

微透鏡陣列 (Microlens Array, MLA) 已廣泛應用於光源均勻化，特別是在照明、抬頭顯示器 (HUD)、擴增實境 (AR) ...等工程領域，這些應用都要求顯示屏幕在短距離內即具備高亮度與高均勻度的光照分佈；然而，傳統規則且週期性的 MLA 結構應用於同調光源時，易產生干涉條紋與光斑，造成均光性能下降，成為極需克服的難題與挑戰。

本研究利用實驗室自行研發之數位光學式無光罩曝光機，在光阻(Photoresist)上執行高精度劑量控制與複雜圖形的灰階曝光，再經由顯影製程，得到可精確控制形貌的 MLA。此一微結構製程除能製作傳統週期性且大面積的 MLA，更可以精確調控每一個微透鏡的參數，如其中心位置、距離基準面的高度、與曲率半徑...等等，進而生成非週期、不規則、且參數隨機分布的 MLA。藉由打破結構週期性，有效抑制干涉效應，使其光照分布錯位交疊，從而顯著提升投射之光束的均勻性，大幅改善同調光源的均光品質。本論文深入討論各種參數隨機分布之 MLA 的設計、製作、與光學實驗量測結果，並以量化的方式成功辨識出各個微透鏡參數對於最終均光效果的影响力。

其次，為進一步提高微透鏡均光系統的均勻性與光源利用率，本研究同步發展自由曲面微透鏡陣列。每一微透鏡形貌，皆依其對應至目標均光區的相對位置量身設計。為了消除同調光源的干涉與光斑問題，此一自由曲面 MLA 的設計也同樣引入隨機參數，隨機改變每一個自由曲面微透鏡的位置、大小、與形狀。根據無光罩曝光機與黃光微影製程所製作之實際成品與光學實測結果顯示，隨機自由曲面 MLA 相較傳統週期性結構，在光線折射與能量分布上具高度靈活性，能依應用需求產生客製化均光光場，展現優異的光學性能與應用潛力。