

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

鋅鎳共同擴散鈮酸鋰波導元件之研製 (I) Design and Fabrication of Zinc and Nickel Diffused Lithium Niobate Waveguide Devices(I)

計畫編號：NSC 89-2215-E-002-007

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：王維新 國立台灣大學光電工程學研究所

一、中文摘要

本計畫旨在研究利用鋅鎳擴散式鈮酸鋰光波導，來製作高訊熄比之光極化分離器。我們以鋅、鎳兩種金屬做為擴散源，製作出任意方向極化光的波導。藉由改變不同的製程參數（如鋅與鎳的厚度，擴散的溫度與時間）可得到單導 TE、單導 TM 極化光的波導。利用單極化光波導，我們設計並製作出具有高訊熄比的極化分離器。此計畫使用鋅鎳擴散式鈮酸鋰波導做為 TE 分支，並且利用質子交換式波導做為 TM 分支，在 Y 型分叉結構中，TM 與 TE 極化光將會分別選取不同的分支；TM 極化光將會導向質子交換式波導，TE 極化光則會導向鋅鎳擴散式波導。藉由單導 TE 極化光的使用，可增加其訊熄比，並且適當地設計其分叉角度，使得元件的尺寸縮小，可增加其積體化的密度。本項設計係利用或延續本實驗室以往之研究成果，對於國內光電元件設計與製造技術之發展，將有極

大助益。

關鍵詞：鈮酸鋰，鋅，鎳，質子交換，Y 型分叉光波導

Abstract

The purpose of this work is to study the fabrication of high-extinction-ratio optical polarization splitter by using zinc and nickel diffused(ZnNi:)LiNbO₃ Optical waveguides. We fabricated randomly polarized waveguides using zinc and nickel as diffusants. By different fabrication parameters e.g. thicknesses of zinc and nickel, diffusion temperature and time, we made single-TE and single-TM polarized waveguides. We proposed a polarization splitter of high extinction ratio by single-polarization

waveguides. This work used zinc and nickel diffused LiNbO₃ as TE arm and annealed proton-exchange(APE) LiNbO₃ as TM arm. In the Y-branch structure, TE and TM polarization waves see TE and TM arms, respectively. TM-polarized wave propagates toward APE-LiNbO₃, and TE-polarized wave propagates toward ZnNi:LiNbO₃. Using the single-TE polarized wave, extinction ratio has been increased successfully, and we can design an adequate branching angle making the polarization splitter smaller in order to have a higher density of integration. The work of this project is expected to be useful for the local industry in the design and fabrication of lithium niobate integrated optical waveguide devices.

Keywords: Lithium Niobate, Zinc, Nickel, Annealed Proton Exchange, Y-branch Waveguide

二、計畫緣由與目的

利用 Y 型分叉光波導所製成的極化分離器，如圖一所示，為同調光通訊中的基本組成。不同極化方向光輸入 Y 型分叉後，在分叉點會選擇不同的輸出端傳播。在模態理論中，基態極化光會選擇分支中具有較高折射率而傳播，而高階模態則會選取較低射率分支傳導。因此做為輸出端

的 TE 與 TM 分支的設計，將會是影響光極化分離器的重要因素。而具有高訊熄比的極化分離器可利用單導極化光波導來實現。

在本計畫中，鈮酸鋰上分叉角設計為 0.4° 的非對稱式 Y 型分叉光波導。在此 Y 型分叉光波導中，利用鋅鎳擴散式波導做為 TE 極化光分支，退火式質子交換式波導為 TM 極化光分支。利用 Y 型分叉中的不同分支結構設計，TE 與 TM 極化光將會傳播至 TE 與 TM 分支中，由於利用單導極化光波導，TE 與 TM 極化光的訊熄比將會非常地高。我們將尋找單導極化光波導最佳條件以實現本計畫所提出的高訊熄比極化分離器。

三、結果與討論

金屬擴散至鈮酸鋰基板，可以在部份區域形成波導[1]。這些金屬擴散源可以使得鈮酸鋰的普極化 (n_o) 與非普極化 (n_e) 方向的折射率增加，使用不同切的鈮酸鋰晶片，可以有效地製作出能導通不同極化方向的光波導。這些金屬中以鎳與鋅為最適當的擴散源，利用鎳擴散式 z 切鈮酸鋰成功地製作出單導 TE 與單導 TM 極化光的波導[2]，由於鎳金屬對於單導 TE 極化光的場形不甚佳，且不易控制其製程參數，因此在本計畫中我們使用鋅與鎳兩種金屬同步擴散至鈮酸鋰晶片，以得到較佳的單導 TE 極

化光波導。

表一與表二列出在不同的製程參數下，波導的極化方向。我們可以得到不同極化方向的波導，利用此結果，我們設計一 Y 型分叉的極化分離器[3]，如圖一所示。此結構由質子交換波導與鋅鎳波導組成，TE 與 TM 極化光將會由兩個分支輸出。利用鋅鎳擴散式波導與質子交換式波導，使得 TE 與 TM 極化光的訊熄比分別為 25dB，22dB。如圖二至圖四所示，在不同的輸入光情況下，其輸出端的光場圖。

四、計畫成果自評

本計畫研究成果成功地利用鋅鎳擴散式波導製作出單導極化光的波導，使用非對稱 Y 型分叉光波導之結構，並且使用質子交換式波導，可以改良傳統 Y 型分叉極化分離器在之訊熄比。其設計簡單、製作容易，有商業上應用價值，故適合在學術期刊發表且申請專利，故自評為計畫執行成果優良。

五、參考文獻

- [1] R.V. Schmidt and I.P. Kaminow, "Metal-diffused optical waveguides in LiNbO_3 ," *Appl. Phys. Lett.*, vol.25, no.8, pp.458-460, 1974
- [2] Y.P. Liao, D.J. Chen, R.C. Lu, and

W.S. Wang, "Nickel-diffused lithium niobate optical waveguide with process dependent polarization," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol.8, no.4, pp.548-550, 1996.

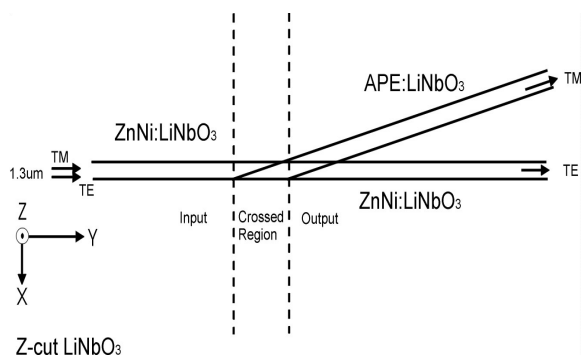
- [3] P.K. Wei and W.S. Wang, "A TE-TM mode splitter on lithium niobate using Ti, Ni, and MgO diffusions," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol.6, no.2, pp.245-248, 1994.

Thickness of Zinc($\text{\AA}$)		300	450	600	900
Fabrication parameters					
900 $^{\circ}\text{C}$	2hr	TM/TE	TM/TE	TM/TE	TM
	3hr	TE	TM/TE	TM/TE	TM/TE
1000 $^{\circ}\text{C}$	2hr	TM/TE	TM/TE	TM/TE	TM/TE
	3hr	x	TM/TE	TM/TE	TM/TE

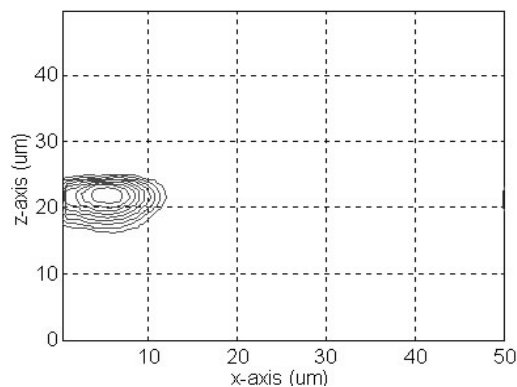
表一 在鎳厚度為 $200\text{\AA}$ 時之不同製程參數下，光波導的極化方向。

T($^{\circ}\text{C}$) \ t(hr)	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
800	x	TM	TM	TM	TM	TM	TM	x
850	x	TM	TM	TM	TM	TM/TE	TM/TE	x
900	x	TM	TM	TM/TE	TM/TE	TM/TE	TE	x
950	TM	TM/TE	TM/TE	TM/TE	TE	TE	x	x
1000	TM	TM/TE	TM/TE	TM/TE	x	x	x	x

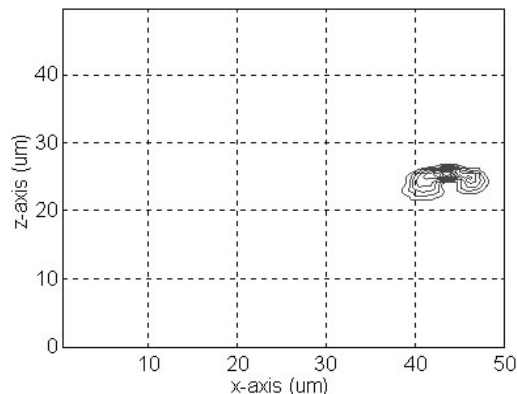
表二 在鋅與鎳厚度分別為 $750\text{\AA}$ 、 $250\text{\AA}$ 時，不同製程參數下光波導的極化方向。



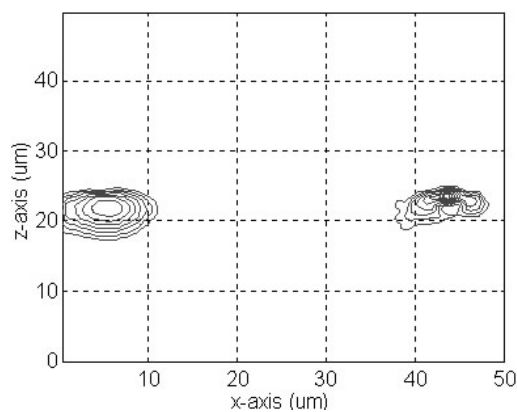
圖一 Y型分叉式極化分離器。



圖二 輸入光為 TE 極化光時的輸出光場圖。



圖三 輸入光為 TM 極化光時的輸出光場圖。



圖四 輸入光為 45° 極化光時的輸出光場圖。