第四章 實驗結果

4.1 實驗分析

本實驗是利用實驗，探討CO_2雷射雕刻機改變其功率、雕刻速度對材料試片雕刻品質之影響，並且找出功率以及雕刻速度對壓克力、ABS雙色板、電木及PVC之深寬比及對比度的相關趨勢。並將之建立於資料庫中，作為一個電腦整合製造系統的基本核心架構。

本章節將藉由實驗分析，分析這些對應材質的參數對刻痕深寬比、對比度的影響。在決定參數的起始時，本實驗的作法，是先以實驗定下的參數先找出參數對壓克力深寬比的影響趨勢，並找出深寬比最趨近於1的值，及對比度最高的參數值，分析其參數，並將此參數選擇為本實驗軟體介面所需用到的參數，並將其建立在資料庫中。

在雕刻完成後接下來便是量測刻痕之深寬比及對比度了，因為試片厚度不厚，要站立起來有點困難，便可用粘土固定的方式使其穩定，如圖4.1所示，接下來放在光學顯微鏡，啟動PSC3000Pro專業量測軟體Ver2.23，如圖4.2便可作影像擷取及測量尺寸的動作。當所有照片圖檔有了之後，因為計算上的方便，所以另行再計算深寬比。如附錄圖片處皆有紅色的scaler bar的尺寸標記，以Powerpoint的劃線功能，劃出等同於100μm的線段(約1.3公分)，之後在光學顯微鏡照出來之JPEG圖檔上劃線，並紀錄此線段長，然後以比例法便可求出圖中深寬比之數據。例：1.3 cm：100μm = X cm(劃線線段長)：Y μm(實際長度)。

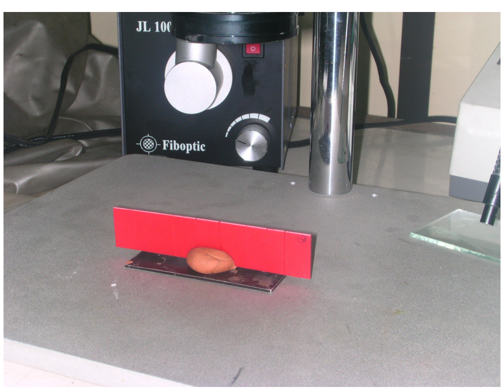

圖4.1 黏土固定材料

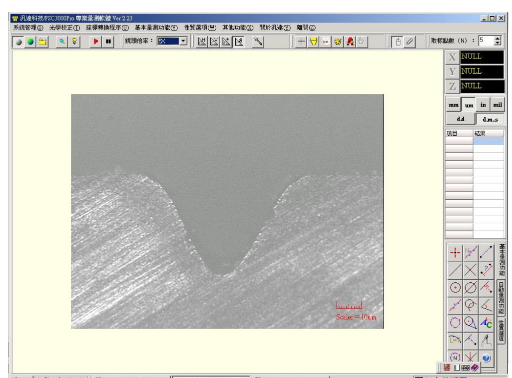

圖4.2 專業量測軟體

4.2 壓克力分析

在雕刻壓克力之前，由於壓克力為非鐵金屬，基本上所有參數均可做雕刻，而以 CO_2 雷射對壓克力而言，其影響深度及寬度最大的參數為輸出功率及雕刻速度，本實驗選擇功率從 6W 到 25W 作此範圍內的功率對雕刻深度及寬度的影響趨勢。而雕刻移動速度定在 20 mm/s 到 70 mm/s 之間探討，以此適當的移動速度做雕刻，再去分析輸出功率及雕刻速度對深寬比及對比度的影響。

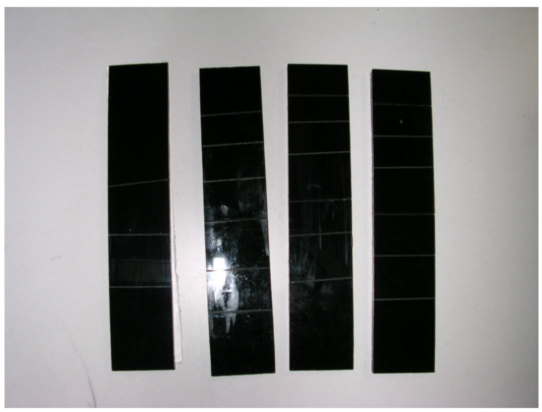

圖 4.3 壓克力雕刻完成圖

如附錄圖 A01 至圖 A21 刻痕深寬比示意圖所示，刻痕深度以 d 表示，刻痕寬度以 w 表示，深寬比取 d 與 w 之比值，因此在完成雕刻後，可以由光學顯微鏡觀察到不同的雕刻深寬比外觀後，可以直接在上面標註(如附錄圖 A01 至圖 A21)，然後由影像擷取輸出 JPEG 後存檔。

表 4.1 為刻痕深寬比觀察結果，將下列數據資料先以 EXCEL 做資料排序，然後利用 Grapher3.0 軟體叫出 EXCEL 檔便可成圖如圖 4.4。其餘 Grapher 圖如上述動作完成。

表 4.1 壓克力刻痕深寬比及對比度觀察結果

試片編號	功率 (W)	速度 (mm/s)	深度 (μm)	寬度 (μm)	深寬比 (d/w)	雕刻前(G)	雕刻後(H)	對比度 %(C=H/G)
A01	6	20	114	456	0.25	124	22	18
A02	6	40	49	325	0.15	124	21	17
A03	6	70	32	195	0.16	124	22	18
A04	9	20	195	538	0.36	124	22	18
A05	9	40	114	391	0.29	124	21	17
A06	9	70	49	325	0.15	124	23	19
A07	12	20	211	538	0.39	124	15	12
A08	12	40	130	440	0.30	124	21	17
A09	12	70	65	325	0.20	124	22	18
A10	15	20	261	586	0.45	124	12	10
A11	15	40	130	440	0.30	124	15	12
A12	15	70	65	358	0.18	124	20	16
A13	18	20	277	570	0.49	124	13	10
A14	18	40	147	440	0.33	124	18	15
A15	18	70	65	375	0.17	124	21	17
A16	21	20	293	570	0.51	124	13	10
A17	21	40	147	440	0.33	124	17	14
A18	21	70	82	375	0.22	124	20	16
A19	25	20	342	570	0.60	124	12	10
A20	25	40	163	440	0.37	124	17	14
A21	25	70	82	375	0.22	124	19	15

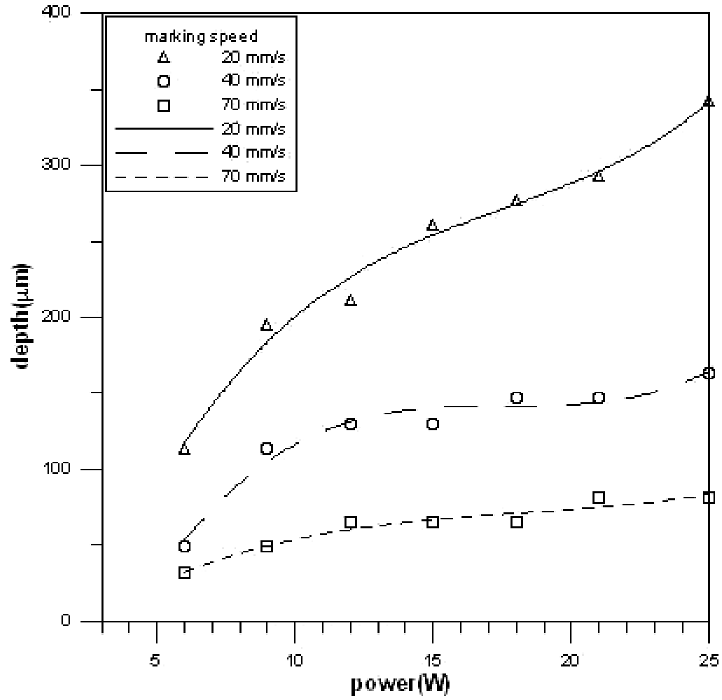

圖 4.4 壓克力功率對深度的影響

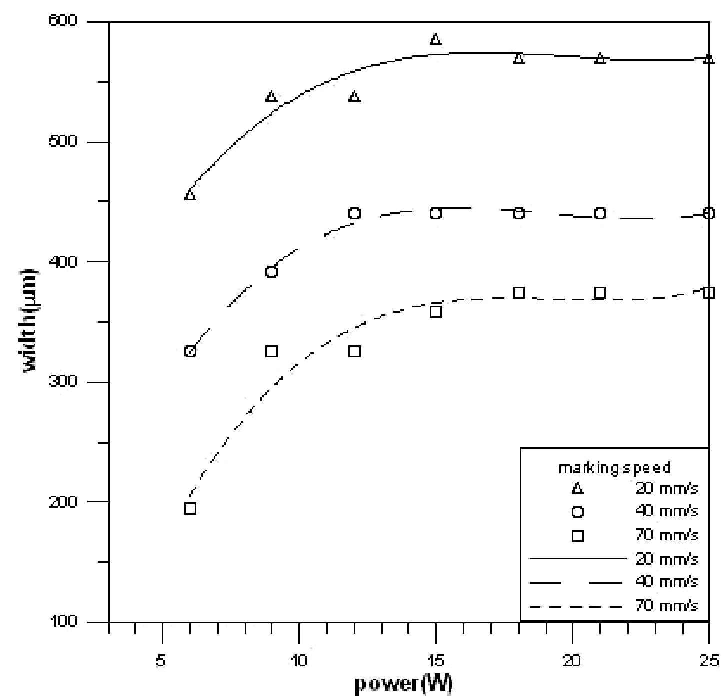

圖 4.5 壓克力功率對寬度的影響

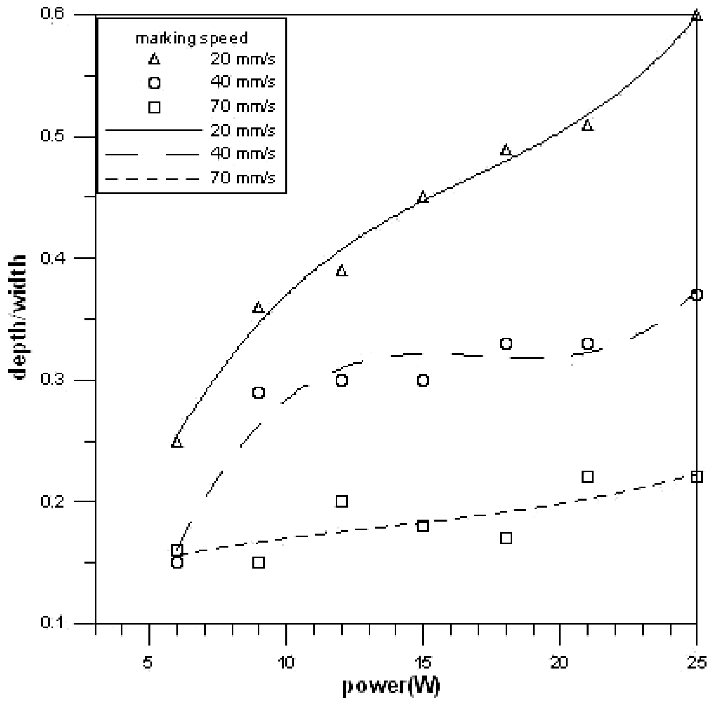

圖 4.6 壓克力功率對深寬比的影響

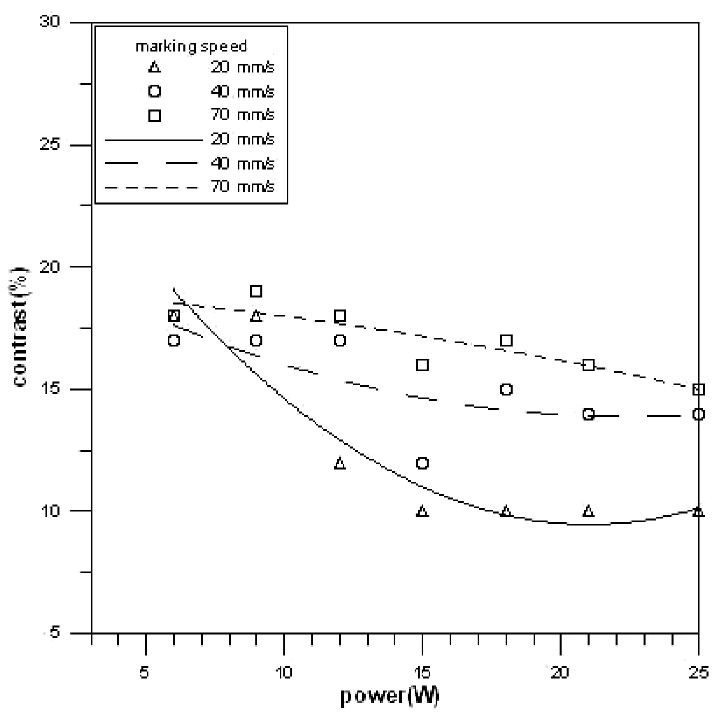

圖 4.7 壓克力功率對對比度之影響

根據壓克力深寬比觀察結果顯示，雕刻速度為 20 mm/s 時，以 25W 功率雕刻時，有最大深度 342 μm，70 mm/s 有最小深度 32 μm，在實驗雕刻參數內，PMMA 平均對比度落在 10%~20%之間，對比度不高，表面雕刻不明顯，而深寬比最小 9W、70 mm/s 為 0.15，最大 25W、20 mm/s 為 0.6。

寬度在 15W 以後便趨於穩定，20 mm/s 時達到 570 μm 左右，40 mm/s 時達到 440 μm，70 mm/s 達到 375 μm。

因此，在內建資料的選取，以 18W，20 mm/s 之深寬比為 0.49 有最趨近於 0.5 之深寬比，對比度在 10%左右。壓克力刻痕圖請參閱附錄圖 A01 至圖 A21 所示。

4.3 ABS 雙色板分析

雙色板的意思為兩種顏色之意思，如下圖為紅色及白色之組合，不同顏色之雙色板所雕刻出之刻痕顏色也會有所不同。

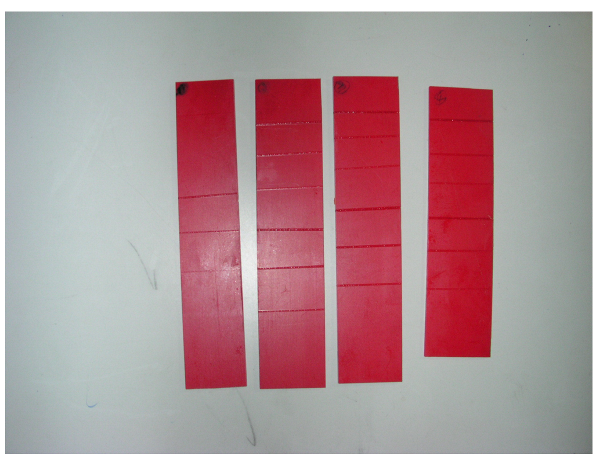

圖4.8 雙色板雕刻完成圖

表4.2 ABS雙色板刻痕深寬比及對比度觀察結果

試片編號	功率(W)	速度(mm/s)	深度(μm)	寬度(μm)	深寬比(d/w)	雕刻前(G)	雕刻後(H)	對比度%(C=H/G)
B01	6	20	98	293	0.33	20	85	425
B02	6	40	49	212	0.23	20	86	430
B03	6	70	0	158	0	20	83	415
B04	9	20	179	424	0.42	20	74	410
B05	9	40	65	293	0.22	20	83	415
B06	9	70	32	163	0.2	20	86	430
B07	12	20	175	456	0.38	20	86	430
B08	12	40	82	309	0.27	20	89	445
B09	12	70	49	195	0.25	20	89	445
B10	15	20	212	488	0.43	20	82	410
B11	15	40	82	342	0.24	20	87	435
B12	15	70	49	228	0.21	20	88	440
B13	18	20	212	505	0.42	20	89	445
B14	18	40	82	342	0.24	20	90	450
B15	18	70	49	228	0.21	20	88	440
B16	21	20	212	522	0.41	20	84	420
B17	21	40	82	358	0.23	20	84	420
B18	21	70	49	261	0.19	20	88	440
B19	25	20	228	522	0.44	20	87	435
B20	25	40	82	375	0.22	20	92	460
B21	25	70	49	277	0.18	20	87	435

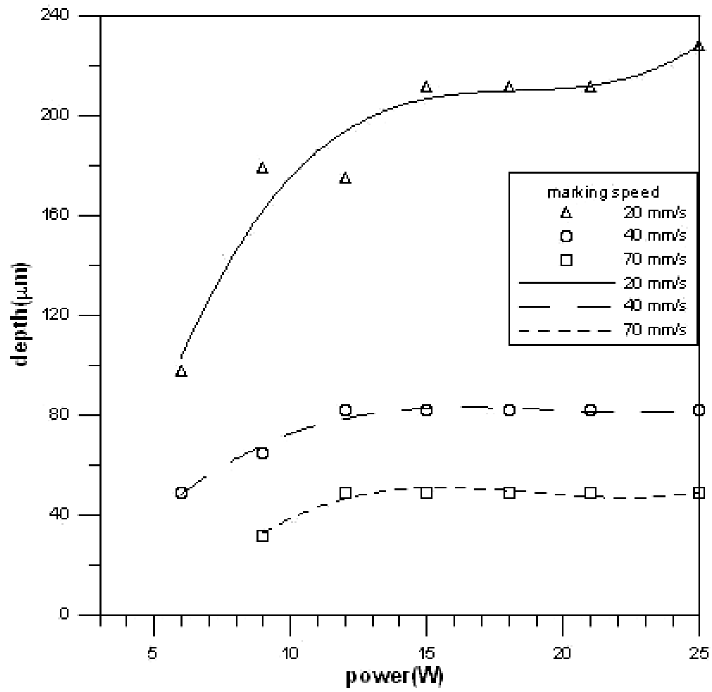

圖 4.9 雙色板功率對深度的影響

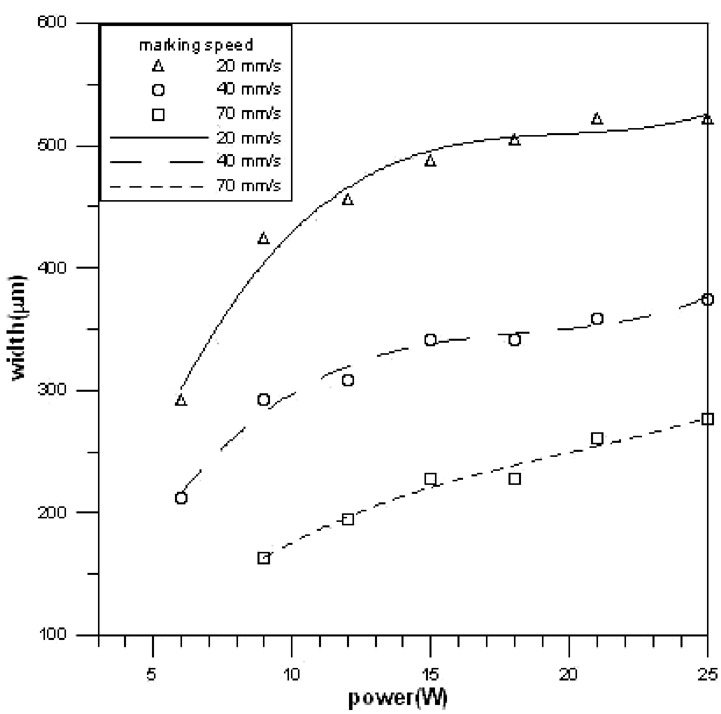

圖 4.10 雙色板功率對寬度的影響

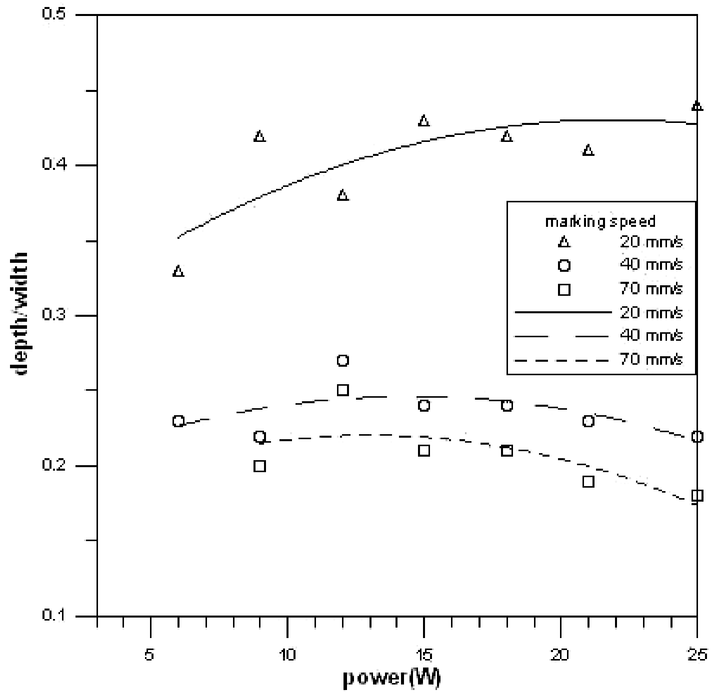

圖 4.11 雙色板功率對深寬比的影響

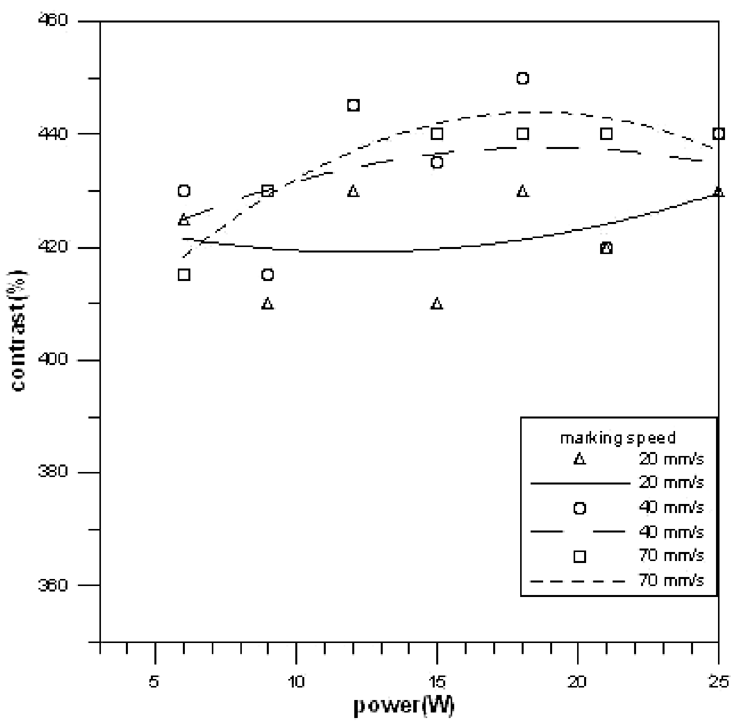

圖 4.12 雙色板功率對對比度之影響

根據 ABS 觀察結果顯示，雕刻速度為 20 mm/s 時，以 25W 功率雕刻時，有最大深度 228 μm，70 mm/s 有最小深度 32 μm，在實驗雕刻參數內，ABS 平均對比度落在 400%~500%之間，而深寬比最小 15W、70 mm/s 為 0.18，最大 25W、20 mm/s 為 0.44。

寬度在 21W 以後便趨於穩定，20 mm/s 時為 522 μm 左右，40 mm/s 時為 375μm，70 mm/s 為 228μm。

因此，在內建資料的選取，以25W，20 mm/s之深寬比為0.44有最趨近於0.5之深寬比，對比度在430%。ABS刻痕圖請參閱附錄圖B01 至圖B21 所示。

4.4 電木分析

圖4.13為電木雕刻完成圖。

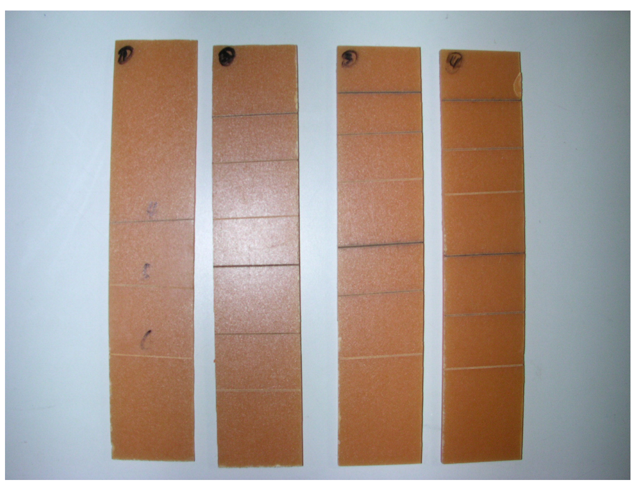

圖4.13 電木雕刻完成圖

表 4.3 電木刻痕深寬比及對比度觀察結果

試片編號	功率 (W)	速度 (mm/s)	深度 (μm)	寬度 (μm)	深寬比 (d/w)	雕刻前(G)	雕刻後(H)	對比度 %(C=H/G)
C01	6	20	65	424	0.15	18	66	367
C02	6	40	49	309	0.16	18	62	344
C03	6	70	30	261	0.11	18	60	333
C04	9	20	114	505	0.23	18	107	594
C05	9	40	82	440	0.19	18	87	483
C06	9	70	46	375	0.12	18	75	417
C07	12	20	147	522	0.28	18	108	600
C08	12	40	82	440	0.19	18	92	511
C09	12	70	46	375	0.12	18	70	389
C10	15	20	179	538	0.33	18	110	611
C11	15	40	92	440	0.21	18	96	533
C12	15	70	62	375	0.17	18	75	417
C13	18	20	179	554	0.32	18	113	628
C14	18	40	147	456	0.32	18	96	533
C15	18	70	62	383	0.16	18	77	428
C16	21	20	195	554	0.35	18	110	611
C17	21	40	179	440	0.41	18	98	544
C18	21	70	77	391	0.20	18	77	428
C19	25	20	245	619	0.40	18	114	633
C20	25	40	195	440	0.44	18	98	544
C21	25	70	92	440	0.21	18	77	428

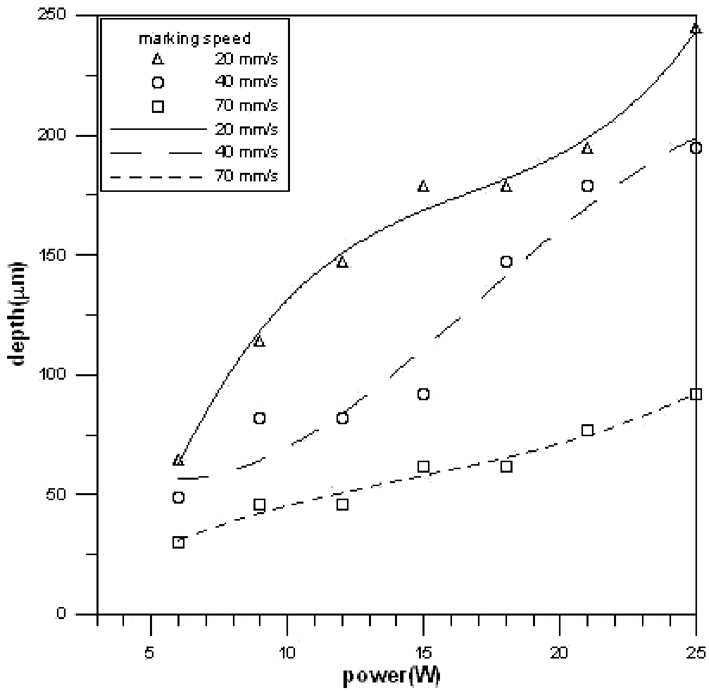

圖 4.14 電木功率對深度的影響

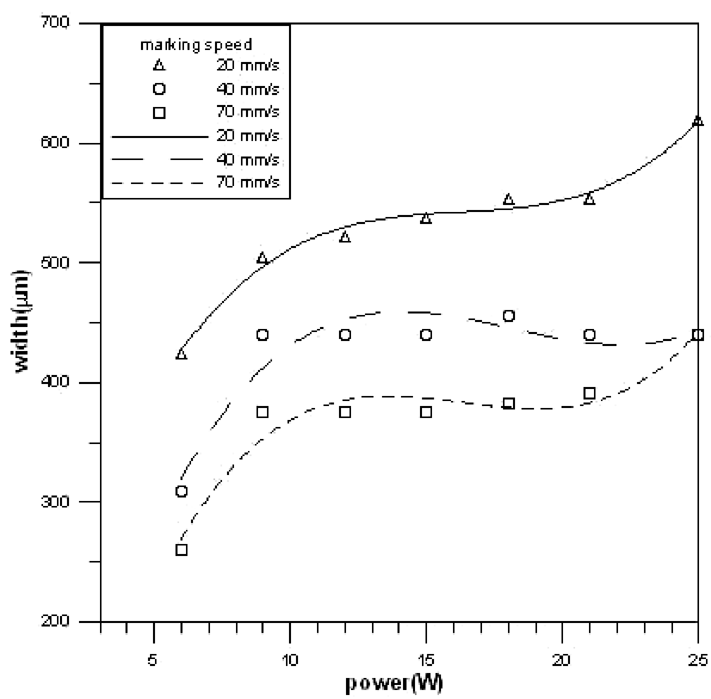

圖 4.15 電木功率對寬度的影響

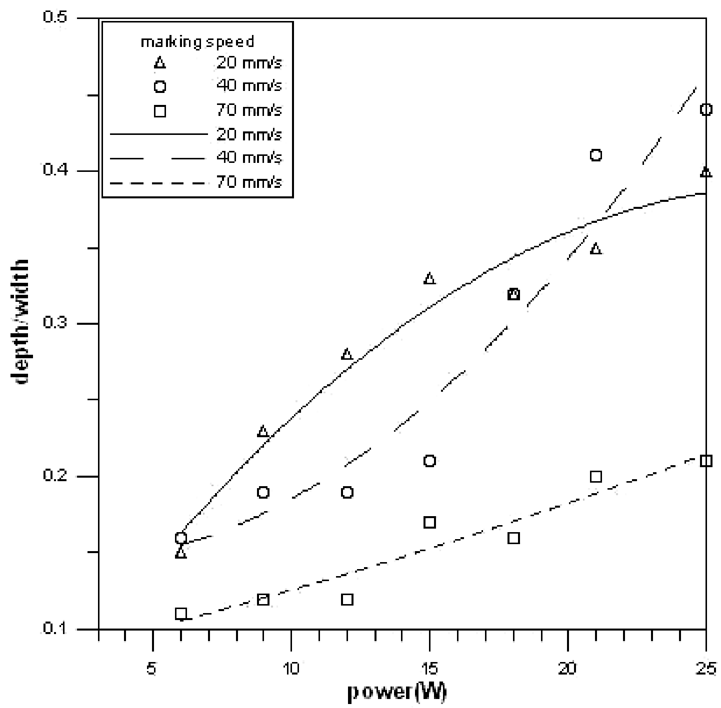

圖 4.16 電木功率對深寬比的影響

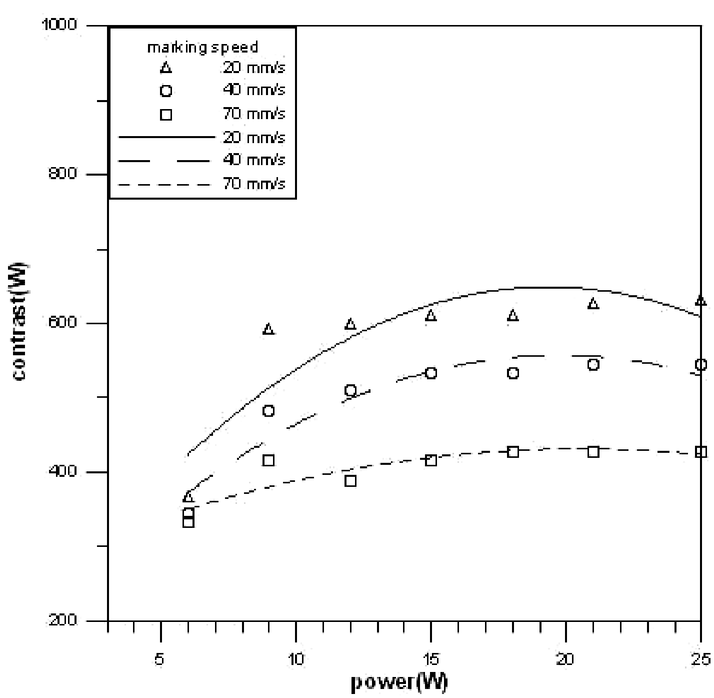

圖 4.17 電木功率對對比度之影響

根據電木觀察結果顯示，雕刻速度為 20 mm/s 時，以 25W 功率雕刻時，有最大深度 245 μm，70 mm/s 有最小深度 30 μm，在實驗雕刻參數內，電木平均對比度落在 330%~630%之間，對比度變化很大，估計與功率有關，當功率愈大，雕刻速度愈慢時會造成表面熱影響區較大，使材質表面呈現黑色刻痕，對比度愈高，而深寬比最小 6W、70 mm/s 為 0.11，最大 25W、40 mm/s 為 0.44。

寬度的觀察在雕刻速度 20 mm/s 及 70 mm/s 在 15W 後仍有緩慢增加之趨勢，估計是材質受到高功率作用而使表面有受到熱影響，致使寬度有擴大的現象，而在 40 mm/s 在 9W 後寬度便趨於穩定在 440 μm。

因此，在內建資料的選取，以25W，40 mm/s之深寬比為0.44有最趨近於0.5之深寬比，對比度在430%。PF刻痕圖請參閱附錄圖C01至圖C21所示。

4.5 PVC 分析

圖 4.18 為 IC 卡裁切後雕刻完成圖。

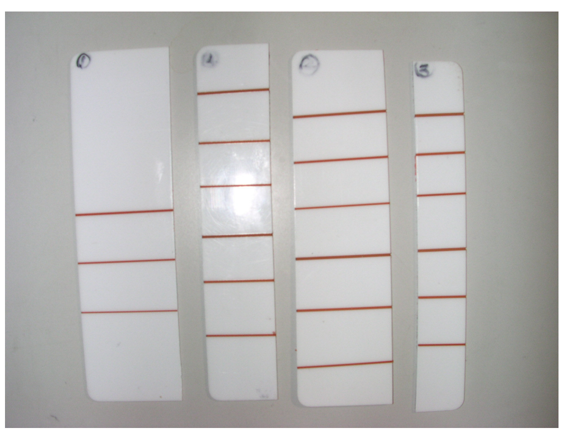

圖 4.18 PVC 雕刻完成圖

表 4.4 PVC 刻痕深寬比及對比度觀察結果

試片編號	功率 (W)	速度 (mm/s)	深度 (μm)	寬度 (μm)	深寬比 (d/w)	雕刻前(G)	雕刻後(H)	對比度 %(C=H/G)
D01	6	20	163	407	0.40	80	243	304
D02	6	40	82	391	0.21	80	243	304
D03	6	70	32	293	0.11	80	231	289
D04	9	20	277	488	0.57	80	242	302
D05	9	40	114	456	0.25	80	233	291
D06	9	70	49	358	0.14	80	224	280
D07	12	20	342	522	0.66	80	241	301
D08	12	40	163	472	0.35	80	239	299
D09	12	70	82	342	0.24	80	230	288
D10	15	20	342	538	0.64	80	248	310
D11	15	40	163	488	0.33	80	246	308
D12	15	70	82	358	0.23	80	240	300
D13	18	20	342	538	0.64	80	250	312
D14	18	40	195	488	0.40	80	246	308
D15	18	70	98	391	0.25	80	240	300
D16	21	20	358	538	0.67	80	248	310
D17	21	40	212	472	0.45	80	240	300
D18	21	70	98	391	0.25	80	240	300
D19	25	20	358	538	0.67	80	245	310
D20	25	40	212	488	0.43	80	243	304
D21	25	70	114	391	0.29	80	240	300

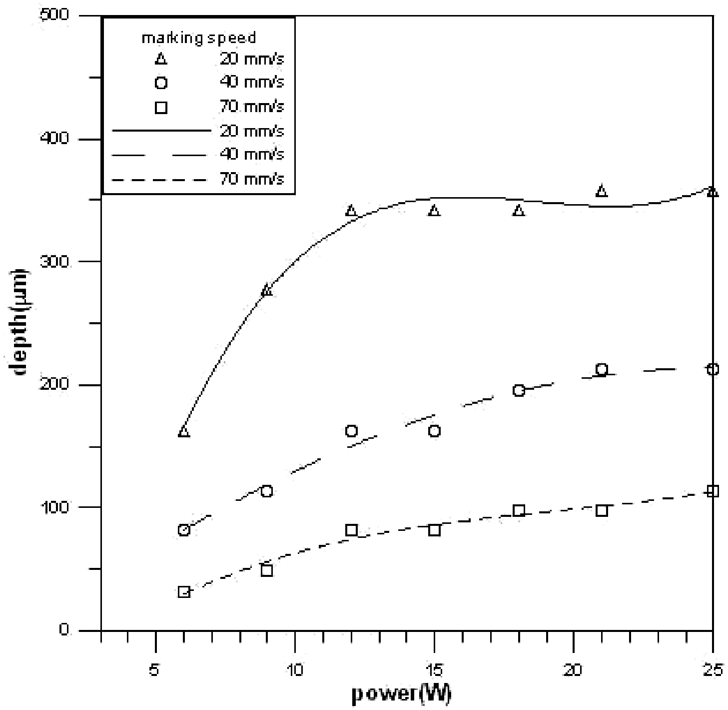

圖 4.19 PVC 功率對深度的影響

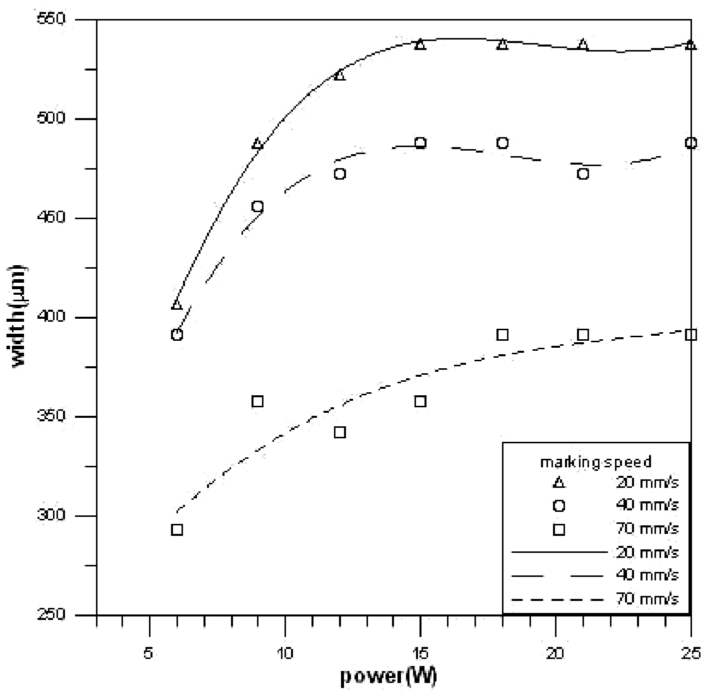

圖 4.20 PVC 功率對寬度的影響

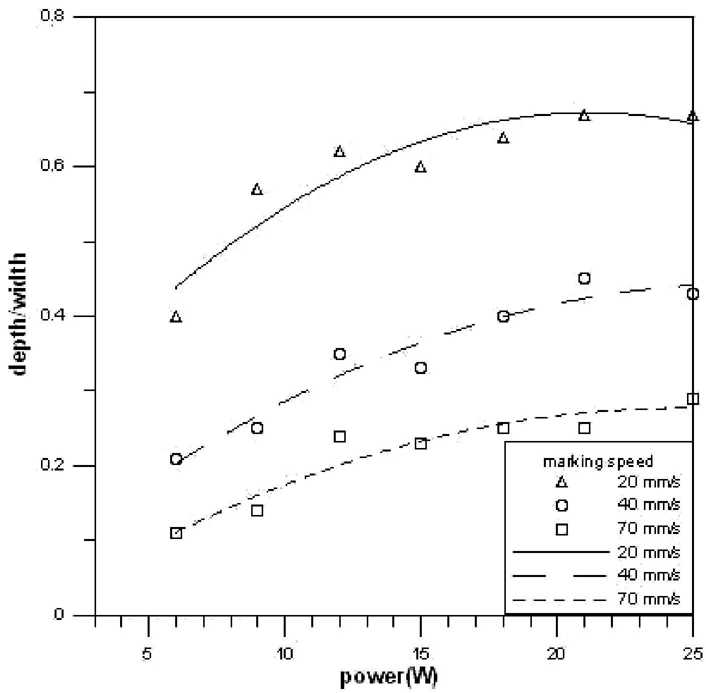

圖 4.21 PVC 功率對深寬比的影響

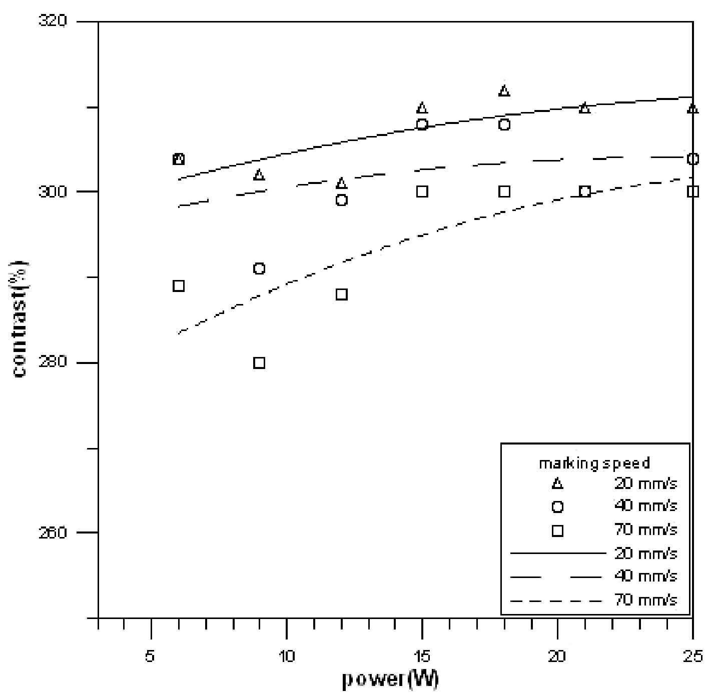

圖 4.22 PVC 功率對對比度之影響

根據 PVC 深寬比觀察結果顯示，雕刻速度為 20 mm/s 時，以 25W 功率雕刻時，有最大深度 358 µm，70 mm/s 有最小深度 32 µm，在實驗雕刻參數內，PMMA 平均對比度落在 280%~310%之間，而深寬比最小 6W、70 mm/s 為 0.11，最大 25W、20 mm/s 為 0.67。

雕刻速度 20 mm/s 時，在 15W 後便在 538 µm 趨於穩定，40 mm/s 時在 15W 便在 488 µm 趨於穩定，70 mm/s 時，在 18W 後達到 391 µm 趨於穩定。

因此，在內建資料的選取，以 21W，40 mm/s 之深寬比為 0.45 有最趨近於 0.5 之深寬比，對比度為 300%。PVC 刻痕圖請參閱附錄圖 D01 至圖 D21 所示。

4.6 結果分析與討論

實驗結論分兩部份討論，第一部份討論材料在雕刻時會出現最大深度及最小深度之問題，第二部份為不同材料在雕刻後之深度、寬度、深寬比及對比度之比較。

第一部份

在實驗過程中，由光學顯微鏡的觀察下，發現材料的雕刻狀況，如下圖 4.23 在上下邊的量測部位 1 及 2，會有出現如下圖 4.24(部位 1)、圖 4.25(部位 2)之狀況，出現有最小深度及最大深度，為何會出現此狀況，估計可能原因為在材料裁切後之部位會有較脆弱之現象，以致於會出現最小深度及最大深度之情形，如圖 4.23 以壓克力做探討，可清晰的看出在圖中 1、2 處之雕刻斷面均出現 2 種雕刻深度，若在出現如是狀況時該選擇最大深度作為參考資料，或者是選擇最小深度為參考資料，由以下圖 4.26 雕刻參數為 21W，40 mm/s 做比較，可明顯看出，虛線部份為一開始實驗時以最大深度之量測

的數據資料，圖中可看出會有較不穩定之狀態，功率大的雕刻深度卻比功率小的雕刻深度小，並不符合物理現象。而實線部份則重新以最小深度作為量測依據時，則有較穩定之雕刻現象。

且如圖 4.23 之 1、2 處之量測可清楚看出，以最小深度的量測均為 147µm，誤差非常小，在驗證 3、四片這樣子的狀況後，可推估在材料的邊端做雕刻時，會有不穩定的狀態發生。因此，若有出現 2 種雕刻深度之情形時應選取最小深度做為整體的雕刻深度判定。

圖 4.23 雕刻完成之壓克力片

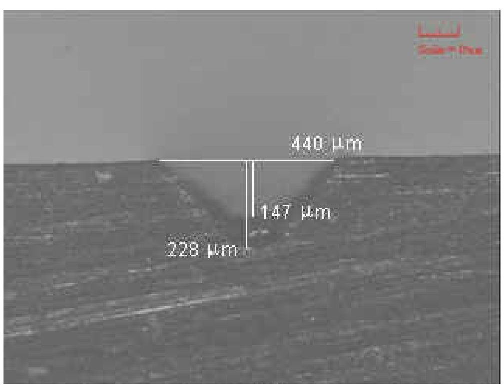

圖 4.24 壓克力(部位 1)

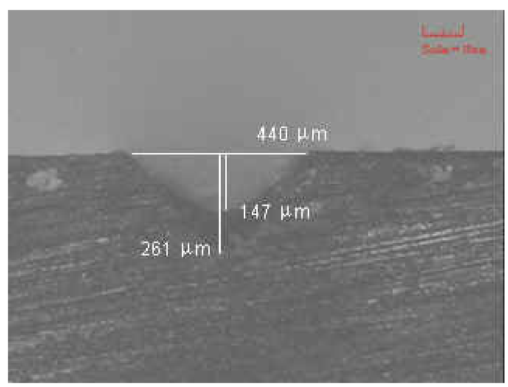

圖 4.25 壓克力(部位 2)

表 4.5 壓克力實驗數據表

PMMA	6W	9W	12W	15W	18W	21W	25W
虛線(µm)	107	138	199	169	169	169	199
實線(µm)	49	114	130	130	147	147	163

註:虛線為第一次實驗之實驗數據，實線為第二次實驗之實驗數據。

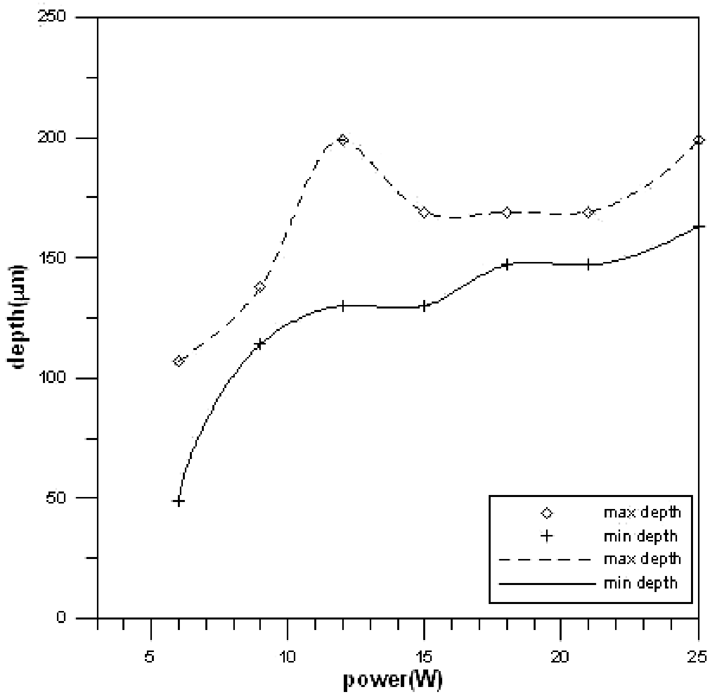

圖 4.26 最大深度與最小深度之比較

第二部份

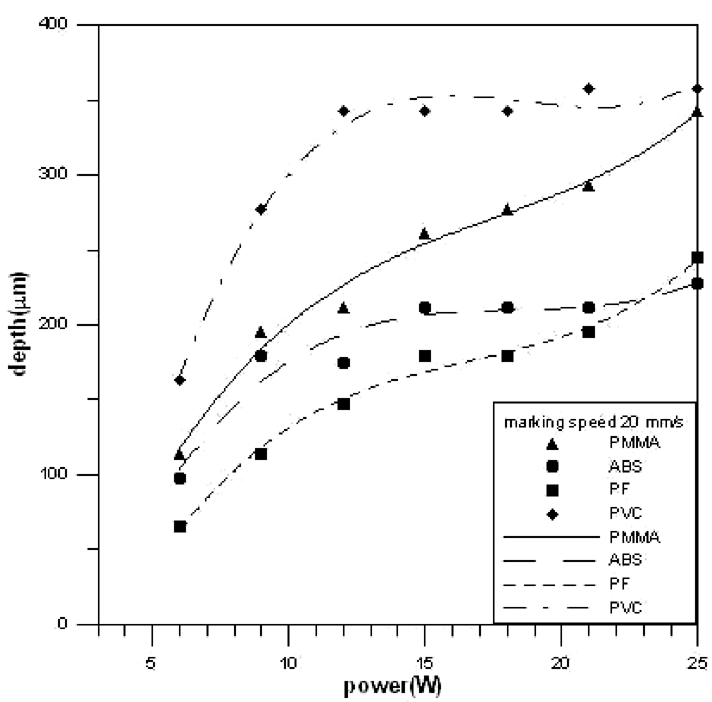

圖 4.27 功率對 4 種材質深度之影響

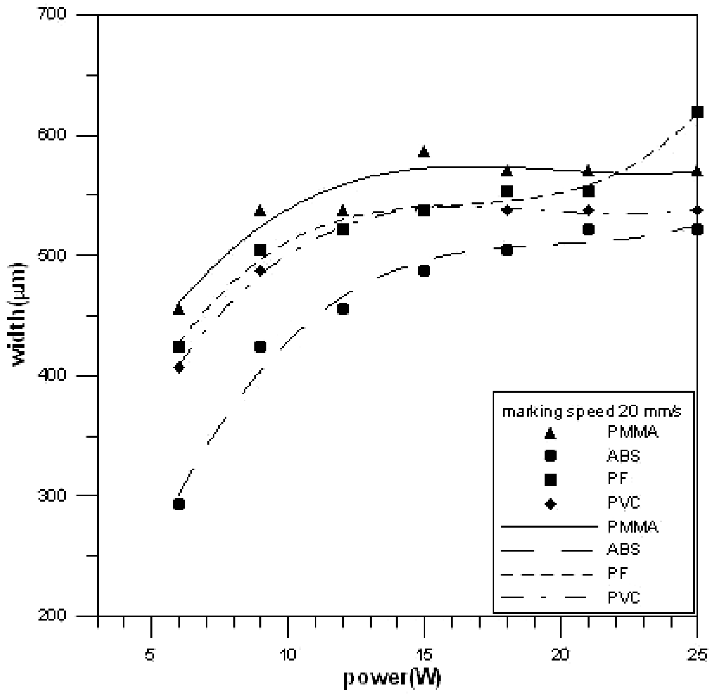

圖 4.28 功率對 4 種材質寬度之影響

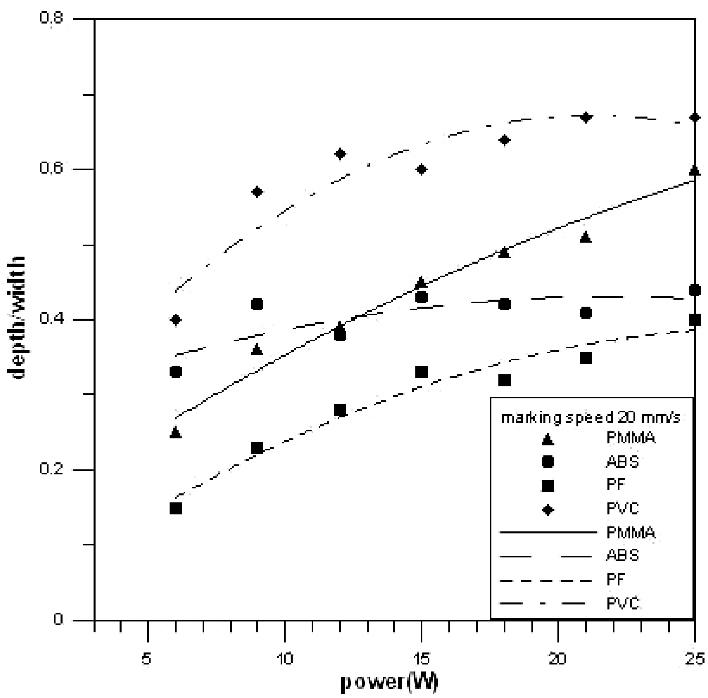

圖 4.29 功率對 4 種材質深寬比之影響

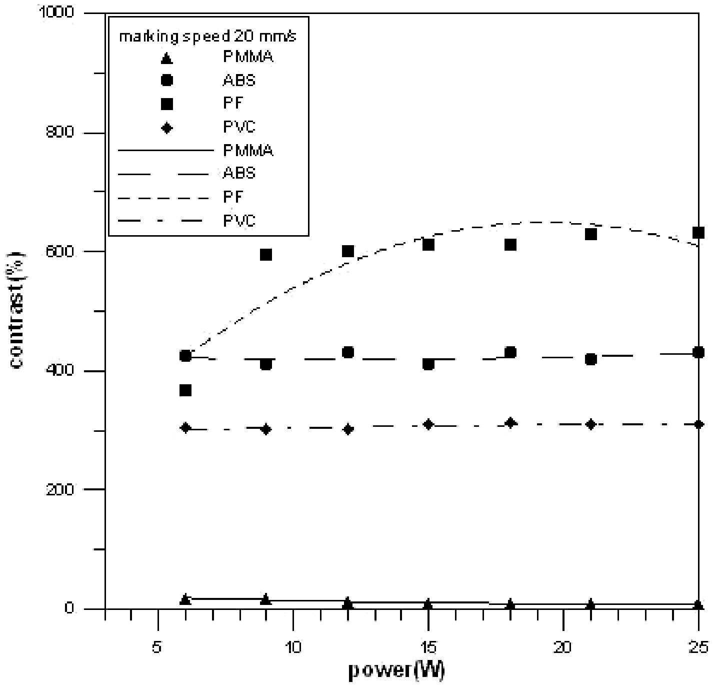

圖 4.30 功率對 4 種材質對比度之影響

圖 4.27 可得知當功率愈大速度愈慢，深度及寬度便隨著功率增加而增加，而在同功率同速度下之比較，平均下 PVC 有最大之深度，其次為壓克力、ABS 及電木。寬度方面亦隨著功率增加速度變慢而增加，但平均在 15W 之後漸漸趨於穩定，壓克力則有較大寬度，PF 及 PVC 差不多，平均寬度最小為 ABS。

從圖 4.29 可得知，當功率愈大，深寬比便隨著功率增加而增加，在同功率同速度下之比較，PVC 有最大之深寬比，其次為壓克力、ABS 及電木。

圖 4.30 中，壓克力在 15%左右，由於在黑色壓克力上，所雕出之刻痕並未有很明顯之對比度，而電木的變化較大，約在 400~650%之間，估計會有如此大之變化是由於在電木上雕刻會較易產生熱影響區進而影響到對比度，接下來為 ABS，對比度平均在 300%，PVC 之對比度平均約在 430%左右，對比度的變化主要是根據材質基底顏色所影響，其次原因便是根據功率大小及速度快慢在材質表面上所造成刻痕之色差。