

**【附件三】教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)**

教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PEE1080145

學門專案分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：108 年 8 月 1 日至 109 年 7 月 31 日

基於專題式學習的光纖傳輸實務課程設計與教學實踐  
光纖傳輸實務

計畫主持人(Principal Investigator)：楊淳良

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：淡江大學電機工程學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：109 年 9 月 20 日

# 基於專題式學習的光纖傳輸實務課程設計與教學實踐

## 一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

### 1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

近年來隨著智慧型手機的高度普及化，在課程教學現場上也產生了巨大的變化，學生的智慧型手機不離手的現象，致使學生在課堂上的專心度大幅降低，同時也影響學生的學習熱忱與學習成效。大部分學生所撰寫的期末專題報告書在內容品質上也有劣化之趨勢。本研究議題攸關學生未來的競爭力。

台大電機系教授葉丙成指出，以前對「好老師」的定義是講師(lecturer)，強調單向傳達，但未來老師應該像教練(coach)。最大差異在於了解個人不同特質，調整教學方式[1]。促進學生的學習力，提升未來的競爭力。

### 2. 文獻探討(Literature Review)

天下雜誌 2018 年教育特刊中指出學習力決定未來，未來的世界，只看 IQ、EQ 已經落伍，只有 LQ(Learnability Quotient，學習力商數)，才能讓人與時俱進，從容面對變局[1]。專題式學習在大學間漸受歡迎，專題式學習可以培養大學生在團隊合作、溝通、創業精神，以及解決真實問題的能力[2]。光通信在通識教育理念中的實驗教學，不僅要傳授知識和技術，還要培養學生的科學方法和思維，培養學生的科學精神和品德。引發學生的主動性，培養學生的創新精神和學習能力，引導學生全面性發展是非常必要和重要的[3]。

### 3. 研究問題(Research Question)

本課程「光纖傳輸實務」於 101 學年度開始導入在課程學期末進行專題式學習(Project-Based Learning, PBL)教學方法，強調做中學，以提高學生在本課程的參與度以及學習成效。扭轉智慧型手機對於多數學生在課堂上的負面影響，搭配學校 iClass 學習平台和 TronClass App 來增進學生的學習成效。強化專題式學習的實驗，提升學生撰寫專題報告書的能力。

### 4. 研究設計與方法(Research Methodology)

本課程「光纖傳輸實務」開設於電機系電通組四年級下學期：單學期、選修課、2 學分，適合大三、大四電機系學生選課修習，因此研究對象為大三、大四電機系學生，本課程修課人數為 69 人。本系唯一光通訊有關的課程，因此學生面對本課程幾乎是全新領域的課程。因此本課程的教學方法以課堂講述、實物展示、問題討論、單元專題式學習。因應 COVID-19 疫情以及為符合學生實際需求，與學生們討論並修正分項成績為：出席率(10%)、期中與期末測驗成績(80%)或四個單元專題實作報告書(80%)(兩者取高分)、上課表現(10%)。各週課程進度：單元一光纖介紹(第一~二週)、單元二光纖波導元件(第三~六週)、單元三光纖傳輸特性(第七~十週)、單元四光纖測試與量測(第十一~十五週)，共十五週(畢業班)。學習成效評量工具：手機線上點名、手機 App 線上測驗、課堂上課表現(回答問題)、單元專題實驗報告書。

在本計畫中授課教師與業師重新編撰「光纖傳輸實務」課程：光纖介紹、光纖波導元件、光纖傳輸特性、光纖測試與量測等四章的投影片，投影片內容中加入相關連結影片，如圖一所示[4]，並規劃四章的課後專題實作，如圖二所示，實驗主題加入相關連結網頁說明。專題實作以分組(5~6 人)進行，授課教師指定每章專題實作主題，實驗設置則由各組自行規劃與討論，每位學生獨立撰寫實驗報告。藉由「光纖傳輸實務」課程四章的專題實作，可激發學生自主學習能力，提升學生專業書面報告撰寫能力和學生畢業後的職場競爭力。

Department of Electrical and Computer Engineering 2020/8/24

(七)光纖製造  
光纖製程簡介

光纖實際製作流程介紹影片

圖8.光纖製作過程圖[12]

High-Speed Optical Fiber Network Lab. Tamkang University 11

圖一、教材投影片內容中加入相關連結影片[4]。

Department of Electrical and Computer Engineering 2020/8/24

光纖傳輸實務課程 - 專題實作

光時域反射儀(OTDR)以及元件插入損失(Insertion Loss)量測

Chun-Liang Yang

High-Speed Optical Fiber Network Lab. Tamkang University 1

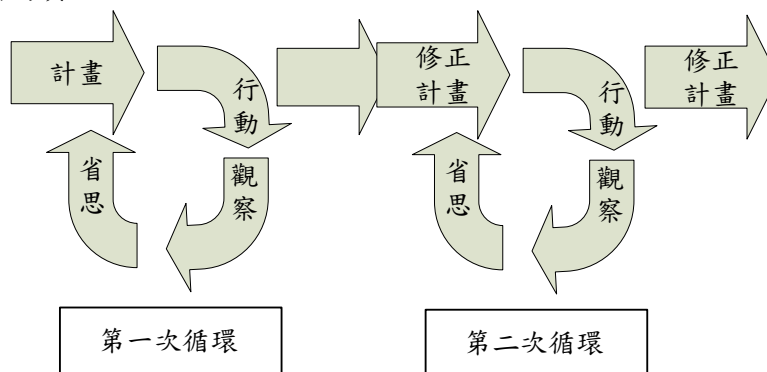
圖二、單元專題實作主題加入相關連結網頁說明。

採教學行動研究方法，其實施步驟如下：

- 釐清課程改革需求、分析教學情境：學生智慧型手機不離手的現象，影響課堂上學習專心度及學習成效。
- 發現潛藏問題：自主學習能力差、專業書面報告撰寫能力下降。
- 擬定課程與教學改革方案：運用學校的 iClass 雲端即時互動式教學平台、編撰單元專題式學習教材。
- 預備教學情境

- 執行課程與教學方案
- 評估課程實施成效
- 成果分享與傳播
- 進入新的改革行動循環

行動研究的循環歷程，第一次循環(計畫→行動→觀察→省思)→第二次循環(修正計畫→行動→觀察→省思)，如下圖三所示。每一次循環可以是一學期課程，在 106 學年度第二學期已進行部分創新的教學實踐計畫，進入下一次循環時會進行修正計畫，因此本計畫在 108 學年度第二學期執行時已進入第三次循環，其行動研究的執行將會更成熟與順暢，將 106 學年度第二學期資料與 107 學年度第二學期資料列為參考組，108 學年度第二學期的資料列為實驗組。



圖三、行動研究的循環歷程[5]。

採用行動研究的效度檢核，採用三角驗證法(triangulation)[6]。本計畫採用：分析者(研究者、業師)檢證、方法檢證(iClass 學習平台中自訂問卷與學生學習分析)、資料檢證(單元專題實驗報告書、線上測驗成績、學校期末教學評量問卷)。



圖四、本校 iClass 學習平台-「光纖傳輸實務」課程，TronClass App 介面。

## 5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

### (1) 教學過程與成果

第一章課前實施 10 題線上選擇題測驗，當第一章教授完畢後再給予 20 題線上選擇題測驗，內含前測 10 題，期中考試 40 題線上選擇題測驗，則內含前測 8 題。表一可知內含前測 10 題的後測在有些題號上呈現較高的正確率。然而佔學期分數比例高的期中考試其學生作答率和答題正確率明顯高於只佔極少分數的前測和後測的答題正確率。因此配分比重高一些較能獲得學生的重視，且學習成效較佳。第二章在課前、課後和期中考試問答題正確率的相關性幾乎與第一章相似。

表一、第一章課前、課後和期中考試問答題正確率的相關性

線上測驗 (選擇題)	第一章 前測 10 題		第一章 後測 20 題		期中考試 40 題		
	題號	作答率	正確率	作答率	正確率	作答率	正確率
	1	76.71%	25.00%	89.04%	75.38%	90.41%	93.94%
	2	76.71%	10.71%	89.04%	13.85%	89.04%	86.15%
	3	75.34%	47.27%	89.04%	43.08%	N/A	N/A
	4	75.34%	36.36%	89.04%	40.00%	90.41%	92.42%
	5	76.71%	26.79%	89.04%	46.15%	N/A	N/A
	6	76.71%	50.00%	89.04%	58.46%	90.41%	89.39%
	7	76.71%	91.07%	89.04%	95.38%	90.41%	98.48%
	8	76.71%	41.07%	89.04%	40.00%	89.04%	80.00%
	9	76.71%	32.14%	87.67%	50.00%	89.04%	93.85%
	10	76.71%	17.86%	89.04%	27.69%	90.41%	93.94%

表二、第二章課前、課後和期中考試問答題正確率的相關性

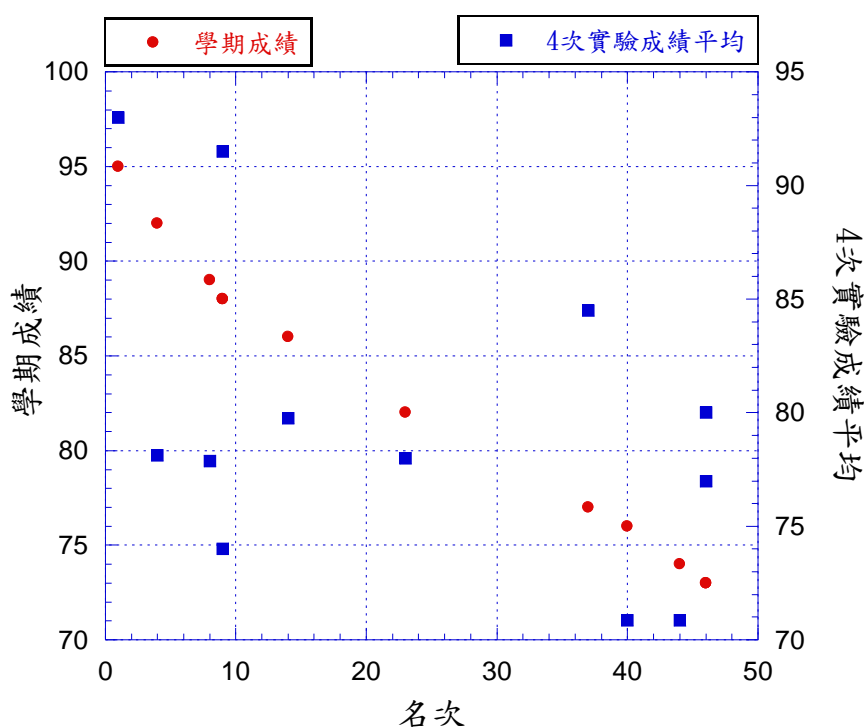
線上測驗 (選擇題)	第二章 前測 10 題		第二章 後測 20 題		期中考試 40 題		
	題號	作答率	正確率	作答率	正確率	作答率	正確率
	1	76.71%	33.93%	86.30%	47.62%	90.41%	89.39%
	2	75.34%	29.09%	86.30%	28.57%	87.67%	54.69%
	3	78.08%	14.04%	86.30%	11.11%	89.04%	69.23%
	4	78.08%	68.42%	86.30%	85.71%	89.04%	98.46%
	5	76.71%	46.43%	86.30%	49.21%	89.04%	93.85%
	6	78.08%	15.79%	86.30%	19.05%	87.67%	76.56%
	7	78.08%	17.54%	86.30%	39.68%	90.41%	87.88%
	8	76.71%	87.50%	86.30%	93.65%	87.67%	98.44%
	9	78.08%	28.07%	86.30%	44.44%	89.04%	80.00%
	10	78.08%	38.60%	N/A	N/A	89.04%	66.15%

106 至 108 學年度間的專題實作的成績比較彙整如下表，在 106 和 107 學年度只有期末專題實作，108 學年度在每一章課程後配有一專題實作。106 與 107 學年度，學生的期末專題實作成績平均分數幾乎差不多，而在 108 學年度學生在實驗一至四的平均數雖然稍有變動，但其差異性並不大。

因此藉由多次的實驗來增進學生的學習成效，並分析學生名次與學期成績和完成四次實驗的成績平均的相關性。從下圖五分析結果可知本課程共有 12 位同學完成四次單元專題實作並繳交實驗報告，第 1 名學生其四次實驗成績平均 93 分，其期中與期末線上測驗成績也是表現相對優異。第 9 名有兩位，其中一位是四次實驗成績平均 91.5 分，另一位是 74 分。第 46 名有兩位，其中一位是四次實驗成績平均 80 分，另一位是 77 分。從圖上分析得知名次居於中段學生其完成四次單元專題實作並繳交實驗報告則意願較低。單元專題實作比較能夠激勵期中與期末線上測驗成績位於高、低分段學生完成所有實驗。

表三、106 至 108 學年度間專題實作成績的比較

學年	106	107	108(Lab.1)	108(Lab.2)	108(Lab.3)	108(Lab.4)
最低分	70	60	62.5	70	67.5	80
最高分	97	95	92.5	95	91	95
份數	83	109	60	28	16	15
平均分數	82.98	82.52	76.06	82.27	78.84	83.67
統計標準差	5.90	6.69	8.07	7.89	8.31	5.50



圖五、學生名次與學期成績和完成四次實驗的成績平均的相關性。

## (2) 教師教學反思

在學校期末教學評量問卷方面，表四 106 至 108 學年度「光纖傳輸實務」程教學評量結果差異性並不大。在 106 學年度第二學期「光纖傳輸實務」課程中首次導入學校 iClass 學習平台之線上測驗功能，每週上課給予一次課後線上測驗，所有線上測驗成績的總和成績作為期末考試成績，因此學生會更重視及專注於每次線上測驗，藉此提醒學生上課專心，並作為學生課後學習成效的檢證。由於學生頗喜愛每週課後題目少的線上測驗方

式以及期末專題實作實驗，因此在教學評量結果會比 107 與 108 學年度的分數高一些。

在授課教師自訂期末教學評量問卷方面，表五 106 和 108 學年度「光纖傳輸實務」程教學評量結果，其教學成效已都達 90% 的同意度。然而本次課程受 COVID-19 疫情影響，學生幾乎全勤到課比例下降至 57.4%。

表四、106 至 108 學年度間「光纖傳輸實務」程教學評量結果

構面	106 學年	107 學年	108 學年
學習效果	5.91	5.75	5.76
專業態度	5.91	5.78	5.79
教學方法	5.91	5.74	5.73
教學內容	5.89	5.73	5.80
性別平等	5.93	5.77	5.84
填答比率	29/85(34.12%)	89/113(78.76%)	45/69(65.22%)
<b>教學總分</b>	<b>5.90</b>	<b>5.75</b>	<b>5.77</b>

表五、106 和 108 學年度間「光纖傳輸實務」程自訂教學評量結果

題目	106學年(填答率：81/85=95.3%)			108學年(填答率：62/69=89.9%)		
	非常同意比例	同意比例	兩項總和的比例	非常同意比例	同意比例	兩項總和的比例
老師在這門課的教學方法有助於我的學習	81.5%	18.5%	100%	66.1%	29%	95.1%
老師在這門課的教學內容有助於我學習到相關知能	77.8%	21.0%	98.8%	62.9%	32.3%	95.2%
本課程課堂中線上測驗有助於我的學習	75.3%	21.0%	96.3%	62.9%	27.4%	90.3%
本課程(期末)專題實驗有助於我的學習	75.3%	23.5%	98.8%	67.7%	25.8%	93.5%
我認為這門課的要求合理	76.5%	22.2%	98.8%	64.5%	32.3%	96.8%
題目	0次比例	1次比例	兩項總和的比例	0次比例	1次比例	兩項總和的比例
我在這門課的缺席次數(含請假及未請假)	67.9%	22.2%	90.1%	36.1%	21.3%	57.4%

此次雲暉科技公司產品開發部高級電子工程師許書愷業師協助「光纖傳輸實務課程」教材重編，並參與學生實驗報告的評分，可獲得更好的學習成效檢證。在第一次專題實驗報告評分後，業師也提供報告總體建議參考，並在 109 年 6 月 1 日講授「現今光纖通訊產業技術概論」，提供產業技術最新概況，且在 109 年 6 月 8 日與學生們座談，鼓勵同學多學習，並提供學生未來求職經驗交流。



圖六、業師基本資料與蒞校活動照。

### (3) 學生學習回饋

授課教師、業師與學生們座談，學生反映事項：

- 1.教材內容有部分細節內容未提及，例如：光返回損失的計算式。因專題實作中計算需求，學生反映必須自行在網路上查閱。因此可以激發學生自主學習能力。
- 2.對於從未實際操作過的儀器，例如：光時域反射儀，只能從儀器用途的文字描述上死記其用途，很難了解其儀器的真實用途。因此實際操作儀器有助於學生了解其儀器的真實用途及操作方式。
- 3.講義內容加入相關連結影片內容有助於學生對於課程內容的學習成效。新時代的學習方式，相關連結影片與文字敘述產生互補效果。
- 4.希望在專題實作中的儀器操作能夠預錄成影片，提供給學生在實驗前自行觀看，以節省實驗現場助教在儀器教學上的講解時間。因此可知本課程的學生渴望在實驗室有更充裕的實驗時間，未來課程中可規劃虛實課程內容整合。

### 6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

本課程受 COVID-19 疫情影響，部分學生有時會利用 MS-Teams 連線進行遠端課堂學習，此部分較難了解學生實際專注情形，以及會影響學生的出席率，學生幾乎全勤到課比例下降為 57.4%。本課程總共實施課堂外四個單元的專題實作，修課人數多會造成專題實作助教較大的負擔。

經分析學生們在線上測驗期中考試和期末考試成績、單元專題實驗次數與平均成績、學期成績等項目，本課程設計單元專題實作比較能夠激勵期中與期末線上測驗成績位於高、低分段學生完成所有實驗單元。具考試優勢的學生更能增進本課程的學習成效；具考試弱勢的學生能藉由實驗單元提升其學期成績和學習成效。此外經由多次的專題實作以及實驗報告撰寫，可以提升學生的學習成效和撰寫專題報告書的能力。分組專題式學習在本課程中，可以培養學生在團隊合作、溝通、創業精神，以及解決真實問題的能力。

## 二. 參考文獻(References)

- [1]學習力決定未來，天下雜誌(2018 年教育特刊)，2018 年 11 月 7 日。
- [2] Toni Feder, “College-level project-based learning gains popularity,” *Physics Today*, Page 28, 1 June, 2017.
- [3] Lan, L., Liu, S., Zhou, J. H., and Peng, Z. M., “Experimental Teaching Reforms of Optical Fiber Communication Based on General Education,” *ICO, IEEE, OSA, SPIE Proc. of SPIE*, Vol. 10452, pp. 104524Y-1~104524Y-6, 14th Conference on Education and Training in Optics and Photonics: ETOP 2017.
- [4] Jeff Hecht, *Understanding Fiber Optics*, 1987.
- [5]張德銳、李俊達，教學行動研究及其對國小教師教學省思影響之研究，臺北市立教育大學學報，2007，第 38 卷第一期 33-66 頁。
- [6] BIE(2018). 三角驗證. 2018/12/9 Retrieved from <https://pastewall.com/sticker/1ccff0e4d5134eb79dae8be87297c668>

## 三. 附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。



發聘單位：TETX 電機系		教師代號：125610 教師姓名：楊淳良		開課系年班：電機系電通四A				開課序號：1012				應填答人數： 69 人								
								科目名稱：光纖傳輸實務				回收數： 45 份								
												回收率： 65.22 %								
題號	題 目	評量尺度： 6 5 4 3 2 1 非常同意-----非常不同意					各 尺 度 填 答 人 數					各題平均數／標準差				各構面平均數／標準差				
		6	5	4	3	2	1	個人	本系	本院	全校	構面	項目	個人	本系	本院	全校			
1	我學習到這門課的相關知能	34	9	1	0	0	1	5.64 0.86	5.52 0.89	5.55 0.84	5.52 0.86	學習效果	原始	5.61 0.89	5.51 0.91	5.54 0.86	5.51 0.87			
2	這門課讓我有所收穫	33	9	1	1	0	1	5.58 0.94	5.49 0.93	5.52 0.88	5.49 0.89		調整	5.76 0.46	5.60 0.74	5.63 0.69	5.60 0.71			
3	這門課的老師教學認真	37	6	1	0	0	1	5.71 0.84	5.57 0.85	5.62 0.78	5.62 0.78	專業態度	原始	5.62 0.97	5.57 0.85	5.62 0.79	5.61 0.79			
4	這門課的老師有充分的教學準備	33	9	1	0	0	2	5.53 1.10	5.57 0.86	5.61 0.79	5.60 0.80		調整	5.79 0.43	5.66 0.67	5.71 0.61	5.70 0.62			
5	這門課的教學方法能激發我的學習動機	34	7	3	0	1	0	5.62 0.81	5.45 0.98	5.43 0.98	5.39 1.00	教學方法	原始	5.62 0.78	5.45 0.98	5.45 0.97	5.41 0.99			
6	這門課的教學方法有助於我的學習	33	9	2	0	1	0	5.62 0.78	5.46 0.97	5.46 0.96	5.42 0.98		調整	5.73 0.52	5.55 0.81	5.55 0.80	5.50 0.82			
7	這門課的教學內容符合教學目標	34	9	0	2	0	0	5.67 0.71	5.54 0.89	5.58 0.83	5.57 0.83	教學內容	原始	5.71 0.62	5.55 0.88	5.58 0.83	5.56 0.84			
8	這門課的教學內容充實	36	7	2	0	0	0	5.76 0.53	5.55 0.88	5.58 0.83	5.55 0.86		調整	5.80 0.40	5.64 0.71	5.67 0.65	5.65 0.68			
9	老師在教學時，不會因學生的性別而有不當的差別待遇	37	7	0	1	0	0	5.78 0.56	5.67 0.76	5.72 0.69	5.75 0.65	性別平等	原始	5.77 0.56	5.67 0.76	5.73 0.68	5.76 0.64			
10	老師在教學時，不會因學生的性傾向而有不當的差別待遇	36	8	0	1	0	0	5.76 0.57	5.68 0.75	5.74 0.67	5.77 0.63		調整	5.84 0.37	5.77 0.56	5.82 0.47	5.85 0.44			
11	整體而言，我對這門課感到滿意	34	9	1	0	1	0	5.67 0.74	5.52 0.92	5.55 0.88	5.53 0.89	※11題得分不計入評量。								

- 備註：  
 1. 應填答人數 = 正式選課人數 - ( 扣考、休退及當學期註冊資料不存在者 ) 人數  
 2. 回收率未達35%之課程均不列計於發聘系、發聘院及全校平均數與標準差之計算。  
 3. 平均數愈高表示學生對於該題項同意程度愈高；標準差表示學生在勾選該題項分數的離散程度，數值愈小表示學生看法較一致。  
 4. 第1~2題歸屬為學習效果構面、第3~4題歸屬為專業態度構面、第5~6題歸屬為教學方法構面、第7~8題歸屬為教學內容構面以及第9~10題歸屬為性別平等構面。  
 5. 調整：各題去除排序前後各 5%意見後，以剩餘數值計算構面內所有題項之平均數，再與原始平均數相較取高值。  
 6. 教學總分：為學習效果、專業態度、教學方法與教學內容四構面之平均值。

教學總分	項目	個人	本系	本院	全校
	原始	5.64 0.83	5.52 0.91	5.54 0.87	5.52 0.88
	調整	5.77 0.46	5.61 0.74	5.64 0.69	5.61 0.72

淡江大學  
108學年度第2學期

大學部  
學期成績卡  
(畢業班)

上課時間  
星期 節次 教室  
一 06,07 E 410

教授：

TETX 125610 楊淳良

科目名稱：

光纖傳輸實務

選必修及學分：

選修 2 學分

科目代號：

TETEB4E3073 0A

開課系級：

TETEB4 電機系電通四

上傳時間：2020/06/10 03:51:32

印表日期：民國109年06月10日

頁次：0180 (ExcelPDF)

系統驗證碼：012e521e31789dbb507934d32e268bcc9a7a7b1b3e2474ab4d39ef59f5444434

座號	系級 學號	姓名	成績	座號	系級 學號	姓名	成績	座號	系級 學號	姓名	成績
001			70	028			0	055			87
002			82	029			77	056			83
003			86	030			95	057			90
004			64	031			81	058			79
005			87	032			79	059			70
006			79	033			72	060			76
007			73	034			61	061			78
008			82	035			84	062			86
009			67	036			停修	063			85
010			73	037			78	064			69
011			81	038			79	065			85
012			71	039			60	066			84
013			1	040			92	067			48
014			84	041			89	068			77
015			1	042			88	069			66
016			停修	043			74	070			82
017			72	044			76	071			退選
018			75	045			73	072			停修
019			68	046			74	073			77
020			81	047			62	***	*****	◆◆◆◆◆	
021			1	048			94				
022			76	049			78				
023			78	050			94				
024			88	051			90				
025			61	052			87				
026			51	053			90				
027			67	054			85				

請詳閱下列說明：

如發現有修課學生不在名單中，請於上傳成績後列印紙本成績卡，並在紙本(\*\*\*)-後寫上班級、學號、姓名、成績，簽章後送教務處註冊組(蘭陽校園送教務業務辦公室)，以便查證學生是否有選課。

◆注意事項：

- 一、請於考畢後五日內上傳成績，期末考試試卷由任課教師自行保存一年。
- 二、核算學期成績時，如期末考試缺考、請假或違反考試規則者，期末考試成績以零分計算。
- 三、本成績上傳後即已存入資料庫，若需要更正成績，至遲須於次學期開學後十天內以書面方式說明更正原因，並檢附正式記分簿正本及其他相關資料送發聘單位轉教務處依規定審核。

教授簽章：

附記：

## 光纖端面檢視以及光纖損失量測

40549058Z 張j 瑩

### 一、 實驗目的

1. 端面與功率：端面髒污程度對光纖傳輸的影響。
2. 彎曲程度與功率：光纖彎曲程度對光纖傳輸的影響。
3. 光纖接頭與功率：不同的接頭對光纖傳輸的影響。

### 二、 實驗器材

- 卡夾式 [光纖清潔帶\(Fiber Cleaner\)](#)



卡匣式光纖清潔帶適用於因酒精、手汗或灰塵等因素造成光纖接頭污損時用來清潔髒污餘漬，避免因為接頭污損造成光訊號傳輸品質不良。

- [光纖端面檢視器\(Optical Fiber Inspector\)](#)



檢測光纖連接埠內及光纖跳線端面之清潔，使用者可透過檢視器得知端面是否受污染或損壞，進而排除光纖鏈路中最常發生的接頭故障問題。

- [掌上型 PON 三波長光源](#)



在一個端口上提供最多 3 個單模波長，或在兩個端口上提供最多 4 個波長（2 個多模和 2 個單模），是功能多樣、完整的光源。應用於鏈路損耗鑑定以及光纖識別。

➤ 掌上型 PON 光功率計



手持式光功率計，可以用於測量光纖網路中光功率的絕對值及相對損耗值，採用一個感光面積  $\text{Ø}1.0\text{mm}$  的光電二極管，大幅的提升光功率計的穩定性及可靠性。

➤ 可視故障定位器(Visual Fault Locator)



採用紅色設計，通用連接器和精確測量。它定位光纖，發現故障，驗證連續性和極性。它廣泛用於電信工程和維護，CATV 工程和維護，佈線系統和其他光纖項目。這種可視故障定位儀可以連續波或脈沖模式運行。

➤ 光纖跳接線(Patch Cord)

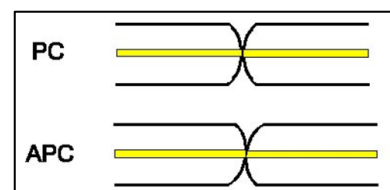


光纖跳線用來做從設備到光纖布線鏈路的跳接線。有較厚的保護層，一般用在光端機和終端盒之間的連接。

### 三、 實驗原理

1. 光纖本身材質相當脆弱，污垢、灰塵與其他污染物甚至損傷等都可能引起光纖連結傳輸上各式各樣不同的問題。
2. 光纖彎曲時部分光纖內的光會因散射而損失掉，造成損耗。
3. PC 與非角度拋光的連接器配合會導致很高的插入損耗。

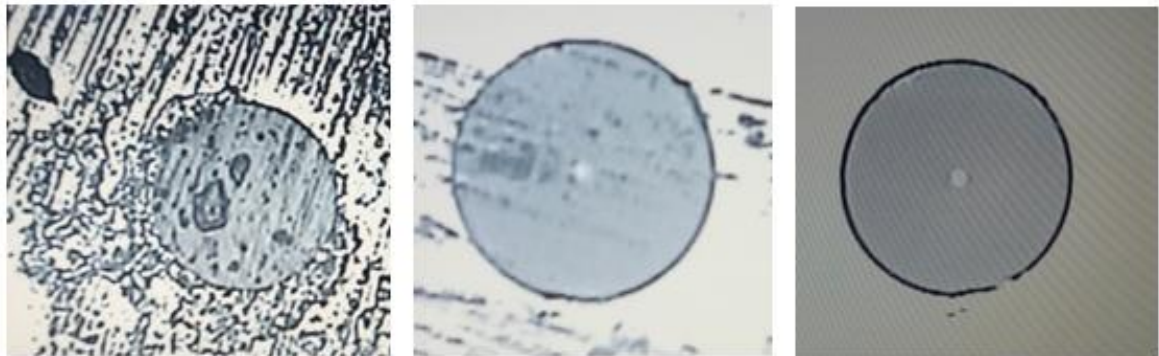
Ex. PC 和 APC 接，會造成很大的插入損耗。



#### 四、 實驗設置

##### ◆ 端面與功率

將端面做出髒污與乾淨兩種處理，在波長為 1550 nm 以及 1310 nm 兩種條件下進行觀察功率的損耗。



(a)

(b)

(c)

圖(a)為髒污嚴重之端面，圖(b)為輕微髒污之端面，圖(c)則為乾淨之端面。

##### ◆ 彎曲程度與功率

以相同長度的光纖線段纏繞三種不同半徑的圓柱體，並觀察在  $\lambda = 1550$  nm 的情況下所接收到的功率。

##### ◆ 光纖接頭與功率

嘗試將兩種不同的接頭對接 (PC 與 APC)，並觀察在  $\lambda = 1550$  nm 時功率的損耗。

## 五、 實驗結果

### ◆ 端面與功率（針對 1550 nm 以及 1310 nm 兩種波長）

量測的波長 兩個連接端面的狀況	$\lambda = 1550 \text{ nm}$	$\lambda = 1310 \text{ nm}$
乾淨 + 乾淨	1.44 mW	4.91 mW
髒汙 + 乾淨	1.49 mW	4.92 mW
髒汙 + 髒汙	1.38 mW	3.01 mW

### ◆ 彎曲程度與功率

纏繞之圓柱體半徑 量測的波長	$r = 3.25 \text{ cm}$	$r = 2 \text{ cm}$	$r = 1 \text{ cm}$
$\lambda = 1550 \text{ nm}$	1.29 mW	1.30 mW	0.818 mW

### ◆ 光纖接頭與功率

光纖接頭	$\lambda = 1550 \text{ nm}$
PC + PC	1.30 mW
PC + APC	0.745 mW

光纖接線	$\lambda = 1550 \text{ nm}$
PC 線段 + PC 線段 + PC 線段	3.48 mW
PC 線段 + APC 線段 + PC 線段	25.6 $\mu\text{W}$

## 六、 結論與討論

### 1. 端面與功率

從「端面與功率」的結果來看，一點點的髒污所造成的影響並不大，會在測量上形成誤差，導致髒污面連接乾淨面的功率大於乾淨面連接乾淨面的功率。而單就乾淨面連接乾淨面以及髒污面連接髒污面來看，便可發現端面骯髒，將會使得接收功率變低。

### 2. 彎曲程度與功率

從「彎曲程度與功率」的結果來看可以發現，纏繞之圓柱體半徑在  $r = 3.25 \text{ cm}$  以及  $r = 2 \text{ cm}$  的時候功率相差甚小，只有 0.7% 的差距。而在  $r = 1 \text{ cm}$  時，功率明顯下降至 0.818 mW，下降了 37%。自此可見若光纖彎曲程度越大（在相同的長度下所纏繞的圈數也會相對地越多），功率的損耗便會越大。

### 3. 光纖接頭與功率

從「光纖接頭與功率」的結果來看可以發現直接連接不同的接頭會導致接收到的功率大幅下降。

## 七、 參考文獻

1. 豪穩實業有限公司 - 卡匣式光纖清潔帶。 檢自：  
<https://www.haowen.com.tw/%E5%8D%A1%E5%8C%A3%E5%BC%8F%E5%85%89%E7%BA%96%E6%B8%85%E6%BD%94%E5%B8%B6.html>
2. 光纖端面檢視器 OFI400 / Optical Fiber Inspector。 檢自：  
[http://www.ascentac.com/static/file/TC/OFI400\\_C\\_v1.0\\_190822.pdf](http://www.ascentac.com/static/file/TC/OFI400_C_v1.0_190822.pdf)
3. FLS-300 \_ 光源\_ FTTx 光測試\_ \_\_PON。 檢自：  
<https://www.exfo.com/zh/products/field-network-testing/light-sources/fls-300/>
4. 光功率計\_ -芯邦科技-光電測試設備-芯邦產品。 檢自：  
[http://www.melbye.com.tw/portal\\_c1\\_cnt\\_page.php?owner\\_num=c1\\_503908&button\\_num=c1&folder\\_id=65916&cnt\\_id=535088&chbib\\_buy\\_look=](http://www.melbye.com.tw/portal_c1_cnt_page.php?owner_num=c1_503908&button_num=c1&folder_id=65916&cnt_id=535088&chbib_buy_look=)
5. 連接器可視故障定位器光纖電纜測試工具 \_ 蝦皮購物。 檢自：  
<https://shopee.tw/amp/%E9%80%A3%E6%8E%A5%E5%99%A8%E5%8F%AF%E8%A6%96%E6%95%85%E9%9A%9C%E5%AE%9A%E4%BD%8D%E5%99%A8%E5%85%89%E7%BA%96%E9%9B%BB%E7%BA%9C%E6%B8%AC%E8%A9%A6%E5%B7%A5%E5%85%B7-i.68584406.1599702410>
6. FC FC 單模單芯光纖跳線 3 米 FC\_UPC FC\_UPC SM SX 3.0mm 9\_125 3M 電信級 網路光纖可客製化訂購。 檢自：  
[http://www.oneherts.com.tw/index.php?route=product/product&path=78&product\\_id=520](http://www.oneherts.com.tw/index.php?route=product/product&path=78&product_id=520)
7. 光纖為何需要清潔\_ 告訴你光纖清潔的重要性! \_ 禾普購物網。 檢自：  
[http://www.hobbesstore.com/zh\\_TW/news\\_default/id/354](http://www.hobbesstore.com/zh_TW/news_default/id/354)
8. 怎樣理解光纖衰減和損耗? \_ 尋夢新聞。 檢自：  
<https://ek21.com/news/2/48159/>
9. 【光子學】光纖接頭 PC \_ APC 的差異-SpicyBoyd 部落格。 檢自：  
<https://spicyboyd.blogspot.com/2018/10/photonics-pcapc.html>



## 光時域反射儀以及元件插入損失量測

40549058X 張X瑩

### 一、 實驗目的

利用 OTDR 700 (光時域反射儀) 觀察光纖線路的盲區 (死區)。

### 二、 實驗器材

➤ [光纖端面檢視器\(Optical Fiber Inspector\)](#)



檢測光纖連接埠內及光纖跳線端面之清潔，使用者可透過檢視器得知端面是否受污染或損壞，進而排除光纖鏈路中最常發生的接頭故障問題。

➤ OTDR 700 (光時域反射儀)



用於故障排除，測量和記錄光纖網絡狀態的高級儀器。高分辨率和窄事件死區使安裝，操作和維護過程中的光纖狀態得以全面，準確地分析。內置功率計，光源，損耗計和 VFL (可選) 的功能。採用一鍵式自動測量，簡化了結果解釋。每個事件的距離，總損失，總回程損失和通過/失敗結果將直接顯示。

### 三、 實驗原理

光時域反射儀：

OTDR700 系列為光時域反射儀，是一款用於檢測和紀錄光纖網絡狀態的手持量測儀器，內建功率計、光源、損耗計與可見光源故障定位器。其應用在電信或有線電視光纜線路維護與施工光纜線路障礙維護查修。

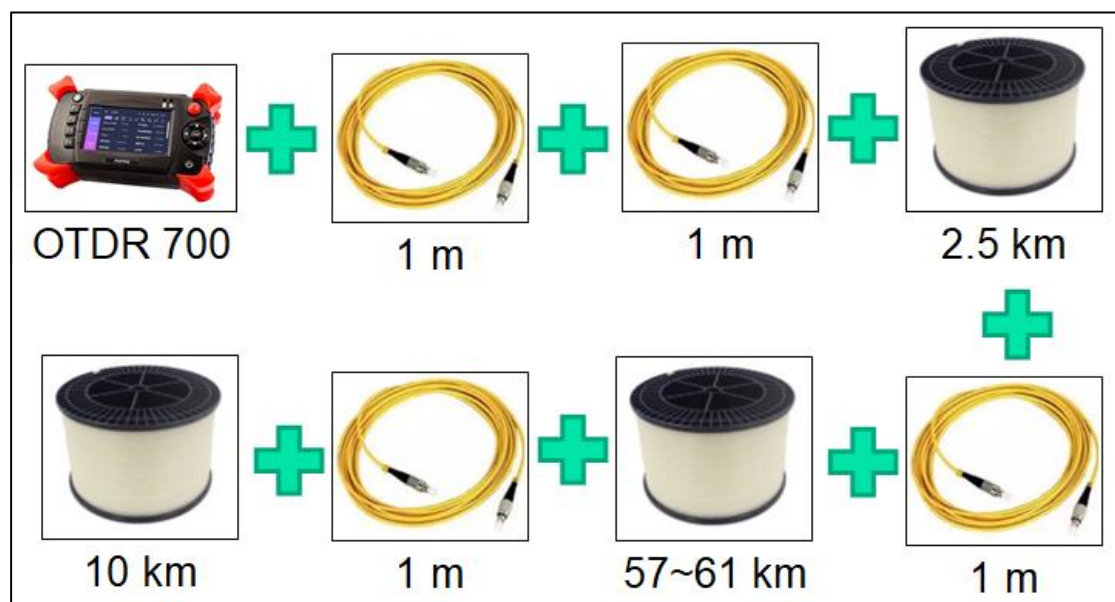
光時域反射儀的原理為其會打入一連串的光突波進入光纖來檢驗。檢驗的方式是由打入突波的另一側接收光訊號，因為打入的訊號遇到不同折射率的介質會散射（瑞利散射（Rayleigh scattering））及反射回來。反射回來的光訊號強度會被量測到，並且是時間的函數，因此可以將之轉算成光纖的長度。

光時域反射儀可以用來量測光纖的長度、衰減，包括光纖的熔接處及轉接處皆可量測。在光纖斷掉時也可以用來量測中斷點。

瑞利散射（Rayleigh scattering）：

當光在光纖內部行進時，其中的一小部分會因瑞利散射而損失掉。瑞利散射是由光纖內的不規則散射信號造成的。通過光纖收發參數，瑞利散射就可以被計算出來。若波長已知，那麼它一定與信號的脈寬成正比，背向散射波長越長，功率越大。瑞利散射的功率與發射信號的波長有關，波長越短，功率越大。也就是說，1310nm 波長的瑞利背向散射信號路徑比 1550nm 瑞利背向散射的路徑要高。

### 四、 實驗設置



全長大約 12.5km 左右。

## 五、 實驗結果

### ➤ 設置



Distance Unit : m  
 反射損耗門檻 : 60.0 dB  
 損耗門檻 : 0.3 dB  
 軌跡終點門檻 : 3.0 dB

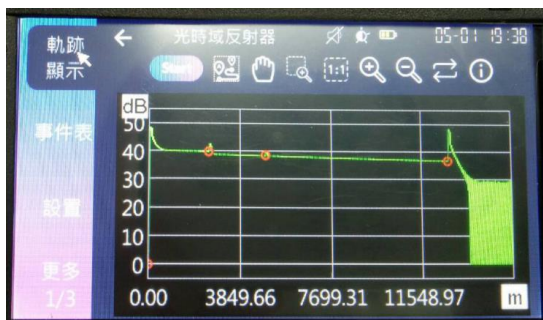


波長設定 : 1625 nm  
 脈波寬度 : 100 ns  
 量測距離 : 15000.0 m  
 量測時間 : 30 S  
 折射率 : 1.46000

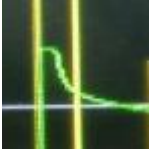
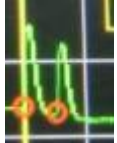
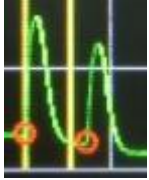


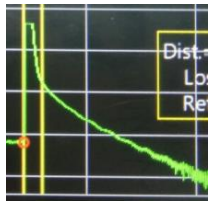
### ➤ 事件表

項次	Dist <m>	損耗 <dB>	反射損耗 <dB>	Att. <dB/m>	累積 <dB>
1	1.027	xxxx	48.96	xxxx	0.13
---	67.808	4.80	xxxx	1995..	4.93
2	2540...	0.50	52.25	xxxx	5.44
---	2585...	xxxx	xxxx	xxxx	5.34
3	2602...	0.40	53.90	xxxx	5.77
---	2644...	2.20	xxxx	225.14	7.97

### ➤ 整體量測結果



➤ 量測結果

Dist	Loss	Refl.	圖片
1.207 m	-41.79 dB	48.96 dB	
67.808 m	4.80 dB	0.00 dB	
2540.240 m	0.50 dB	52.25 dB	
2585.959 m	-0.10 dB	0.00 dB	
2602.397 m	0.40 dB	53.90 dB	
12689.383 m	-7.18 dB	30.55 dB	

## 六、 結論與討論

在實驗的過程中，並不是一開始就測量全長大約 12.5km 之光纖。先前嘗試測量短距的光纖（ex.50m 以及 1km 左右等）發現到儀器無法量測到除了儀器與線路連接的第一個盲區以外的其他盲區。

因此推測是光纖短距者不利於測量，也很可能會導致較鄰近之 pick 重疊在一起。自此才連接出全長 12.5km 的光纖以利量測。

## 七、 參考文獻

1. Smart IoT Taiwan Expo & Summit-Products-Optical Time Domain Reflectometer-ASCENTAC INC. 檢自：  
[https://www.smartasiataiwan.com/en\\_US/product/info.html?id=DA07B3506F6160B5970F32626A47FBBF](https://www.smartasiataiwan.com/en_US/product/info.html?id=DA07B3506F6160B5970F32626A47FBBF)
2. OTDR（光時域反射儀）使用全攻略。 檢自：  
<https://kknews.cc/zh-tw/science/x8bxq48.html>
3. 光時域反射儀（OTDR）教程。 檢自：<https://www.fs.com/zh/tutorial/387.html>
4. 光時域反射儀。 檢自：  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E6%99%82%E5%9F%9F%E5%8F%8D%E5%B0%84%E5%84%80>
5. 光時域反射器。 檢自：  
[http://www.ascentac.com/static/file/TC/OTDR700\\_C\\_v1.1\\_190826.pdf](http://www.ascentac.com/static/file/TC/OTDR700_C_v1.1_190826.pdf)
6. 【光子學】OTDR 光時域反射儀-瑞利散射，後向散射，菲涅耳反射，拉曼散射，布里淵散射。 檢自：  
<https://spicyboyd.blogspot.com/2018/10/photronicsotdr-rayleigh-scattering.html>
7. 瑞利散射。 檢自：  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%91%9E%E5%88%A9%E6%95%A3%E5%B0%84>

## 光纖彎曲損失(Bending Loss)量測

40549058X 張X瑩

### 一、 實驗目的

彎曲程度與功率：光纖彎曲程度對光纖傳輸的影響。

### 二、 實驗器材

- 卡夾式 [光纖清潔帶\(Fiber Cleaner\)](#)



卡匣式光纖清潔帶適用於因酒精、手汗或灰塵等因素造成光纖接頭污損時用來清潔髒污餘漬，避免因為接頭污損造成光訊號傳輸品質不良。

- [光纖端面檢視器\(Optical Fiber Inspector\)](#)



檢測光纖連接埠內及光纖跳線端面之清潔，使用者可透過檢視器得知端面是否受污染或損壞，進而排除光纖鏈路中最常發生的接頭故障問題。

- [掌上型 PON 三波長光源](#)



在一個端口上提供最多 3 個單模波長，或在兩個端口上提供最多 4 個波長（2 個多模和 2 個單模），是功能多樣、完整的光源。應用於鏈路損耗鑑定以及光纖識別。

- [掌上型 PON 光功率計](#)



手持式光功率計，可以用於測量光纖網路中光功率的絕對值及相對損耗值，採用一個感光面積  $\text{Ø}1.0\text{mm}$  的光電二極管，大幅的提升光功率計的穩定性及可靠性。

➤ [可視故障定位器\(Visual Fault Locator\)](#)



採用紅色設計，通用連接器和精確測量。它定位光纖，發現故障，驗證連續性和極性。它廣泛用於電信工程和維護，CATV 工程和維護，佈線系統和其他光纖項目。這種可視故障定位儀可以連續波或脈沖模式運行。

➤ [光纖跳接線\(Patch Cord\)](#)



光纖跳線用來做從設備到光纖布線鏈路的跳接線。有較厚的保護層，一般用在光端機和終端盒之間的連接。

### 三、 實驗原理

光纖彎曲時部分光纖內的光會因散射而損失掉，造成損耗。

### 四、 實驗設置

#### 彎曲程度與功率

以相同長度的光纖線段纏繞三種不同半徑的圓柱體，並觀察在  $\lambda = 1550 \text{ nm}$  的情況下所接收到的功率。

## 五、 實驗結果

### 彎曲程度與功率

纏繞之圓柱體半徑 量測的波長	r = 3.25 cm	r = 2 cm	r = 1 cm
$\lambda = 1550 \text{ nm}$	1.29 mW	1.30 mW	0.818 mW

## 六、 結論與討論

### 彎曲程度與功率

從「彎曲程度與功率」的結果來看可以發現，纏繞之圓柱體半徑在  $r = 3.25 \text{ cm}$  以及  $r = 2 \text{ cm}$  的時候功率相差甚小，只有 0.7% 的差距。而在  $r = 1 \text{ cm}$  時，功率明顯下降至 0.818 mW，下降了 37%。自此可見若光纖彎曲程度越大（在相同的長度下所纏繞的圈數也會相對地越多），功率的損耗便會越大。

## 七、 參考文獻

1. 漫談光纖傳輸之損度量測。 檢自：  
[https://www.tteia.org.tw/magazine/index.php?download\\_id=34](https://www.tteia.org.tw/magazine/index.php?download_id=34)
2. 關於光纖測試 OTDR 儀表的五個重要參數。 檢自：  
<https://kknews.cc/zh-tw/news/3b4oqey.html>
3. 光纖量測。 檢自：<http://140.134.32.129/plc/pre-oe/optical/OP6.htm>
4. 曲率半徑。 檢自：  
<https://baike.baidu.com/item/%E6%9B%B2%E7%8E%87%E5%8D%8A%E5%BE%84>



## 光頻譜量測

40549058X 張X瑩

### 一、 實驗目的

了解光功率計與光頻譜分析儀的操作，並藉由這兩項儀器觀察三波長光源與布拉格光纖光柵的結果。

### 二、 實驗器材

- 卡夾式 [光纖清潔帶\(Fiber Cleaner\)](#)



卡匣式光纖清潔帶適用於因酒精、手汗或灰塵等因素造成光纖接頭污損時用來清潔髒污餘漬，避免因接頭污損造成光訊號傳輸品質不良。

- [光纖端面檢視器\(Optical Fiber Inspector\)](#)



檢測光纖連接埠內及光纖跳線端面之清潔，使用者可透過檢視器得知端面是否受污染或損壞，進而排除光纖鏈路中最常發生的接頭故障問題。

- [掌上型 PON 三波長光源](#)



在一個端口上提供最多 3 個單模波長，或在兩個端口上提供最多 4 個波長（2 個多模和 2 個單模），是功能多樣、完整的光源。應用於鏈路損耗鑑定以及光纖識別。

➤ Optical Test Set MT9810A



Flexibility for Every Application The MT9810A offers superior accuracy and reliability for evaluating a wide range of optical devices and systems. It has a full range of plug in type high output DFB-LDs complying with the ITU-T recommended wavelength grid, as well as high accuracy optical sensors. It ensure effective support for future needs as a basic measuring instrument.

➤ 光頻譜分析儀



具備廣大的動態範圍、高解析度及快速的掃頻速度，涵蓋 600nm 至 1750 nm 的波長範圍。

➤ [光纖跳接線\(Patch Cord\)](#)



光纖跳線用來做從設備到光纖布線鏈路的跳接線。有較厚的保護層，一般用在光端機和終端盒之間的連接。

### 三、 實驗原理

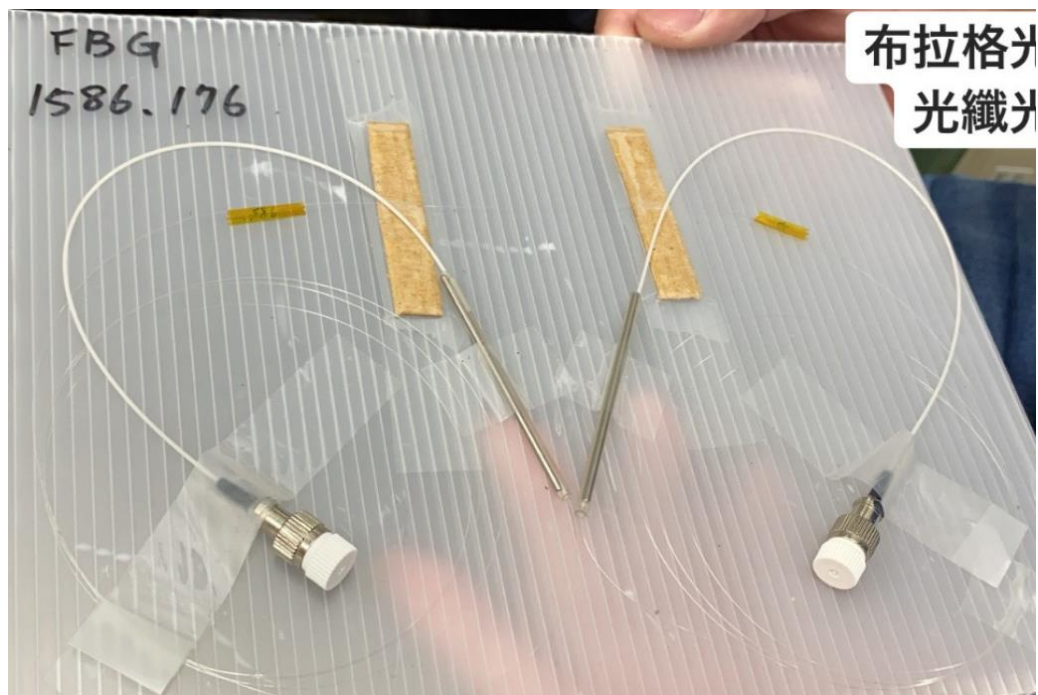
三個掌上型 PON 三波長光源都沒有超過 10dBm 的強度。  
光強度單位是 dBm，而差值是 dB。  
光功率計抓取的是平均值。

光頻譜分析儀的掃描速度(VBW)可調(10~1MHz)雖然越慢會越細緻，但若是  
要抓取快速的變化就不合適，因此須依需求尋找到合適的速度。

➤ 按鈕功能介紹



➤ 布拉格光纖光柵



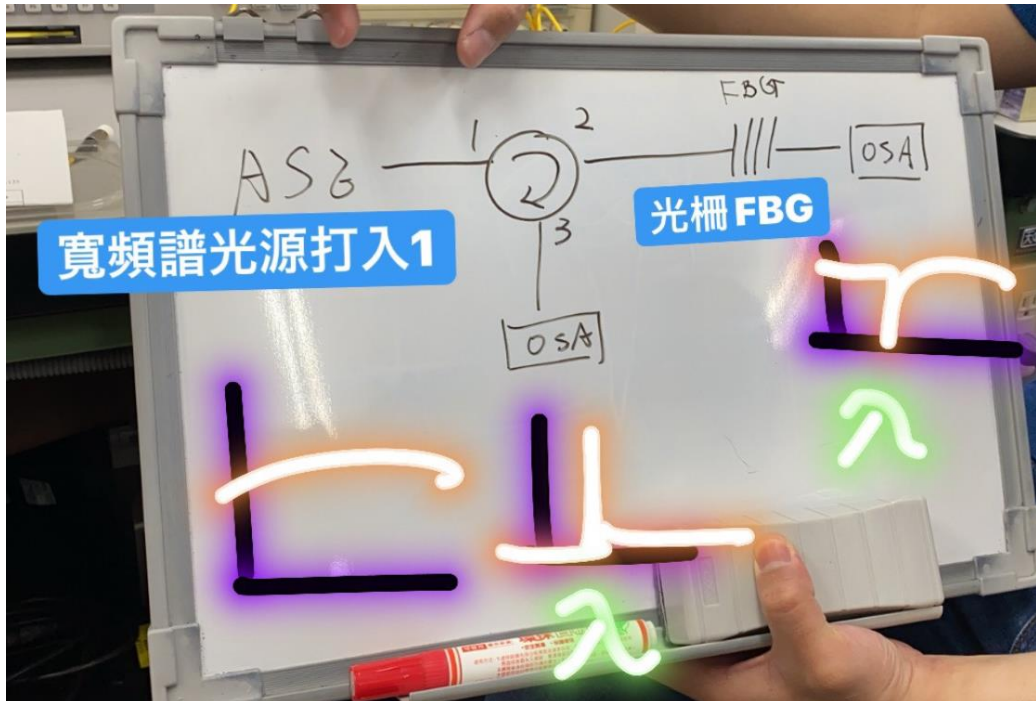
## 四、 實驗設置

### 三波長光源與光功率計

以三個不同波長的光源( $\lambda = 1310\text{nm}, 1490\text{nm}, 1550\text{nm}$ )連接到光功率計進行

量測，並觀察光功率計顯示的功率值。

### 布拉格光纖光柵與光頻譜分析儀



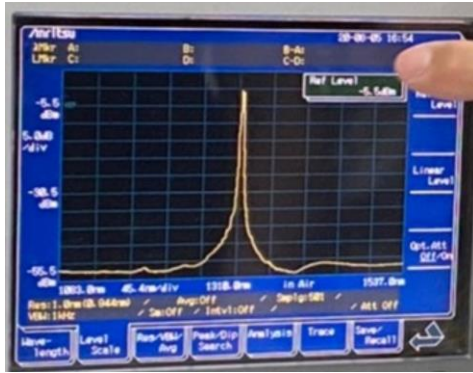
量測光柵反彈回來的波以及經過光柵的波。

## 五、 實驗結果

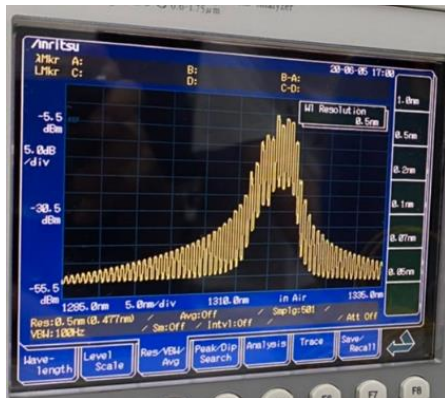
### 三波長光源與光功率計

三個不同波長 的光源	$\lambda = 1310\text{nm}$	$\lambda = 1490\text{nm}$	$\lambda = 1550\text{nm}$
--			
量測到的功率	1.369 dBm	4.834 dBm	-0.510 dBm

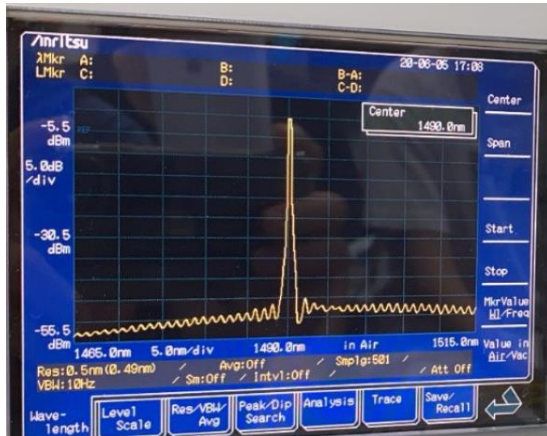
➤ 將  $\lambda = 1310\text{nm}$  的光源連接到光頻譜分析儀會看到下圖之顯示：



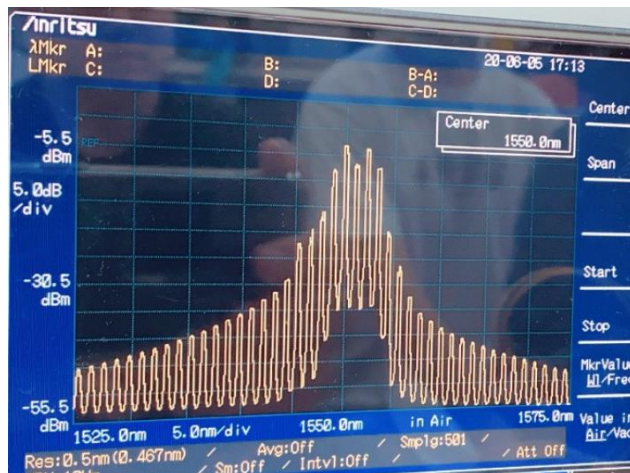
把圖藉由調整 Ref 和 Res，可以看見下圖，有 peak 和 deep 即是多模態光源



➤ 若出現如下圖的顯示，便能比較出  $\lambda = 1490\text{nm}$  的光源是單模態光源



➤ 依下圖可看出  $\lambda = 1550\text{nm}$  的光源是多模態光源



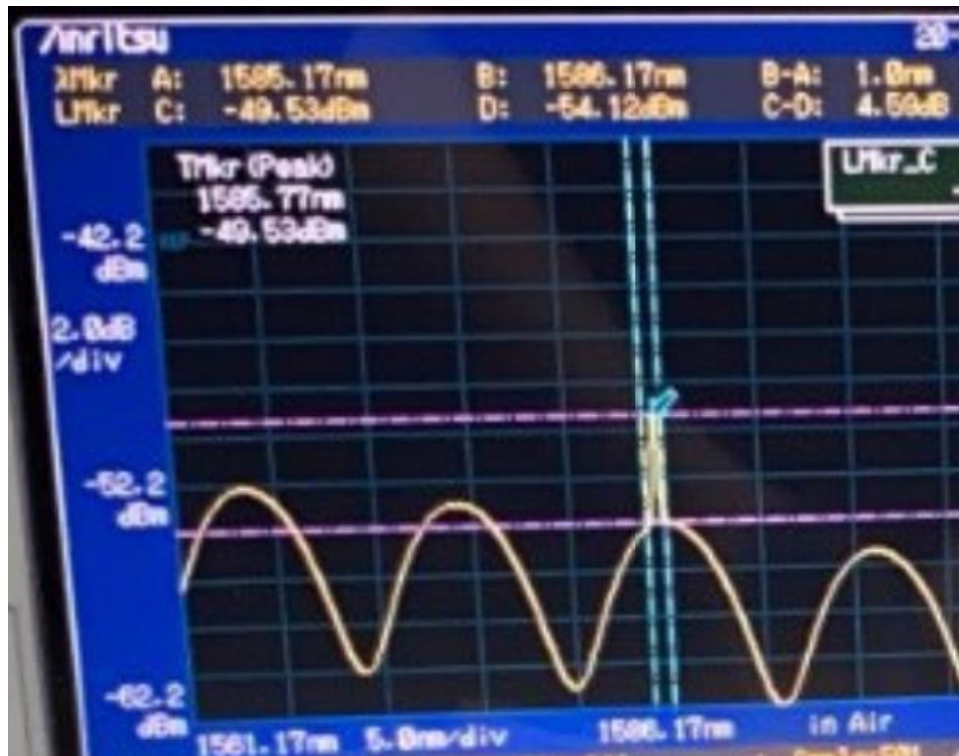
- 對於多模態光源可以選擇在中間加入濾波器，以達成單模態的需求。

## 布拉格光纖光柵與光頻譜分析儀

經過光柵的波



光柵反彈回來的波



## 六、 結論與討論

做實驗的時候必須將光纖固定好，以減少不必要的環境因素。  
可以發現經過光柵的波和光柵反彈回來的波形狀是互補的。  
光纖光柵上面所標示的 1586.176 是期會反射回來的波長。

## 七、 參考文獻

1. 漫談光纖傳輸之損失量測。 檢自：  
[https://www.tteia.org.tw/magazine/index.php?download\\_id=34](https://www.tteia.org.tw/magazine/index.php?download_id=34)
2. 關於光纖測試 OTDR 儀表的五個重要參數。 檢自：  
<https://kknews.cc/zh-tw/news/3b4oqey.html>
3. 光纖量測。 檢自：<http://140.134.32.129/plc/pre-oe/optical/OP6.htm>
4. 曲率半徑。 檢自：  
<https://baike.baidu.com/item/%E6%9B%B2%E7%8E%87%E5%8D%8A%E5%BE%84>



# 光纖傳輸實務課程

## 第一次實作報告業師總體建議



## (一) 測試報告與實作心得的不同之處

- 測試報告在工作上的用途為評估/驗證實際狀況是否與構想/設計一致，其中通常包含
  - 測試架構 / 測試條件 (Test Structure / Test Condition)
    - 使閱讀者知道，此報告的結論，是基於什麼實測架構與測試條件達成的
  - 分析後的數據 (Test Data / Test Result)
    - 基於實驗目的與構想，呈現實際測試到的數據，並觀察數據趨勢是否跟當初預想的一致
  - 結論 (Summary)
    - 實測結果與構想是否符合，若趨勢不符合，可能的原因在哪，下次需往哪個方向做 (通常會基於這個結論，大家討論後決定下一步怎麼做)
  
- 實作心得
  - 只列出自己做了什麼，測到什麼，並把自己體會到的東西寫出來，其中不包含數據分析與結論

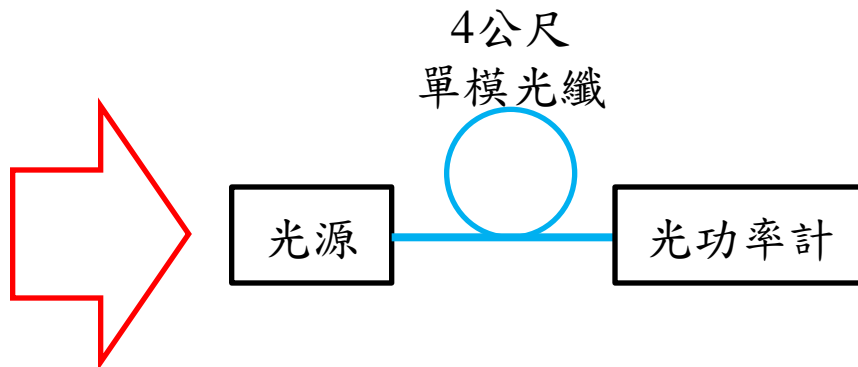
## (二) 實驗架構表示方式建議

- 除了拍照外，也可使用「實驗架構示意圖」
  - 目的是讓報告閱讀者(主管 / 老闆 / 教授 / 客戶)一眼就能理解
  - 此次實驗架構很簡單，故從照片還能大致看出，若架構較複雜，就很需要畫示意圖來表示

舉例：(1) 測量光纖在不同長度下，功率損耗的變化，如圖 5.6。←



圖 5.6 四公尺光纖測量←



## (三) 實驗數據呈現方式建議

### 5. 實驗結果

#### 1. 測量光源的光功率



#### 2. 多連接一條光纖後測量光源的光功率



未經整理/分析的實驗數據

若測試項目的數值是有單位的  
需清楚標示，不然會差很多

### 四、長度對於單模光纖與多模光纖的影響

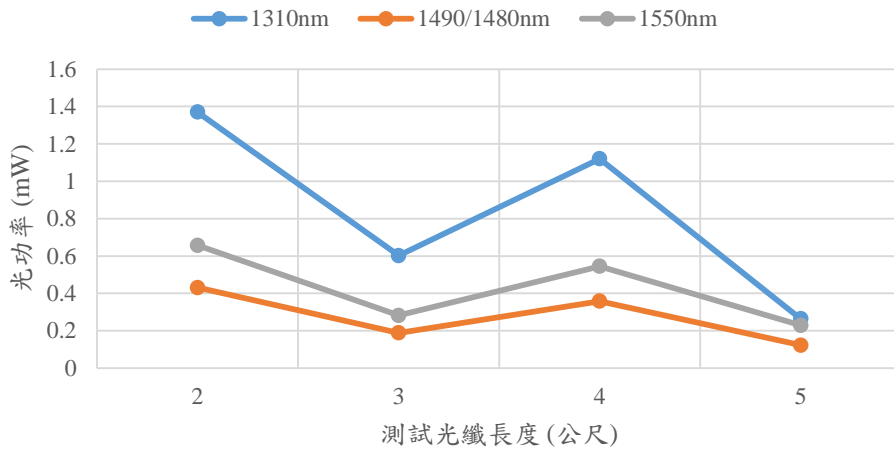
#### 1. PC 光纖

經整理/分析的實驗數據

	1310	1490/1480	1550
2m (dBm)	1.380	-3.640	-1.820
3m (dBm)	-2.190	-7.210	-5.470
4m (dBm)	0.490	-4.450	-2.620
5m (dBm)	-35.770	-3.911	-36.370
2m (mW)	1.370	0.431	0.657
3m (mW)	0.602	0.189	0.282
4m (mW)	1.120	0.358	0.545
5m (mW)	0.264	0.123	0.229

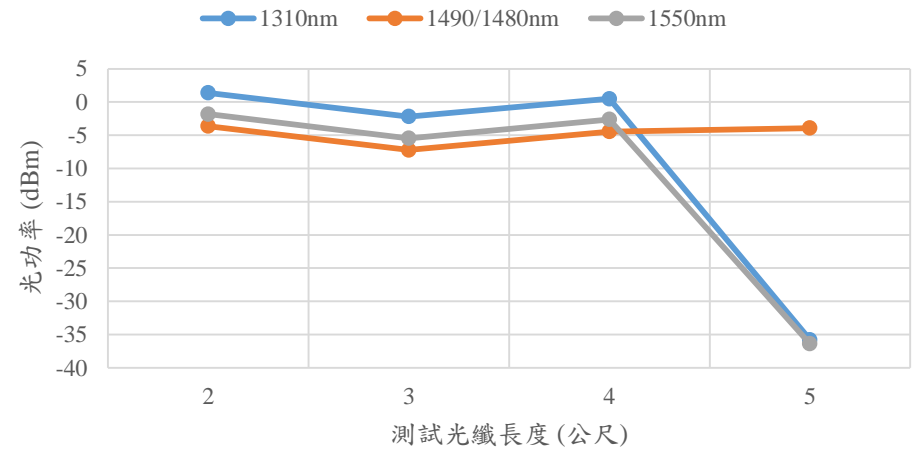
## (三) 實驗數據呈現方式建議 (圖表呈現)

長度對於單模光纖與多模光纖的影響 (mW)



Fiber Length	1310nm	1490/1480nm	1550nm
2m (mW)	1.37	0.431	0.657
3m (mW)	0.602	0.189	0.282
4m (mW)	1.12	0.358	0.545
5m (mW)	0.264	0.123	0.229

長度對於單模光纖與多模光纖的影響 (dBm)



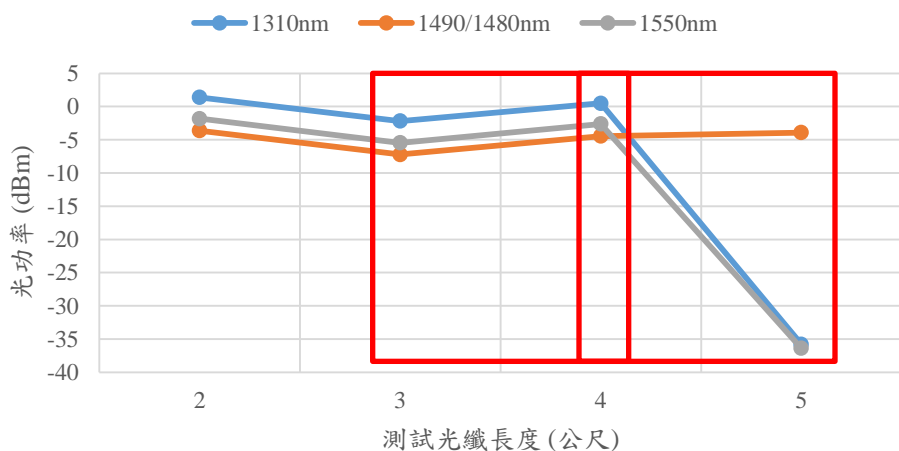
Fiber Length	1310nm	1490/1480nm	1550nm
2m (dBm)	1.38	-3.64	-1.82
3m (dBm)	-2.19	-7.21	-5.47
4m (dBm)	0.49	-4.45	-2.62
5m (dBm)	-35.77	-3.911	-36.37

## (四) 結論呈現方式建議

- 觀察 / 分析實驗結果是否合理，是否符合預想趨勢
- 可能造成的原因為何？

舉例：

長度對於單模光纖與多模光纖的影響 (dBm)



5 公尺的測量，從實驗數據中我研究到從 2 公尺到 3 公尺的功率損耗為正向的，從 3 公尺到 4 公尺的為負向的，從 4 公尺到 5 公尺的卻又變為正向的，在做實驗前我本來認為變化會趨近於線性，沒想到實驗結果既為非線性，而且還是 1 正 1 負的，這是我認為可以在進一步探討的地方。

只有 1310nm/1550nm 的時候  
光纖從 4m 增加到 5m 衰減了將近 30dB?  
可能第五段端光纖有問題?  
可能測的時候端面髒了 or 接頭沒接好?