現虛實的完全融合，其次要在外觀上應與普通眼鏡無異。而要達到這兩點則包括了重量、人體工學、高效能等數十個因素，在這重重的困難中顯示技術是關鍵的突破口。

主流 AR 眼鏡中的顯示技術有哪些？

目前用於 AR 眼鏡的主流顯示技術可以分為被動式微顯示技術，主動式微顯示技術以及掃描顯示技術。

■被動式微顯示技術

被動式微顯示技術包括傳統的 LCD 以及 DLP、LCOS 等，它們在工作時需要使用 RGB LED 或者 RGB 雷射器作為光源。被動式微顯示技術在市場上已經相當成熟，透過該技術可以實現高亮度、高色域等優點，但光機體積相對其他微顯示技術會相對較大，並且光展量有限。

■主動式微顯示技術

主動式微顯示技術包括使用 Micro OLED 和 Micro LED 的顯示技術。Micro OLED 又稱為矽基 OLED，擁有自發光等特性，較適合在 VR 眼鏡中使

表： 目前用於 AR 眼鏡的主流顯示技術

	被動式微顯示技術			主動式微顯示技術		掃描顯示技術
系統	LCD	DLP, LCoS		μOLED	μLED	Scanning Mirror
描述	白光LED用於顯示部份的背光源	微顯示器使用RGB LED作為光源	微顯示器使用RGB微光作為光源	直接μOLED顯示	直接μLED顯示	使用RGB微光器作為光源的調製掃描技術
優點	低成本 系統簡單 技術成熟	技術成熟 高亮度 高色域	較少的體積（和LED系統相比） 高亮度 高色域	系統簡單 解析度易擴展	系統簡單 高效率 高亮度 高色域高對比度 解析度易擴展	體積小(使用RGB微光模組) 效率高 高色域高對比度 可擴展
缺點	低解析度 低亮度 低色域	體積大 有限的光展量	體積還是有點大 干涉導致圖像質量差	低亮度 低可靠性	尚不可用 RGB集成難度極大	系統複雜(光學&電子) 圖像質量待提升(干涉效應) 人眼安全規範
		RGB LEDs				RGB Laser Diodes

用。如果在 AR 設備使用 Micro OLED 顯示器，明亮場景下，顯示效果會大打折扣。主要原因是目前主流的 Micro OLED 顯示技術亮度僅能達到 1000-6000 尼特，最終入眼亮度可能只有 200-300 尼特。而 Micro LED 在效率、亮度、色域對比度方面都有更好的表現。但由於 RGB 的整合難度非常大，因此該技術的應用還具有很多挑戰。

■掃描顯示技術

掃描顯示技術 (LBS) 使用 RGB 雷射器作為光源，搭配 MEMS 進行掃描成像。它兼具體積小、效率高、高色域和高對比的優點，但系統設計較為複雜，並且由於雷射的干涉效應會導致散斑現象出現，因此 LBS 技術在圖像品質上也有待提升。

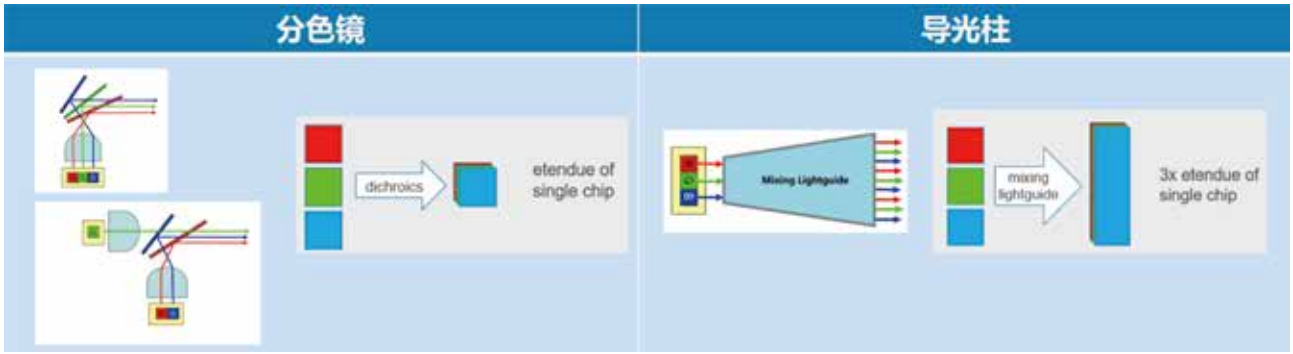
光機設計需要 “權衡”

在 AR 虛擬資訊顯示中，顯示的資訊需要根據眼鏡佩戴者的動作不斷調整適應，並疊加在用戶在現實世界中實際看到的東西上。電腦需要透過攝像頭、GPS 定位或感測器資料檢測環境，並選擇需要展示的資訊。因此，在進行設計時，工程師要考慮包括重量、人體工學、顯示亮度、成本等許多因素。各項因素之間互相作用，在我們目前的技術水準下，難以完全滿足所有要求，我們要基於需求去設置不同的優先順序而決定相關的顯示方案 (即光源和光學方案)。

艾邁斯歐司朗作為全球光學方案領導者旗下有多種 LED 為 AR 光機提供光源。其中，在分色鏡方案中，艾邁斯歐司朗提供紅藍二合一 LED-LE BR Q7WM.02、單綠 LED-LE T Q8WM、轉換綠光 LED-LCG H9RM。在導光柱方案中，提供將 RGB 三顆晶片整合在一個封裝裡面，再搭配導光柱實現照明場景的 LED-LE RTB N7WM。

在 AR 中，分色鏡和導光柱都是常用的合光方

圖說：艾邁斯歐司朗提供紅藍二合一 LED



圖說：“田”字型 LED-MOSAIC，它包括了 RGGB 四顆晶片的版本以及 RRGGBB 六顆晶片的版本

案。一般來講，分色鏡方案可以收取更多的光能量，因此擁有更好的顏色均一度，能夠實現更高的顯示亮度。但分色鏡方案需要較多的光學元件，這會導致光機的尺寸較大，同時對於組裝精度也有嚴苛的要求。而導光柱方案則不需要很多的分光鏡，因此組裝精度較低、光機的尺寸也相對較小，但由於排布的關係，顯示器可以利用到的 LED 光能量較低，同時由於排布位置的差異也會使顏色均一度較差。

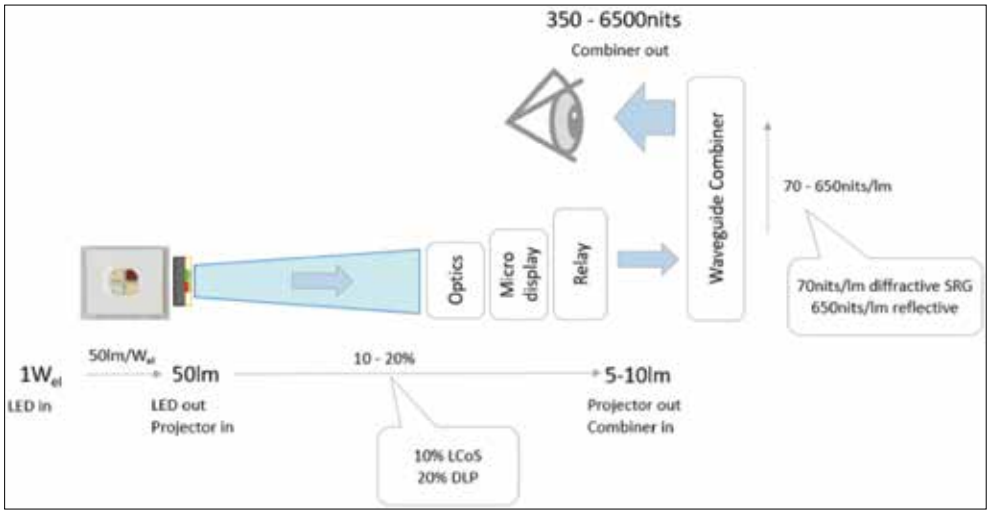
為了改善顏色均一度，艾邁斯歐司朗在原本 RGB 三顆晶片“一“”字形排列的基礎上，推出了“田”字型 LED-MOSAIC，它包括了 RGGB 四顆晶片的版本以及 RRGGBB 六顆晶片的版本。相比於原本的“一”字型排列，這種排列方式不僅提升了顏色的均一度，而且進一步縮小了晶片表面相對於封裝表面的距離 (從原來的 0.44mm 降到 0.15mm)，意味著光學離晶片更近，實現收光更容易、顏色更均勻。

那麼該方案可實現什麼樣的顯示亮度呢？

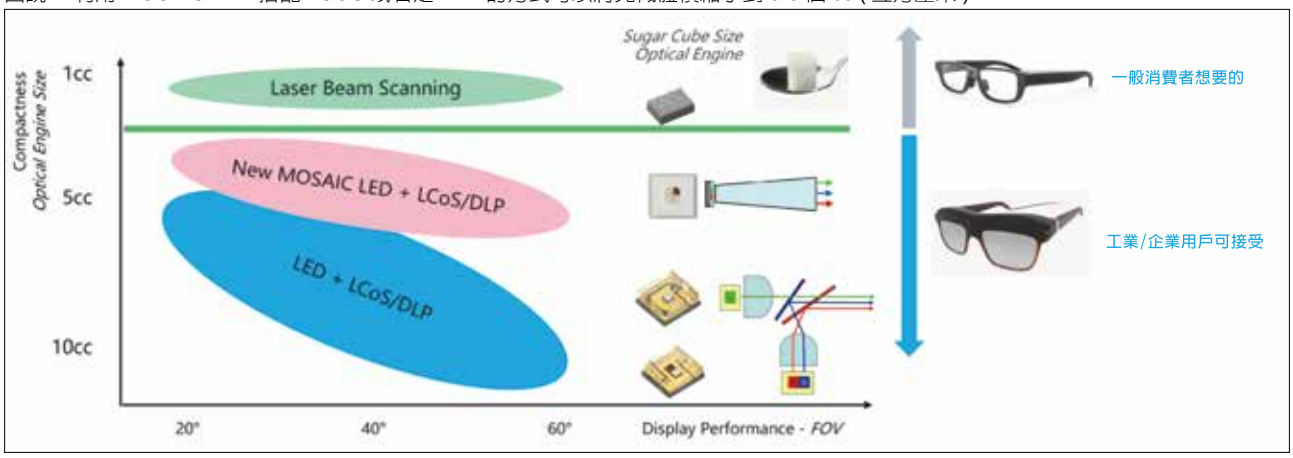
以基於 RGGB MOSAIC 的 AR 顯示亮度示例，當 LED 的電功率為 1W 時，輸出的光通量約為 50lm，經過前端光學系統後，可以輸出 10% 到 20%，也就是說在到達光波導鏡片之前會維持 5 到 10lm 的光通量。匹配不同的光波導類型，可以實現 350nits 到 6500nits 的入眼亮度。

利用 MOSAIC LED 搭配 LCOS 或者是 DLP 的方式可以將光機體積縮小到 3-5 個 cc (立方釐米)，這相比傳統的 LED+ 分色鏡方案的 5-10cc 的光機體積，在尺寸和重量方面都有了大幅度降低。儘管如此，對於普通消費性 AR 來說，這樣的體積依舊不是理想的狀態，尺寸需要進一步縮減。由此，艾邁斯歐司朗開發了一款適用於雷射光束掃描 (LBS) 技術的 RGB 整合式雷射器，

圖說：基於 RGGB MOSAIC 的 AR 顯示亮度示例



圖說： 利用 MOSAIC LED 搭配 LCOS 或者是 DLP 的方式可以將光機體積縮小到 3-5 個 cc (立方釐米)

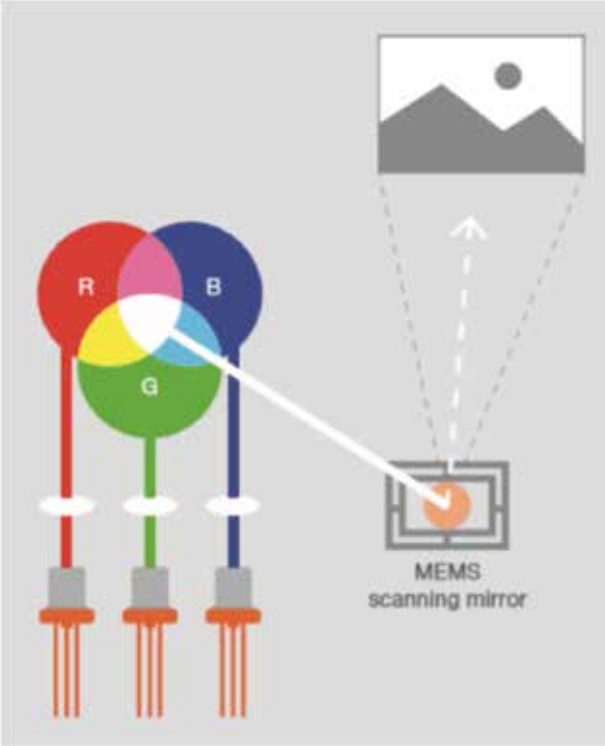


使用該雷射器搭配 MEMS 的方案，可以將整個光機的體積縮小到 1cc 以下，這對於普通消費性 AR 眼鏡來說有較大的促進作用。

新型 R/G/B 雷射模組

在 LBS 方案中最重要的三要素是 RGB 三色雷射、光束整形光學以及 scanning mirror(s)。其原理是 RGB 三色的雷射從雷射模組發出後，經由光學元件准直以及合束以後到達 MEMS mirror，再經由 MEMS mirror 反射出來，耦合進入光波導。光波導就像一般眼鏡的鏡片一樣，影像會在光波導裡面傳遞，然後最終投射到使用者的眼睛。

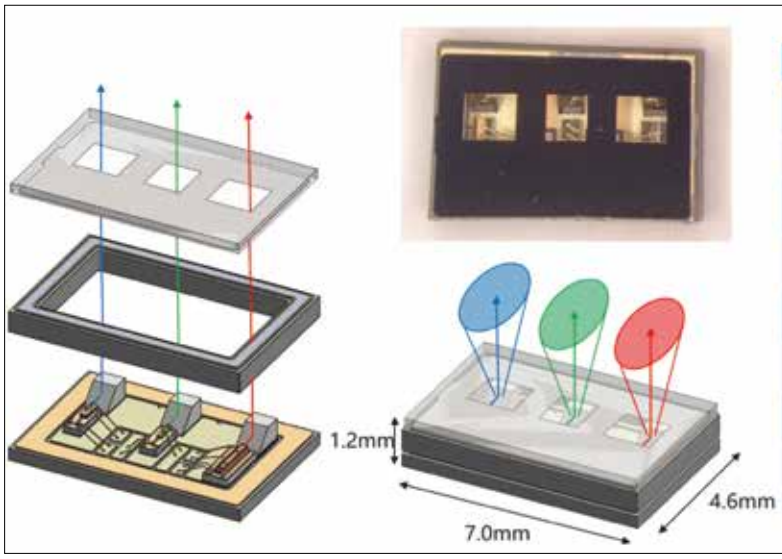
圖說：LBS 方案三要素：RGB 三色雷射、光束整形光學以及 scanning mirror(s)



LBS 技術本身並不是全新的顯示技術，早期採用的 3 個分離式 R/G/B TO38 雷射器的光機尺寸較大，約為 1.7cc 左右，而基於艾邁斯歐司朗推出的三合一 RGB 雷射器 (VEGALAS RGB) 設計的光機可將尺寸進一步縮小至 0.7cc。這顆雷射器尺寸僅為 7×4.6×1.2mm^3，可以直接做 SMD 貼片。並且使用了氣密性的封裝設計，可以防止特別是藍光雷射器免受外接環境影響從而大幅提升了可靠性。需要強調的一點是，由於這顆雷射器還沒有整合光束整形光學，所以光束准直和合束需要在封裝外實現。

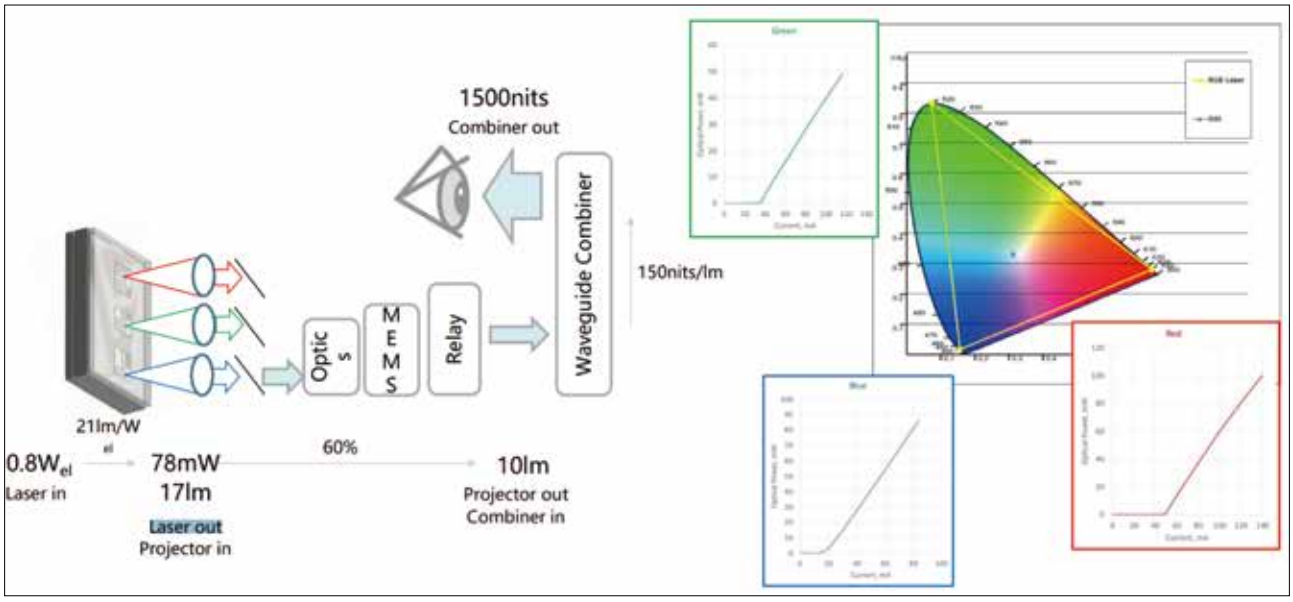
基於 VEGALAS RGB 的光機顯示亮度和雷射器功率的是如何對應的呢？艾邁斯歐司朗做了這樣一個簡單的估算。以設置 1500nits 的目標入眼亮度為例，光波導的轉換率大約是 150nits/lm，因此在進入到光波導之前，光通量需要 10lm 左右。雷射器經過光學元件的整形和合束，一般可實現 50% 以上的集光效率。我們可以計算出需要雷射器的輸出光通量為 17lm，再將其轉換成所需要的三個顏色的光

圖說：三合一 RGB 雷射器 (VEGALAS RGB) 設計的光機可將尺寸進一步縮小至 0.7cc



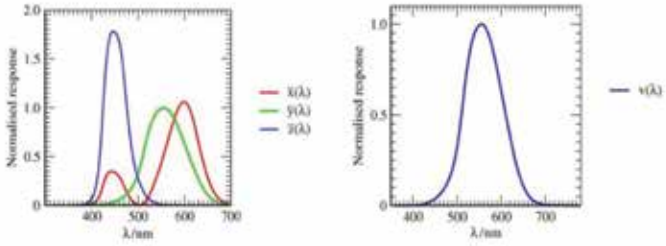
參數	參考規格
封裝類型	SMD Top-looker 氣密性封裝
尺寸	7.0mm x 4.6mm x 1.2 mm
激光二極管	每種顏色各1 Chip-on-Submount
波長 R/G/B	640nm / 520nm / 450nm
光功率 R/G/B	100mW / 50mW / 80mW
晶片間距	2.3mm
晶片發散角 (FWHM)	約 7° x 22°
光學	• 45° 反射鏡 • 防反射塗層玻璃蓋板 • 光束整形和合束需另外完成

圖說：以設置 1500nits 的目標入眼亮度為例，光波導的轉換率大約是 150nits/lm，在進入到光波導之前，光通量需要 10lm 左右。雷射器經過光學元件的整形和合束，一般可實現 50% 以上的集光效率。



圖說： 紅色、綠色、藍色晶片需要光功率

	Red	Green	Blue
Laser 波長	640nm	520nm	450nm
目標白點		D65	
光功率比率	50%	32%	18%
光功率比率	27%	71%	2%
示例： 等效17lm白光通量	39mW	25mW	14mW
		total 78mW	



CIE Standard Observer Color Matching Functions

Luminous Efficacy Curve

E. Buckley, Laser Wavelength Choices for Pico-Projector Applications, Journal of Display Technology, Vol. 7, No. 7, July 2011

功率，所需總光功率大約為 78mW，然後依據每個晶片目前所能實現的電光轉換效率來計算，大概需要 0.8W 電功率輸入。

未來：多光速掃描 (Multi-Beam Scanning)

為了使 AR 眼鏡更小、更輕薄，能達到消費級的技術水準。除了目前正在開發的 VEGALAS RGB 三合一的雷射器以外，還可將光束掃描方案進行擴展，即多光速掃描 (就是 Multi-Beam Scanning，簡稱 MBS)。舉例來說，我們可以在綠光雷射器一個發射點的基礎上，做出多個發射點，從而得到擁有更高更密集的掃描點圖元，這可以有效提升整個顯示的解析度和均勻性。但目前來說，多光速掃描技術實現相對困難，若想真正商業化還有較長的路要走。不過對此艾邁斯歐司朗已經做好充分的準備，致力於為消費者在虛擬與現實世界帶來“包羅萬象”的視覺體驗。 CTA