

奈米科技創新應用計畫-創新應用類(大奈米) 期中成果報告

計畫名稱： 超穎介面的創新奈米製程技術與工程應用(1/3)

主持人/共同主持人：李永春/吳品韻 國立成功大學 機械系/光電系

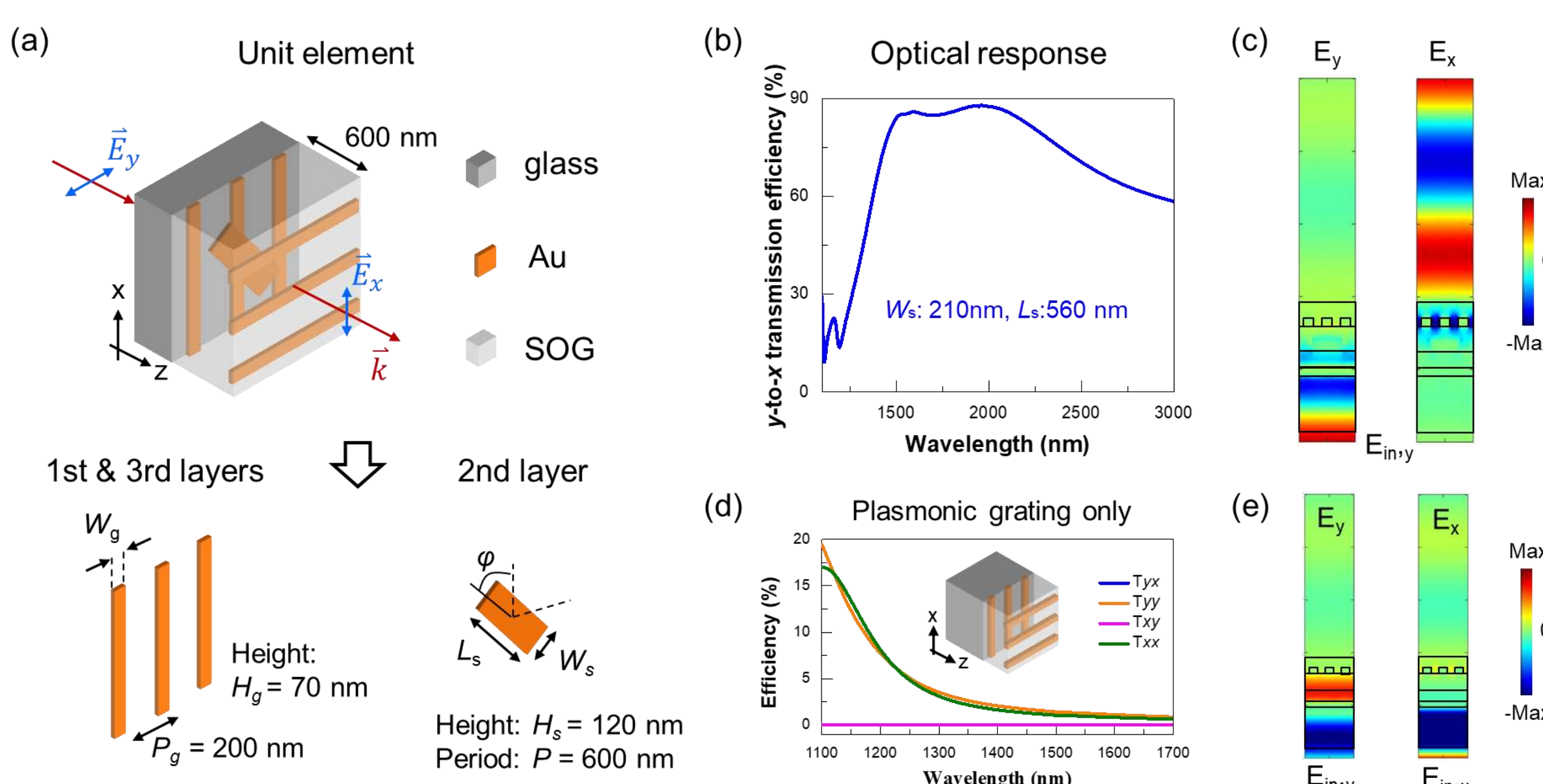
執行期限： 110年 08 月 01 日 至 111 年 07 月 31 日

計畫摘要：

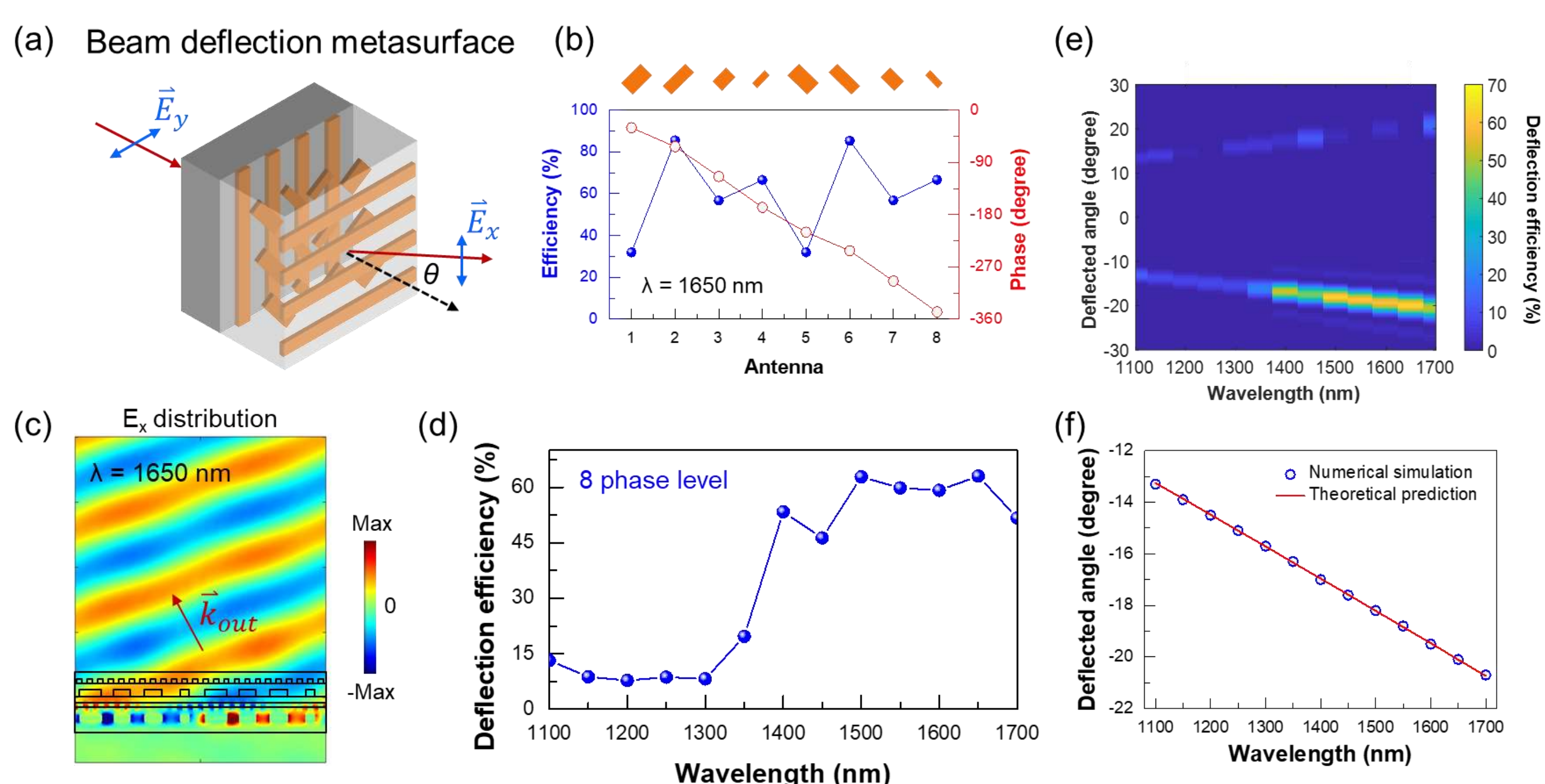
本計畫探討超穎表面 (Metasurface) 在光學與光電工程上的應用，主要針對不同之超穎表面與其功能應用，發展與建立一套兼具創新與可量產性的奈米結構製程技術與機台設備，以大量製作具特殊功能的超穎表面與光電元件，並經由實驗驗證，將超穎表面的原理與技術應用於各種產業之中。本研究的主要目標有二：(1). 突破現有製程技術上的限制，實現超穎表面的大面積、高產率、與低成本的製作；(2). 經由製程技術的創新與突破，讓超穎表面的功能與設計可以超越原本的製程限制，以達到更多、更新、或更接近於最終工程應用目標的超穎表面產品。

研究內容： 本計畫包含三項主要的研究工作，分別為：

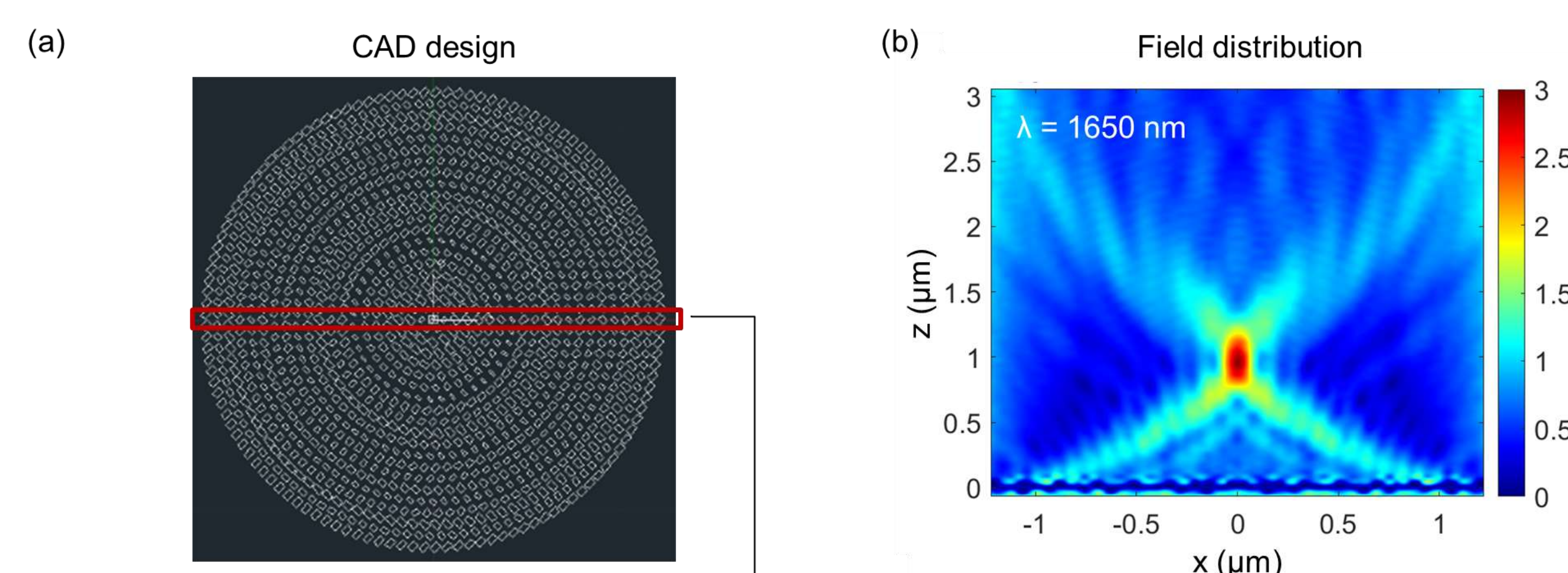
Item A： 高效能電漿子超穎介面於穿透式平面光學之開發與應用，分別發展以下三種超穎介面的光學元件，包括設計、模擬、製程、與實驗測試：(1)光學半波片、(2)異常穿透梯度板、(3)平面聚焦超穎透鏡；



圖一、(a)高效率電漿子超穎介面單元結構示意圖。SOG：spin-on-glass。(b)優化之電漿子超穎介面單元結構穿透光譜，結構於寬頻段內可達到80%以上的偏振轉換效率。(c)電漿子超穎介面單元結構於y偏振光入射下y與x電場分布圖。(d)電漿子超穎光柵穿透光譜。(e)電漿子超穎光柵於x與y偏振光入射下之電場分布圖。結構旋轉角 ϕ 固定為45度。入射光波長：1650奈米。

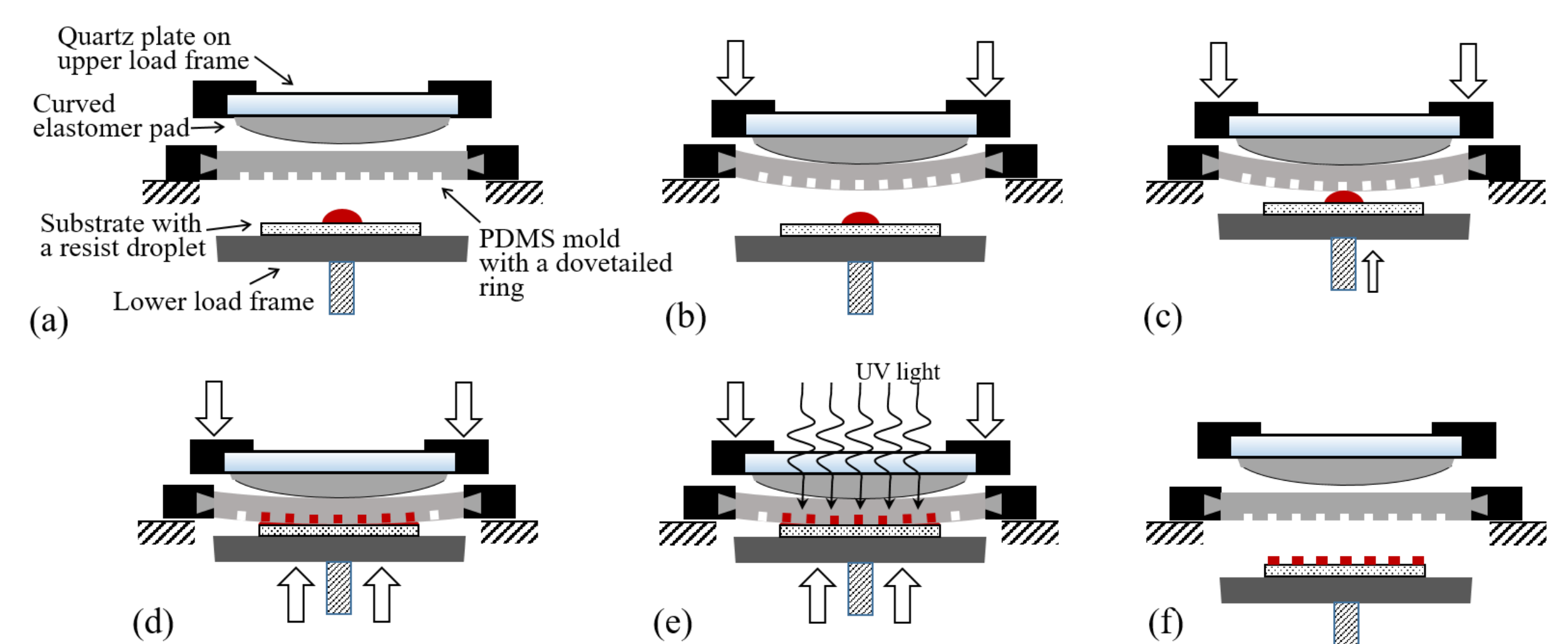


圖二、(a)高效率電漿子異常穿透梯度板結構示意圖。(b)由圖二(b)中選取八個相位成等差數列關係的單元結構之穿透效率與相位關係。(c)電漿子梯度板於入射光波長為1650奈米時電場分布。(d)以圖三(b)八個單元結構建構而成之電漿子異常穿透梯度板工作效率模擬結果。(e)異常穿透梯度板工作效率與波長以及出射角度關係圖。(f)異常出射角度數值模擬與理論數值結果比較。

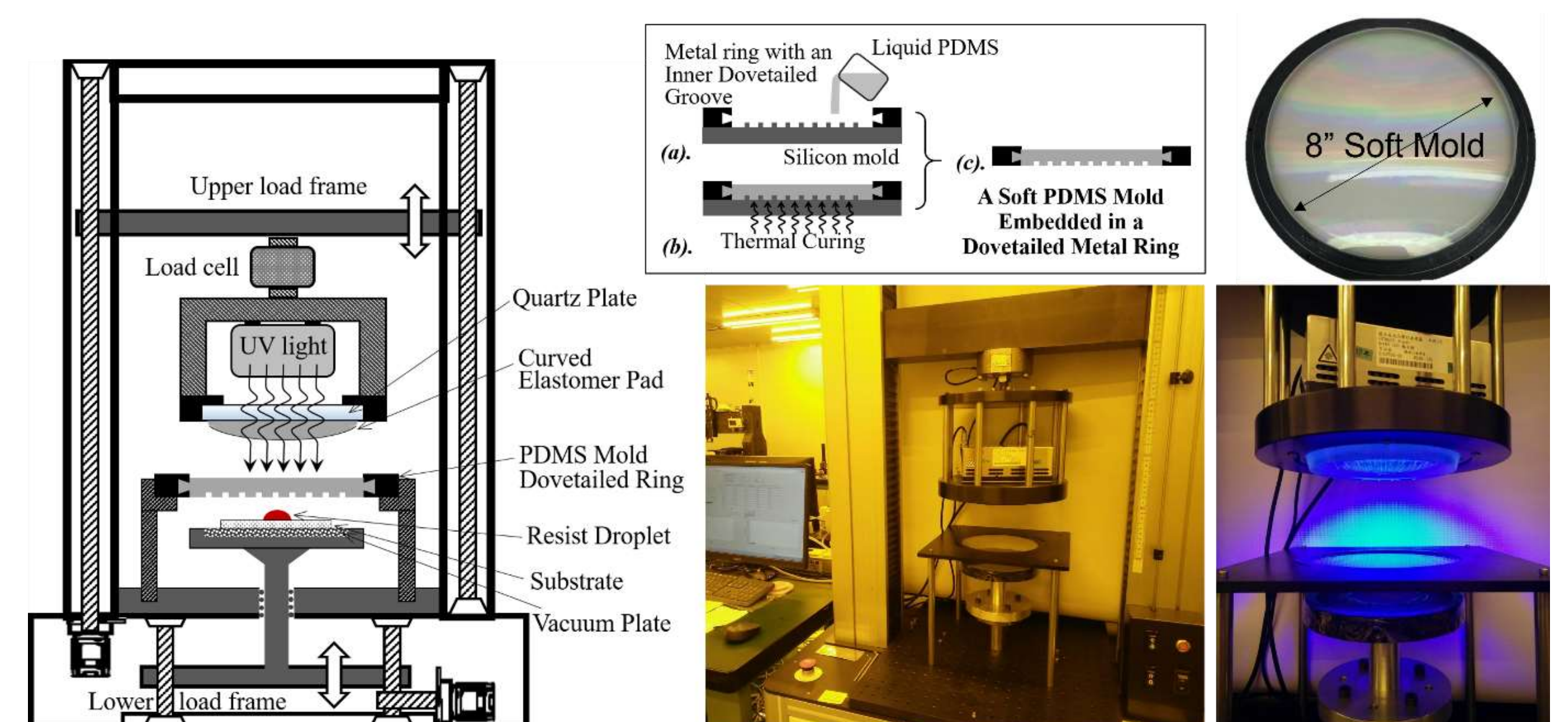


圖三、(a)高效率電漿子超穎透鏡設計圖。透鏡直徑設定為25微米，焦距為10微米，等效數值孔徑(Numerical aperture, NA)為0.78。這邊只展示第二層奈米結構圖，第一層與第三層光柵結構與圖一尺寸一致。(b)高效率電漿子超穎透鏡於入射光波長為1650奈米時電場強度分布。

Item B： 液珠擴散式奈米壓印設備開發與製程測試，包括：(1)液珠擴散式壓印機台開發測試、(2)犧牲層壓印技術與實驗結果、(3)曲面與可漸變高度的奈米結構製程；

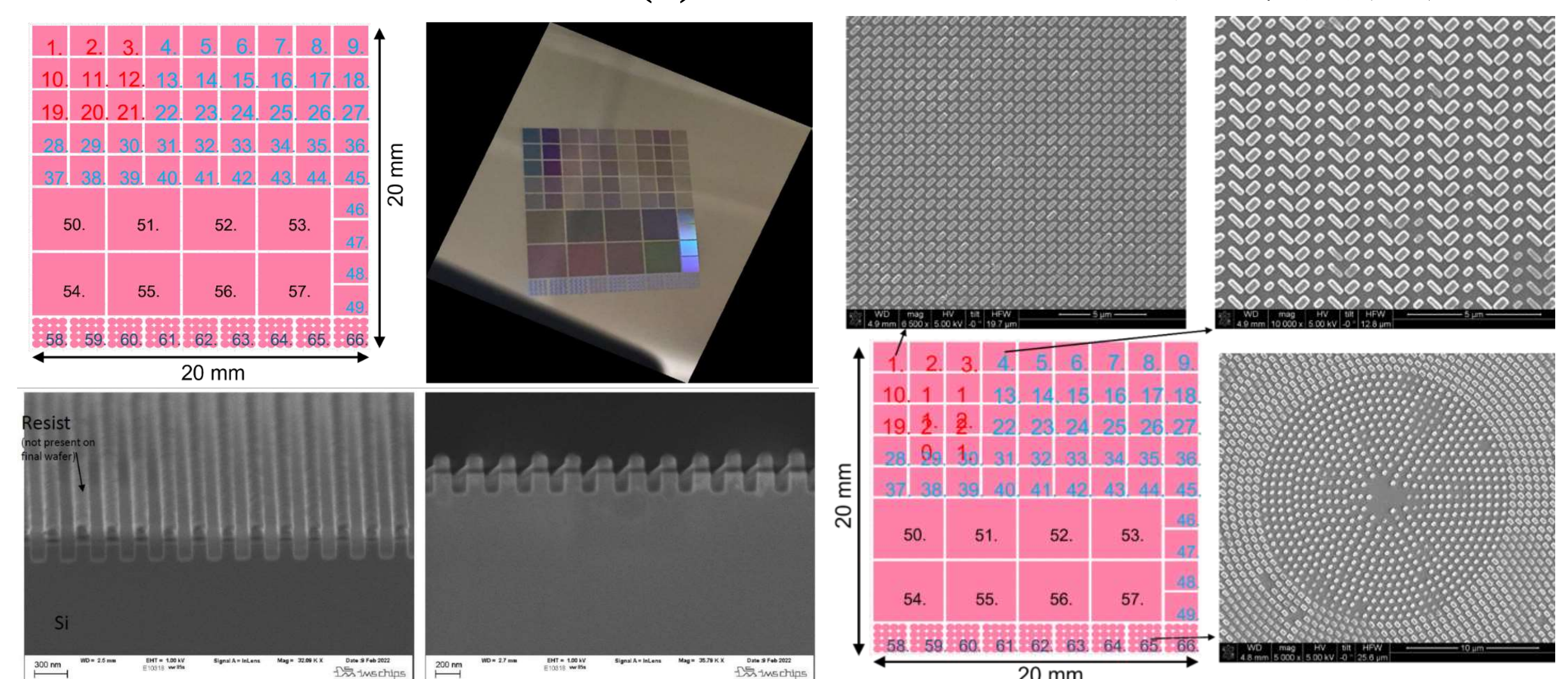


圖四、液珠式壓印技術的基本原理與壓印流程。



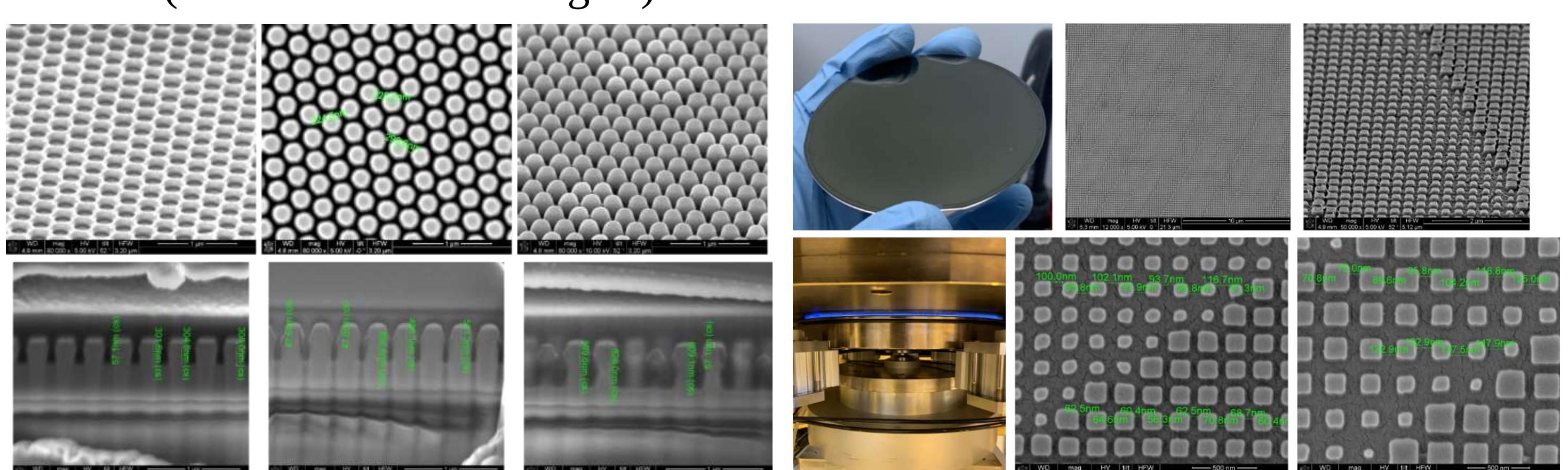
圖五、實現液珠擴散式壓印的機台設計與壓印狀況。

Item C： 高深寬比結構的奈米壓印技術開發與實驗，包括：(1)矽母模的設計製作與測試應用、(2)複合式雙光阻層奈米壓印技術與高深寬比奈米金屬結構製程、(3)金屬輔助化學蝕刻與矽母模的複製



圖六、矽母模設計與實體圖，線寬/線距70~200 nm之間，模具深度150 nm (Benchmark Technologies)

圖七、使用矽母模與奈米壓印技術所製作之金屬奈米結構的成果圖



圖八、TiO₂的基板上利用複合式雙光阻壓印/金屬奈米結構舉離/ICP蝕刻，完成之高深寬比TiO₂奈米柱狀結構。

圖九、本計畫配合超穎介面光學元件應用研發新創公司，在TiO₂基板製作超穎介面聚焦透鏡的實驗結果。

結論：

- 本計畫針對「高效能電漿子超穎介面」，研發三種超穎介面光學元件：光學半波片、異常穿透梯度板、平面聚焦超穎透鏡，並完成其設計模擬，之後將嘗試以奈米壓印技術實現這三種超穎介面光學元件的製作、測試、與量產；
- 本計畫發展出一種新型態的奈米壓印技術：「液珠擴散式奈米壓印技術」，並完成其設備開發與製程測試，並引入犧牲層膜具壓印的方法以增加壓印製程的成功率，同時可以實現曲面與可漸變結構高度的奈米製程；
- 基於超穎介面對高深寬比金屬結構的需求，本計畫研發出一種複合式雙光阻層的壓印技術，配合金屬輔助化學蝕刻方法，完成矽母模的複製，並可調控其結構高度或深寬比。