

綠能技術創新與設計(GTD)&材料創新與設計(MID)



地點：管理館 M116 教室
時間：14:00 – 15:30



主持人：陳彥匡 教授

場次：
Session B6

光電半導體元件之高流高速脈衝特性自動測試系統

蘇志超 1,a, 黃長森 2,b,*

¹ 國立勤益科技大學 電子工程系

^{*2} 瑞新儀器有限公司

asu@ncut.edu.tw, b@mori.huang@ruixin.com.tw

摘要

本文提出一套可自動測試光電半導體元件高流高速脈衝特性的自動測試系統。由於目前光電半導體元件已被大量的使用於距離量測的應用上，而距離量測的應用都要求光電半導體元件需使用脈衝電流的方式來進行驅動，且驅動的脈衝電流需滿足高流(電流振幅需大於等於 1A)及高速(脈衝寬度需小於等於 200ns)的條件。但因目前光電半導體元件的製造商對於高流高速脈衝特性的測試並無一套較為完整的自動測試系統可供使用。因此本文提出此套自動測試系統主要是用以解決光電半導體元件製造商於產品設計開發過程中需進行高流高速脈衝特性驗證時所面臨的困擾。

關鍵詞：光電半導體元件、高流高速脈衝、自動測試系統。

造商一直以來所面對的是如何有效率且穩定的驗證所設計的光電半導體元件的高流高速脈衝特性，因此本文提出一套供光電半導體元件使用的高流高速脈衝特性自動測試系統提供光電半導體元件製造商解決當前所面臨驗證上的問題。

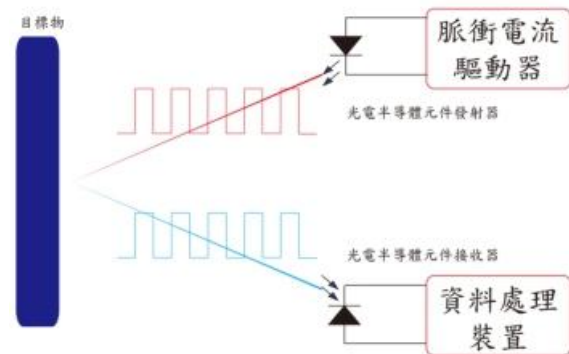


圖1. 光電半導體元件距離測試原理

1. 前言

在現今生活中手機、平板、液晶電視及汽車等產品中都可以發現光電半導體元件的存在，尤其是手機的3D感測與汽車的距離偵測。因此本文自動測試系統的應用主要是針對現今產業中較常使用到的發光二極體 (Light Emitting Diode, LED) 與雷射二極體 (Laser Diode, LD) 這兩種光電半導體元件[1]。

3D感測中使用的光電半導體元件主要為紅外線發光二極體(Infrared-Light Emitting Diodes, IR-LED)，汽車的距離偵測使用的光電半導體元件主要為雷射二極體。紅外線發光二極體在3D感測與雷射二極體在汽車的距離偵測的應用方式，主要是透過脈衝電流來驅動光電半導體元件，使其產生連續脈衝的光訊號，當此脈衝光訊號觸及目標物後會反射連續脈衝的光訊號至接收器，並透過接收器後端的資料處理裝置進行運算[2-3]，如圖1所示。

隨著所需測量距離的增加，光電半導體元件所需的驅動脈衝電流振幅也需增加，再加上現今資料處理器的處理技術與處理速度已有大幅度的進展，所以光電半導體元件本身材料特性須能滿足高流高速脈衝的應用，但光電半導體元件製

2. 傳統光電半導體元件測試方式

目前業界中光電半導體元件製造商最常用於驗證光電半導體元件脈衝電流特性的方法大致上可以分為兩種方式，分別為直流電源供應器的測試方式與訊號產生器的測試方式。現有的這兩種測試方式有其各自的優缺點，將於接下來的章節中進行說明。

2.1 直流電源供應器測試方式

光電半導體元件使用直流電源供應器進行測試是目前業界中針對大電流光電半導體元件最主要的測試方式，其測試原理主要是利用一個限流電阻與待測的光電半導體元件串聯來控制實際輸出於光電半導體元件的脈衝電流值[4-5]，如圖2所示。

此測試方式的優點為脈衝電流振幅大小可依據所選擇的直流電源供應器規格可達到 1A 至 5A。但最大的缺點為其脈衝電流的脈衝寬度可調整的最小值無法小於 200ns，如圖3至圖5所示，以目前市售的直流電源供應器或直流脈衝電流源的規格，其最小的脈衝電流寬度在脈衝電流振幅為 5A 時只能達到 500ns。

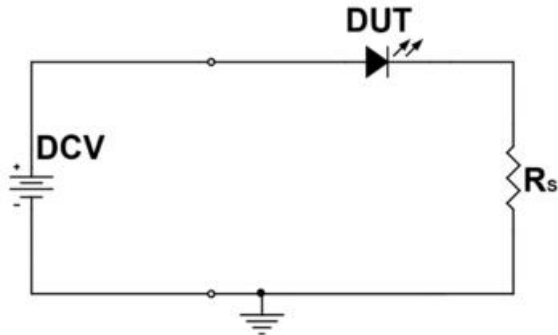
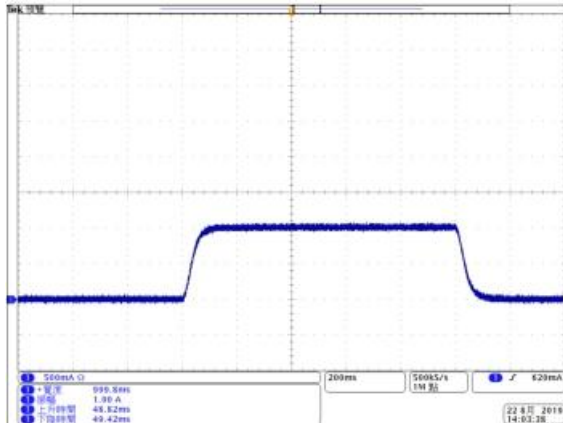
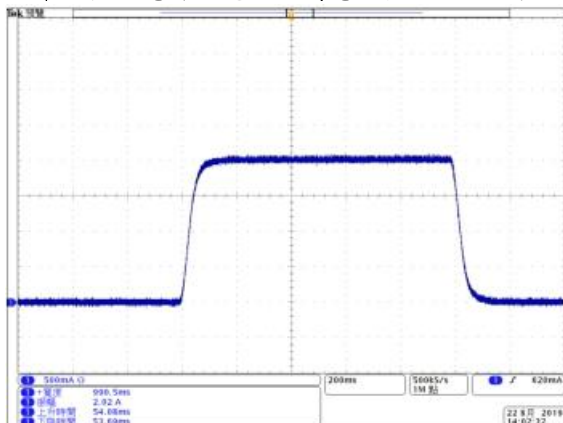


圖 2. 直流電源供應器測試方式架構圖



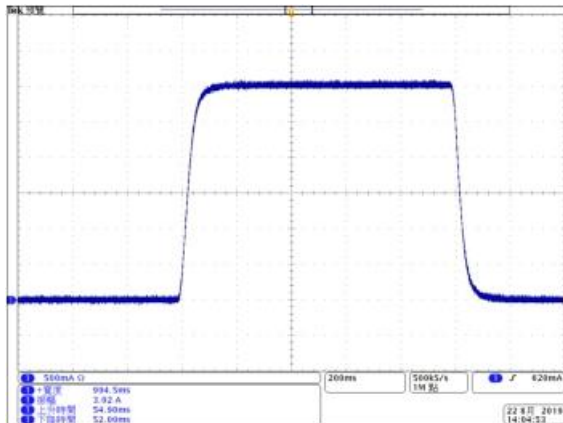
(Current : 500mA/div ; Time : 200ms/div)

圖 3. 直流電源供應器脈衝電流振幅 1A 波形



(Current : 500mA/div ; Time : 200ms/div)

圖 4. 直流電源供應器脈衝電流振幅 2A 波形



(Current : 500mA/div ; Time : 200ms/div)

圖 5. 直流電源供應器脈衝電流振幅 3A 波形

2.2 訊號產生器測試方式

訊號產生器的測試方式目前業界的應用主要是針對脈衝電流振幅為 200mA 以下的待測物，其測試原理也是利用一個限流電阻與待測的光電半導體元件串聯來控制實際輸出於光電半導體元件的脈衝電流值，如圖 6 所示。

此測試方式的優點為脈衝電流的脈衝電流寬度可依據測試需求進行調整，其調整範圍最小可達 100ns，如圖 7 至圖 9 所示。但因訊號產生器本身可提供的功率較小，因此脈衝電流振幅無法大於 200mA，這是訊號產生器測試方式的最大缺點。

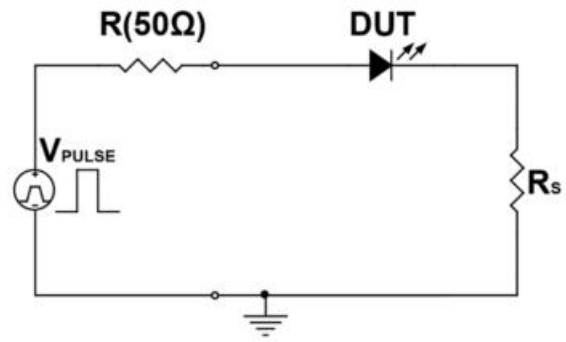
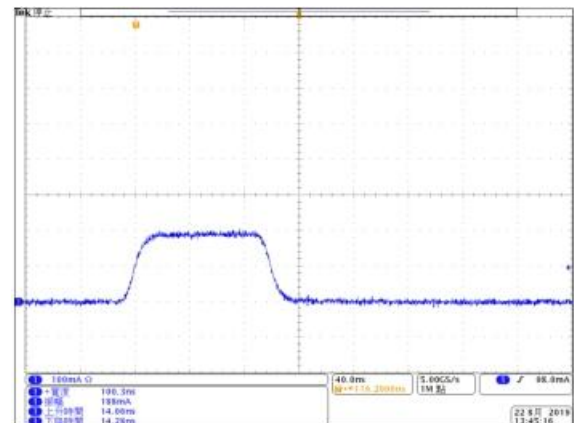
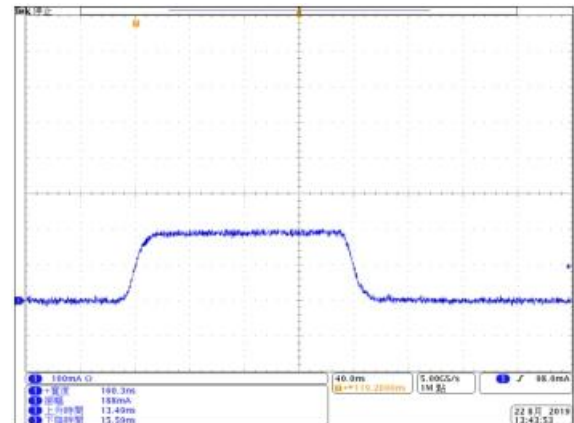


圖 6. 訊號產生器測試方式架構圖



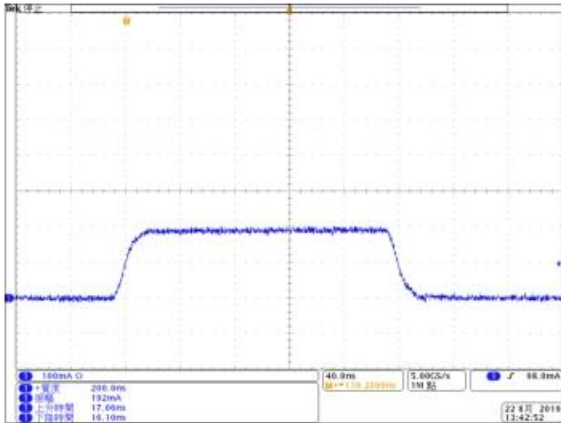
(Current : 100mA/div ; Time : 40ns/div)

圖 7. 訊號產生器脈衝電流寬度 100ns 波形



(Current : 100mA/div ; Time : 40ns/div)

圖 8. 訊號產生器脈衝電流寬度 160ns 波形



(Current : 100mA/div ; Time : 40ns/div)
圖 9. 訊號產生器脈衝電流寬度 200ns 波形

3. 高流高速脈衝特性自動測試系統架構

本文所提出的高流高速脈衝特性自動測試系統可用來解決直流電源供應器與訊號產生器於光電半導體元件測試上遇到的問題。

圖 10 為此系統架構配置圖，由自行開發的控制整合軟體搭配直流電源供應器、訊號產生器、高流高速脈衝切換電路、示波器、電流探棒與光度探測器組成。

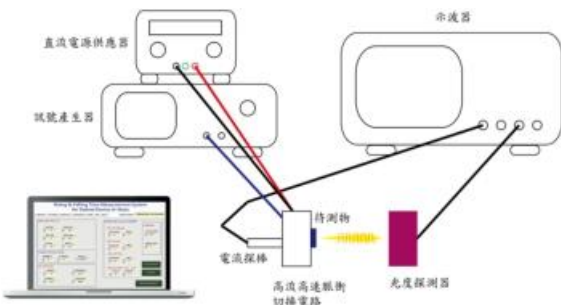


圖 10. 高流高速脈衝特性自動測試系統架構

控制整合軟體可分為硬體控制與資料擷取兩個部份。

硬體控制部分主要是控制直流電源供應器與訊號產生器的輸出設定，自動調整測試人員所需要的脈衝電流振幅與脈衝電流寬度，並透過高流高速脈衝切換電路讓光電半導體元件的驅動脈衝電流達到產品設計人員所要求的規格，以滿足產品高速高流脈衝特性的測試。

資料擷取的部分為透過示波器讀回電流探棒的脈衝電流波形與光度探測器的光訊號波形進行電流訊號與光訊號特性的比對。並提供測試人員將最後的測試結果的波形與相關數據儲存於電腦內以便後續產品開發可進行比對。圖 11 為控制整合軟體介面。

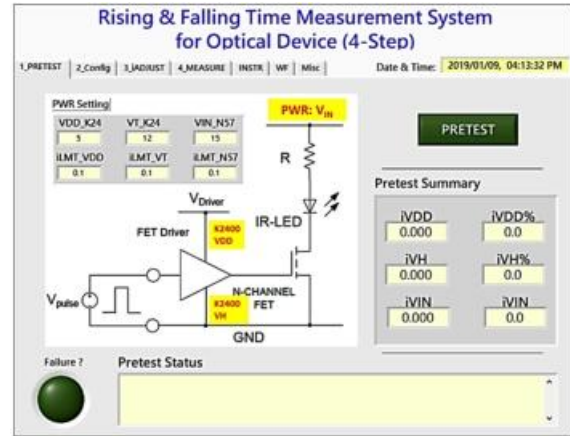


圖 11. 控制整合軟體介面

高流高速脈衝切換電路為高流高速脈衝特性自動測試系統中最重要的關鍵技術，此切換電路讓這個自動測試系統可以保有直流電源供應器與訊號產生器個別的優點，並將其優點整合成一個符合光電半導體元件特性的高流高速脈衝驅動電流。

此高流高速切換電路的主要架構是由 MOSFET 搭配緩衝電路組成[5-10]。利用直流電源供應器供給外加電壓以調整所需的脈衝電流振幅。同時利用訊號產生器調整輸出時間，以符合所需的脈衝電流寬度。其電路架構如圖 12 所示。

實際輸出脈衝電流量測部分，此系統是使用電流探棒進行直接量測流經光電半導體元件的電流波形，讓測試人員可以更直觀的確認脈衝電流的特性。其量測方式如圖 13 所示。

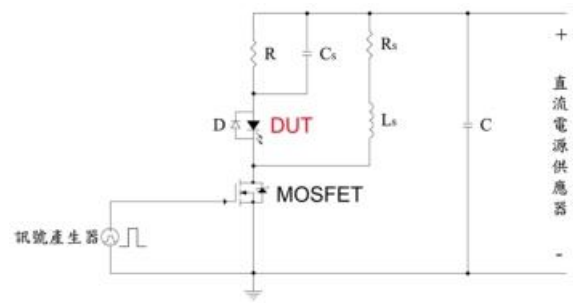


圖 12. 高流高速脈衝切換電路架構



圖 13. 脈衝電流驗證方式

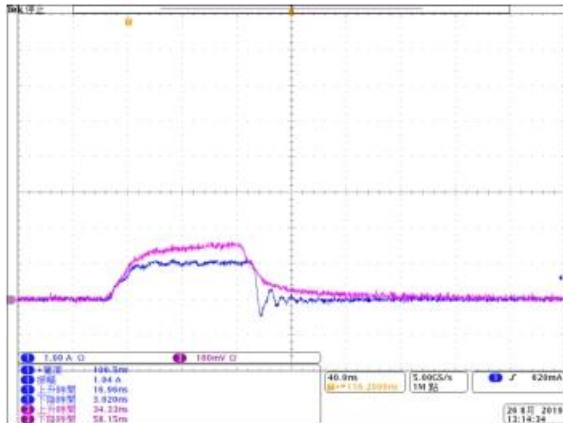
4. 測試結果

本文針對高流高速脈衝特性自動測試系統的驗證主要分為兩個部分，第一個部分是利用控制整合軟體固定脈衝電流寬度為 100ns，改變脈衝電流振幅大小。第二個部分是利用控制整合軟體固定脈衝電流振幅為 5A，改變脈衝電流寬度大小。利用這兩種不同參數的變化來驗證此自動測試系統。

測試的光電半導體元件選擇 OSRAM 的紅外線發光二極體，型號為 SFH4715S。此紅外線發光二極體可承受最大的脈衝電流振幅為 5A。

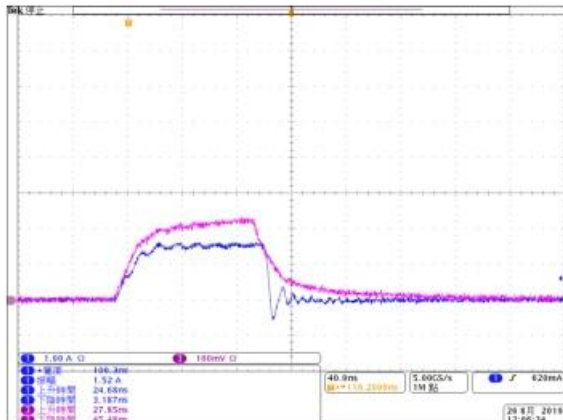
4.1 改變脈衝電流振幅的測試結果

在此測試中，將脈衝電流寬度固定為 100ns，調整脈衝電流振幅為 1A、1.5A、2A、2.5A、3A、3.5A、4A、4.5A 與 5A 共九個振幅值，量測脈衝電流波形與光訊號波形，比對電訊號與光訊號在脈衝電流振幅改變時，光訊號特性是否也會隨著脈衝電流振幅的增加而改變，測試結果如圖 14 至圖 22 所示。表 1 為電流上升與下降時間讀值。



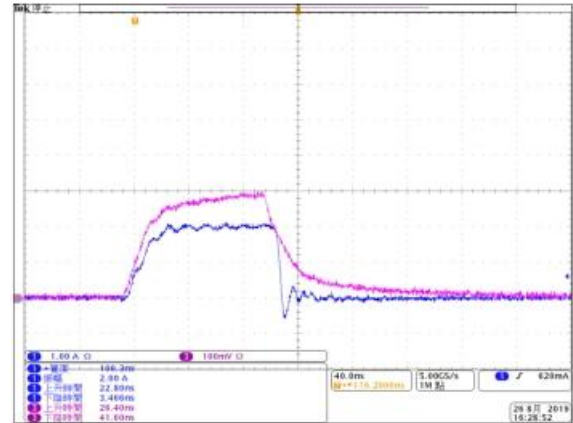
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 14. 脈衝電流振幅 1A 的電流與光訊號波形



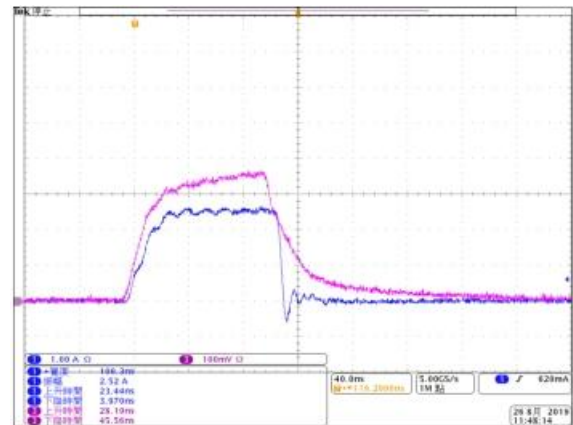
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 15. 脈衝電流振幅 1.5A 的電流與光訊號波形



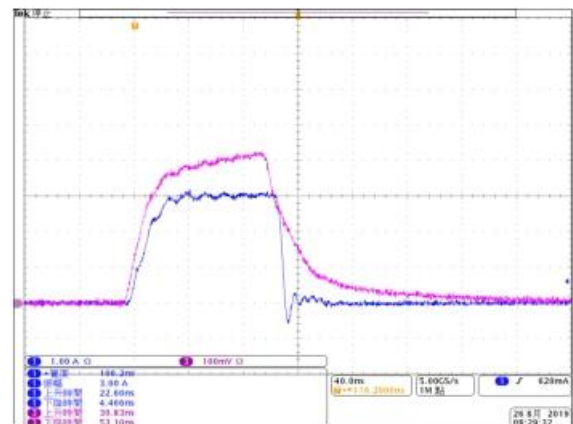
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 16. 脈衝電流振幅 2A 的電流與光訊號波形



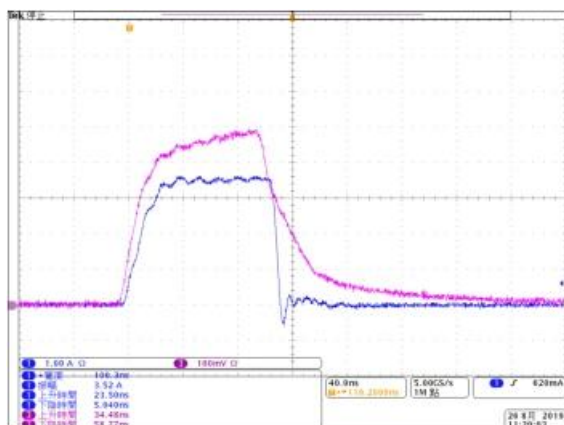
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 17. 脈衝電流振幅 2.5A 的電流與光訊號波形



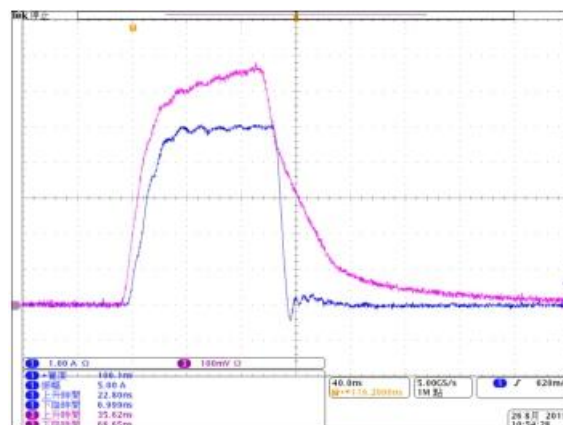
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 18. 脈衝電流振幅 3A 的電流與光訊號波形



(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 19. 脈衝電流振幅 3.5A 的電流與光訊號波形

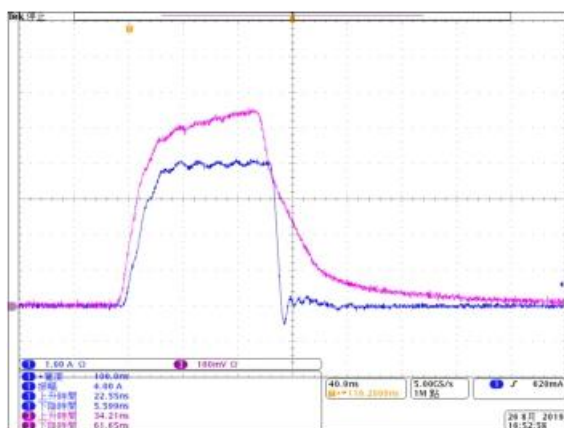


(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 22. 脈衝電流振幅 5A 的電流與光訊號波形

表 1. 不同脈衝電流振幅的上升與下降時間

脈衝電流振幅	上升時間	下降時間
1A	16.96ns	3.020ns
1.5A	24.68ns	3.187ns
2A	22.80ns	3.466ns
2.5A	23.44ns	3.970ns
3A	22.60ns	4.466ns
3.5A	23.50ns	5.040ns
4A	22.55ns	5.599ns
4.5A	22.68ns	6.227ns
5A	22.80ns	6.999ns

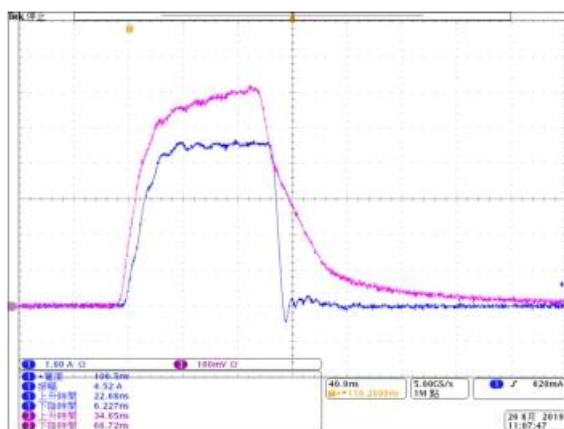


(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 20. 脈衝電流振幅 4A 的電流與光訊號波形

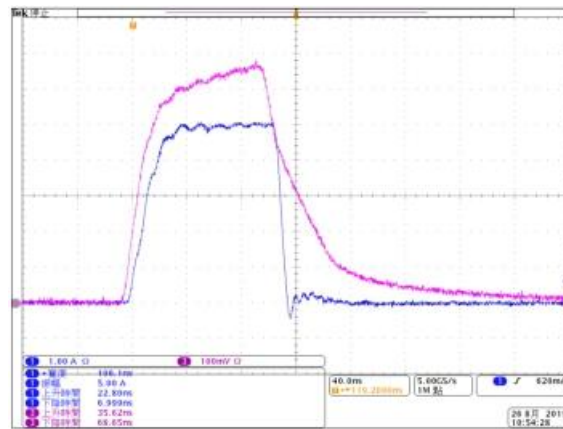
4.2 改變脈衝電流寬度的測試結果

在此測試中，將脈衝電流振幅固定為 5A，調整脈衝電流寬度為 100ns、120ns、140ns、160ns、180ns 與 200ns 共六個不同的寬度值，量測脈衝電流波形與光訊號波形，比對電訊號與光訊號在脈衝電流寬度改變時，光訊號特性是否也會隨著脈衝電流寬度的改變而變化，測試結果如圖 23 至圖 28 所示。表 2 為電流上升與下降時間讀值。



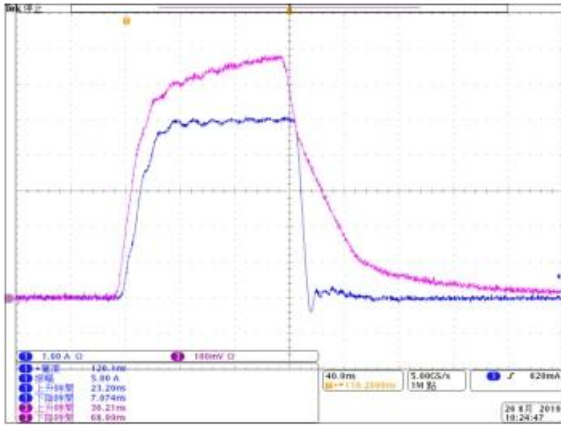
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 21. 脈衝電流振幅 4.5A 的電流與光訊號波形



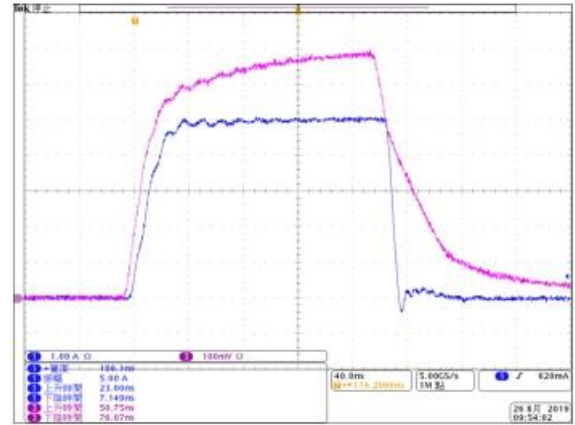
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 23. 脈衝電流寬度 100ns 的電流與光訊號波形



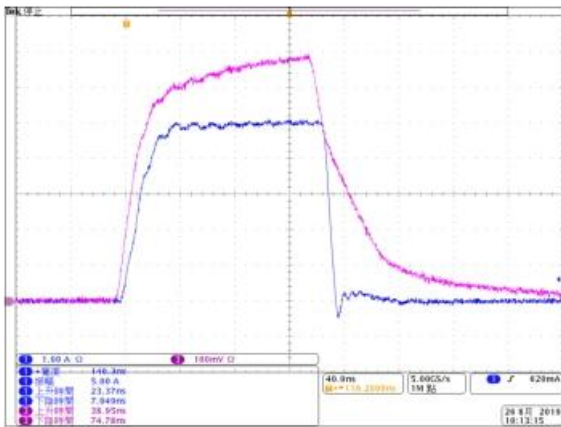
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 24. 脈衝電流寬度 120ns 的電流與光訊號波形



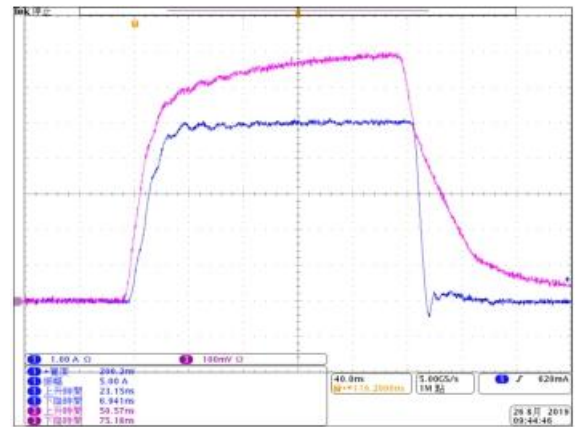
(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 27. 脈衝電流寬度 180ns 的電流與光訊號波形



(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 25. 脈衝電流寬度 140ns 的電流與光訊號波形



(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 28. 脈衝電流寬度 200ns 的電流與光訊號波形

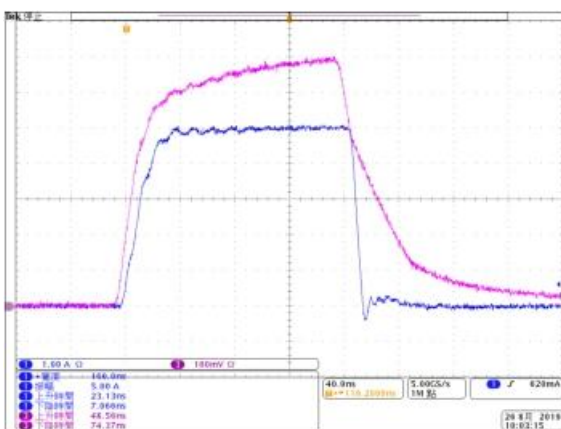
表 2. 不同脈衝電流寬度的上升與下降時間

脈衝電流寬度	上升時間	下降時間
100ns	22.80ns	6.999ns
120ns	23.20ns	7.074ns
140ns	23.37ns	7.049ns
160ns	23.13ns	7.066ns
180ns	23.00ns	7.149ns
200ns	23.15ns	6.941ns

5. 結論

由上述測試結果可得出，不論是改變脈衝電流振幅或是寬度其特性的變化都可以透過光訊號觀測到其變化，因此這套自動化測試系統在測試光電半導體元件高流高速脈衝的特性上是可以符合的。

目前這套自動測試系統測試規格部分的最大脈衝電流振幅可達 5A，最小脈衝電流寬度可



(Current : 1A/div ; PD : 100mV/div ;
Time : 40ns/div)

圖 26. 脈衝電流寬度 160ns 的電流與光訊號波形

達 100ns，但考量到未來材料發展與變化。脈衝電流振幅提高至 10A，最小脈衝電流寬度縮小至 10ns 是未來研究的發展方向。

參考文獻

- [1] 黃俊達、陳金嘉、楊奇達、楊國輝、雷伯勳編譯，光電半導體元件，初版，台灣培生教育出版股份有限公司，2011。
- [2] 羅至中，單視域之遞迴式深度估測補償，國立交通大學，新竹市，2012
- [3] 蘇柏霖，3D 影像感測供應商之經營發展策略：以 T 公司為例，國立清華大學，新竹市，2018
- [4] OSRAM Opto Semiconductor “High-Speed Switching of IR-LEDs (Part I)Background and Datasheet Definition,” *Application note* .
- [5] Hubert Halbritter, Claus Jäger, Rolf Weber, Michael Schwind, and Frank Möllmer, “High-Speed LED Driver for ns-Pulse Switching of High-Current LEDs” *IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS*, VOL. 26, NO. 18, pp. 1871-1873, SEPTEMBER 15, 2014.
- [6] 歐勝源翻譯，電力電子學，初版，麥格羅希爾國際出版公司，2011。
- [7] Gabriel Tibola, Erik Lemmen, Jorge L. Duarte, and Ivo Barbi, “Passive Regenerative and Dissipative Snubber Cells for Isolated SEPIC Converters: Analysis, Design, and Comparison” *IEEE Transactions on Power Electronics*, Volume:32, Issue:12, pp. 9210 - 9222, Dec. 2017.
- [8] G. Tibola, E. Lemmen, and J. Duarte, “Passive Regenerative Snubber Cell Applied to Isolated DCM SEPIC Converter” in *2016 IEEE 8th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC 2016-ECCE Asia)*, May 2016.
- [9] G. Tibola, E. Lemmen, J.L. Duarte, “Comparison Between Dissipative Snubber and Passive Regenerative Snubber Cells as Applied to Isolated DCM SEPIC Converters” in *2016 18th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'16 ECCE Europe)*, Sept. 2016.
- [10] 藍玄宗，具主動與被動緩振器之軟切式隔離型雙向轉換器研製，國立中正大學，嘉義縣。2011。