

# 全像元件於光通訊系統中偏極化獨立光延遲線之設計與研製

鄧俊修<sup>1</sup>, 黃遠東<sup>2</sup>

1 : 明新技術學院電子系與國立交通大學電子系  
新竹縣新豐鄉新興路 1 號(304), TEL: 886-3-5593142, FAX: 886-3-5591402,  
E-mail: djs@mhit.edu.tw  
2 : 國立交通大學電子系

計畫名稱：全像元件於光通訊系統中偏極化獨立光延遲線之設計與研製

NSC 89-2215-E-009-080, 89/08/01 – 90/07/31

## 摘要

採用全像光學元件設計偏極化獨立光延遲線，使其具有高效率、緊密性、容易製造、同軸耦合、容易對準和低價格的特性。

# 全像元件於光通訊系統中偏極化獨立光延遲線之設計與研製

鄧俊修<sup>1</sup>, 黃遠東<sup>2</sup>

**摘要**  $\Theta$  採用全像光學元件設計偏極化獨立光延遲線，使其具有高效率、緊密性、容易製造、同軸耦合、容易對準和低價格的特性。

**關鍵字**  $\Theta$  光延遲線、相位陣列天線、全像光學元件、光纖通訊系統、偏極化獨立和偏極化相依。

## 結論

近年來，光電技術突飛猛進，各種光電元件被開發出來，以便提供各式各樣的需求。使用各種光延遲線(Photonics delay lines)於相位陣列天線(Phased-array antenna)與光纖通訊系統(Optics-fiber communication)，也因而成為光學研究領域之中的一個重要課題。許多不同元件技術的光延遲線已經被提出與驗證。與電子式處理比較，光延遲線在微波天線訊號處理(Microwave antenna signal processing)的應用上具有一些重要的優點。這些優點包括較大的及時性與可調整的訊號處理頻寬，以及對於電池干擾與電磁脈衝的保護[1,2]。一般使用於相位陣列天線的光延遲線都是與偏極化相依(Polarization dependent)的結構[3]。但是在光通訊系統之中，光束的偏極化狀態是隨著時間的改變而改變的。因此，偏極化相依(Polarization dependent)的設計是無法滿足光通訊系統的需求，所以有必要設計出偏極化獨立(Polarization independent)的光延遲線。與偏極化相依處理比較，偏極化獨立(Polarization independent)光延遲線在光纖通訊系統的應用上具有較高效率的優點。圖一之中所示的分別是採用全像光學交換元件設計的長時間延遲(long time delay, >5ns)、中等時間延遲(moderate time delay, 5ns ~ 0.1ns)與短時間延遲的偏極化相依光延遲線(short time delay, <0.1ns)[4]，此三位元之光延遲線，足以提供相位陣列天線系統與光纖通訊系統各種特性規格。

由於圖一之中的一種光延遲線都是與偏極化相依的，在採用偏極化相依的設計時，由於它的輸入光束必須有固定的偏極化狀態。所以，在圖一之中的各種偏極化相依光延遲線之前，都必須串接一個 Polarizer，以便選擇固定的偏極化狀態進入光延遲線之中。但是，這種作法將會導致輸入光束的部分功率無法進入光延遲線系統之中。最嚴重(相差 90°)時，甚至所有的功率都將完全無法進入系統之中，而使得整個系統的效益嚴重降低。因此，為了符合光通訊系統的應用，我們提出偏極化獨立的光延遲線結構來改善偏極化相依光延遲線的缺點。

圖二所示的是偏極化獨立光延遲線的基本結構。這一個基本結構是由兩個全像偏極化分光元件(holographic polarization beam splitter)[5]、兩個產生相位移的固定動作半波片以及一個偏極化相依的光延遲線所構成的。當光束進入全像偏極化分光元件時，輸入光束將會被分成兩個平行的光束輸出。這兩個平行的光束的偏極化狀態分別為 $s$ 與 $p$ 偏極化。而其中 $p$ 偏極化狀態的光束在經過半波片之

後，它的偏極化狀態也會被改變成 $s$ 偏極化。這兩個平行的光束在經過偏極化相依的光延遲線之後，原先的偏極化狀態為 $p$ 偏極化被改變成 $s$ 偏極化的光束，繼續維持 $s$ 偏極化並進入全像偏極化分光元件而達到輸出端。而原先就是 $s$ 偏極化的光束會經過另一個半波片，使得它的偏極化狀態被改變成 $p$ 偏極化。當這一個光束進入全像偏極化分光元件時，會經由該元件之中的全像光柵轉向而到達輸出端。由於這兩個光束的行進路徑是完全對稱的，所以這兩個光束將會同時到達輸出端。

如果圖二之中的偏極化相依光延遲線用一個長時間的偏極化相依光延遲線來取代，則它就是一個長時間的偏極化獨立光延遲線，如圖三所示。在不延遲時，兩個平行的光束會直接通過長時間的偏極化相依光延遲線，而且它們的光程是相同的。而在延遲時，這兩個平行的光束在繞射之後會分別地經過 $d_1, d_2, d_3, d_4$ ，與 $d_5$ 以及 $d_1', d_2', d_3', d_4'$ ，與 $d_5'$ ，再回到全像光學元件再繞射回原路徑。由於 $d_1, d_2, d_3, d_4$ ，與 $d_5$ 以及 $d_1', d_2', d_3', d_4'$ ，與 $d_5'$ 的距離總和是相同的。因此，這兩個平行的光束也會有相同的延遲時間，而這個時間則是由四個半波片的位置與距離決定的。

相同地，如果圖二之中的偏極化相依光延遲線用一個中等時間的偏極化相依光延遲線來取代，則它就是一個中等時間的偏極化獨立光延遲線，如圖四所示。相同於中等時間延遲的偏極化相依光延遲線，中等時間延遲的偏極化獨立光延遲線也不使用自由空間來決定延遲時間的長短。因此，整個延遲的功能也都可以在一個元件之中完成。所以，整個延遲系統一樣可以在一個元件之中完成。在不延遲時，這兩個平行的光束會直接地通過中等時間延遲的偏極化相依光延遲線。在延遲時，這兩個平行的光束在繞射之後會以平行的行進方向繞完一圈之後回到原路徑之中。由於延遲路徑也包含了非延遲的路徑，所以這兩個平行的光束在延遲時多走的距離為 4 倍的繞射長度(1.325d)。因此，光束經過這一個距離所需的時間，就是這個元件的延遲時間。

如果圖二之中的偏極化相依光延遲線用一個短時間的偏極化相依光延遲線來取代，則它就是一個短時間的偏極化獨立光延遲線，如圖五所示。與中等時間延遲的偏極化獨立光延遲線相同的，它也會具有緊密的完整結構。在不延遲時，這兩個平行的光束會直接地通過短時間延遲的偏極化相依光延遲線，所以路徑長度為 2d。在延遲時，這兩個平行的光束在兩次的繞射之後會先改變行進方向再回到原行進的路徑之中。而且延遲的路徑長度都是為  $2 \times 1.325d$ 。在延遲的路徑之中多走的距離為  $2 \times 1.325d - 2 \times d$ ，所以光束經過這一個距離差所需的時間，也就是這個元件的延遲時間。

---

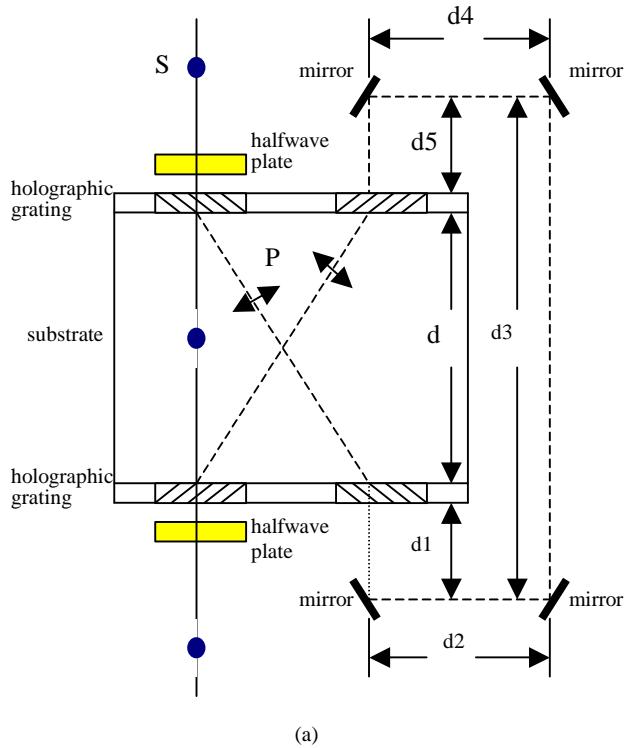
這一個研究計畫的經費由國科會支援，計畫案號：NSC 89-2215-E-009-080。

鄧俊修<sup>1</sup>, 黃遠東<sup>2</sup>：<sup>1</sup>明新技術學院電子系與國立交通大學電子系。新竹縣新豐鄉新興路 1 號(304), TEL:886-3-5593142, FAX: 886-3-5591402, E-mail: [djs@mhit.edu.tw](mailto:djs@mhit.edu.tw)。  
<sup>2</sup>國立交通大學電子系。

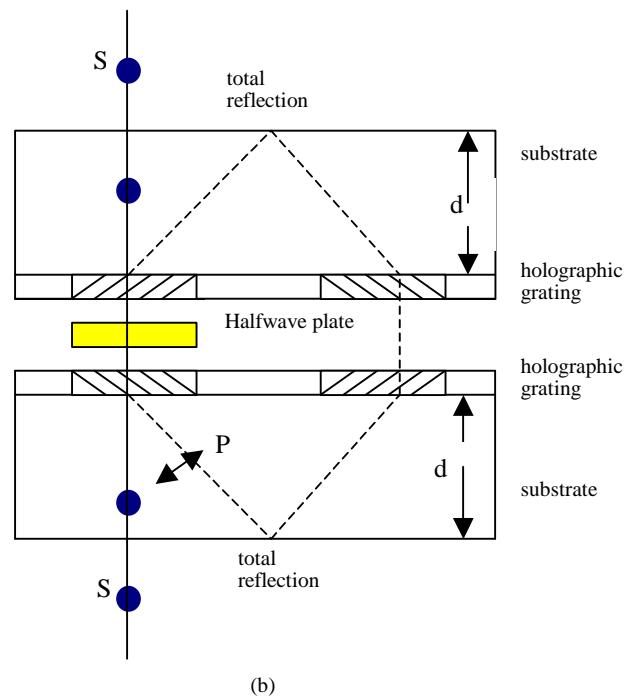
由本報告可以瞭解，在採用偏極化相依的設計時，由於它的輸入光束必須有固定的偏極化狀態。所以，在整個系統之前必須串接一個 Polarizer，以便選擇固定的偏極化狀態進入光延遲線系統之中。但是，這種作法將會導致輸入光束的部分功率無法進入光延遲線系統之中。最嚴重（相差  $90^\circ$ ）時，甚至所有的功率都完全無法進入系統之中，而使得整個系統的效益嚴重降低。由於偏極化相依的光延遲線系統都會有這一個嚴重的缺點，所以我們採用全像光學元件設計出偏極化獨立的光延遲線。這些光延遲線的輸入光束，可以不需要具有固定偏極化狀態。所以，可以不用在輸入端串接一個 Polarizer。因此，輸入光束所有的功率都會全部進入光延遲線系統之中，而且全像光學元件具有緊密性、容易製造、同軸耦合、容易對準和低價格的特性，這不僅使得整個系統更具有實用性而且具有最好的效益。

## REFERENCES

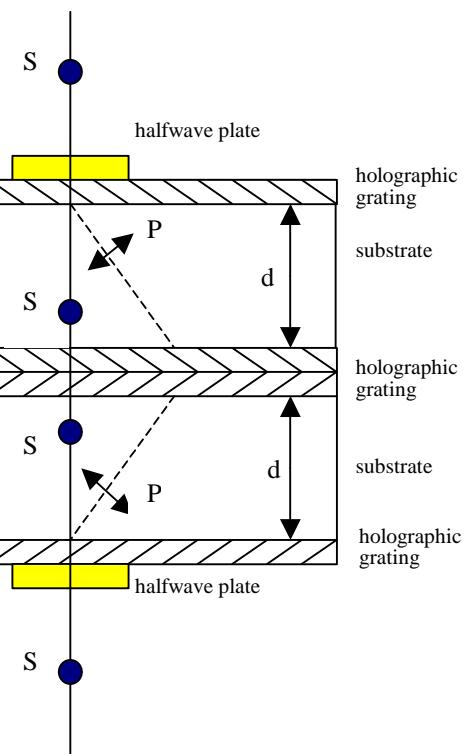
- [1] S. J. Lin and R. S. Boughton, *Proc. Of SPIE* 1102, p. 162, 1989.
- [2] L. Xu, R. Taylor and S. R. Forrest, *IEEE Photo. Tech. Lett.*, vol. 8, p. 160, 1996.
- [3] N. Madamopoulos and N. A. Riza, *Appl. Opt.*, vol. 37, no. 8, p. 1407, 1998.
- [4] Y.-T. Huang and J.-S. Deng, *Conf. of Optics and Photonics/Taiwan'99*, Vol. IV-D, p. 1033, 1999.
- [5] Y.-T. Huang, D.-C. Su, J.-S. Deng and J.-T. Chang, *Conf. of Optics and Photonics/Taiwan'97*, Vol. IV-C, p. 557, 1997.



(a)

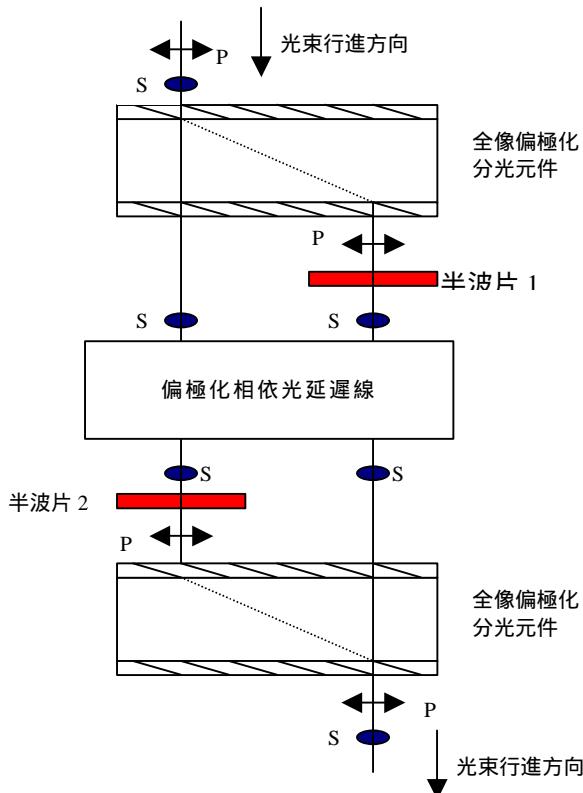


(b)

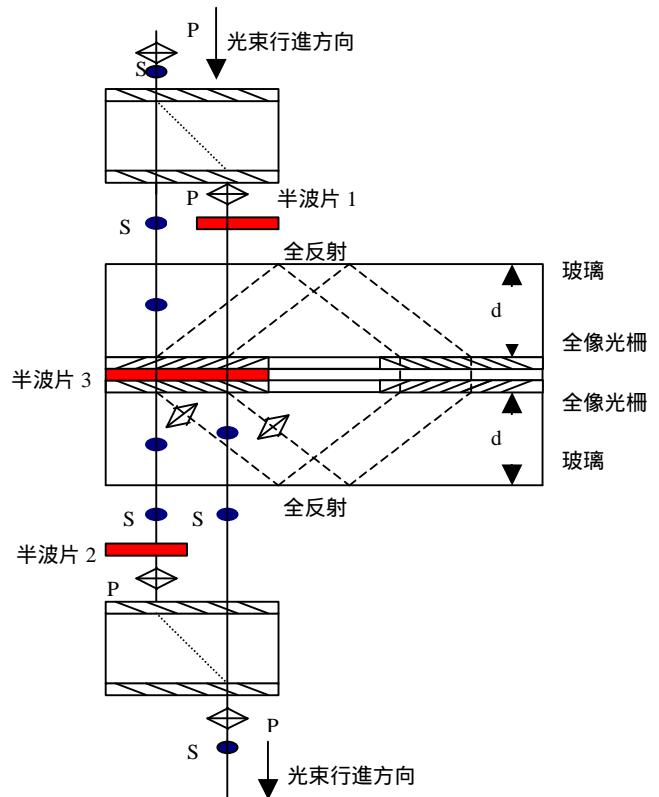


(c)

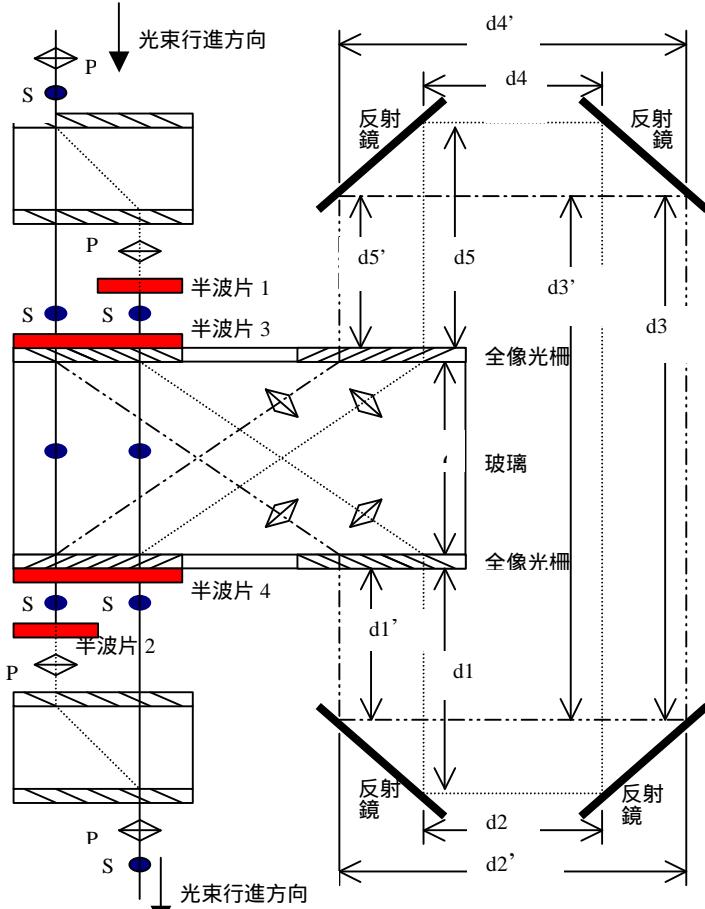
圖一 採用全像光學元件設計的各種光延遲線。(a) 長時間延遲的偏極化相依光延遲線，(b) 中等時間延遲的偏極化相依光延遲線，和(c) 短時間延遲的偏極化相依光延遲線。



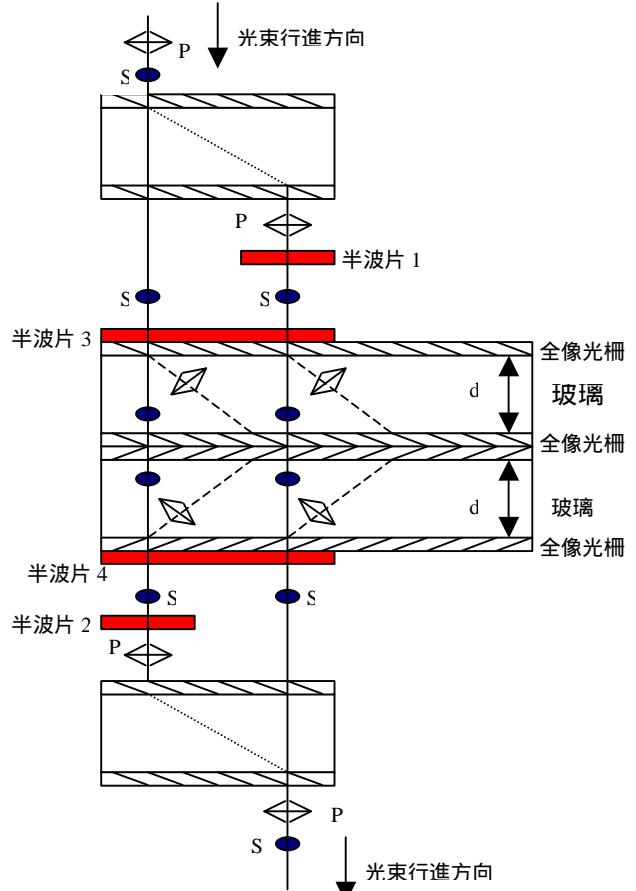
圖二 採用全像光學元件設計偏極化獨立光延遲線的基本架構。



圖四 採用全像光學元件設計的中等時間延遲偏極化獨立光延遲線。



圖三 採用全像光學元件設計的長時間延遲偏極化獨立光延遲線。



圖五 採用全像光學元件設計的短時間延遲偏極化獨立光延遲線。