

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

第三名

032806

仿生科技應用於提高太陽能板發電效率之研究

學校名稱：苗栗縣立照南國民中學

作者： 國二 翁勝筌 國一 翁聖宏	指導老師： 張家淇
-------------------------	--------------

關鍵詞：複眼、太陽電池、發電效率

摘要

本作品自行開發組立氣體輔助彈性氣膜球實驗系統，並研製可調控之類複眼陣列結構母模具系列實驗設備，藉以複製出類昆蟲複眼之陣列微結構，並將其裝設於太陽能板上進行系統化的實驗，探討類昆蟲複眼之陣列微結構對太陽能板發電效率之影響。實驗過程中經探討不同實驗參數，對複製類複眼陣列透鏡成形性之影響(氣體壓力、週期、特徵尺寸等)，並找出對太陽能板發電效率最適合的結構條件。實驗結果顯示，類複眼陣列透鏡結構，其單一特徵形狀愈小、密度愈高(週期愈小)，其發電效率愈佳，本實驗條件下，發電效率最高可提升達 7.86%，此外，本研究同時增能探討調控菲涅爾透鏡(Fresnells)聚焦方式，並獲得經最佳聚焦位置的獲得，將有助於對太陽能板發電效率提升。

壹、 研究動機

109 年暑假至南部參觀太陽能展，透過參訪過程中，得知目前太陽能板的最高發電效率僅達 12%，原因之一是太陽能板的光接收面上無法完全吸收太陽光線(因部分微弱光線散射、折射而無法全面接收...等因素)。另一部分的太陽光線，會因太陽能板之粗糙面導致反射或折射的損失。另曾參觀臺灣科學教育館於 109 年間舉辦之仿生特展，在介紹昆蟲複眼結構的攤位上，展出複眼上微奈米的突起結構，具有將微弱光線完全吸收的特性，並且不產生反射等狀況影響光線的行進路線。因此，在我們試想這種複眼結構的特性可能有機會解決目前太陽能板在發電效率上的問題。

綜上原因，本研究團隊開始著手並思考，若能妥適將類複眼結構裝置在太陽能板面上，那就有機會可以增加太陽能板的發電功率。本團隊發想，製作可重複利用的母模具來進行拉伸調控，找出不同複眼結構的大小或最佳排列的的類複眼結構透鏡。同時，結合複製系統來進行成形。此外，在蒐集資料的過程中，得知大透鏡經由曲面區段曲線擷取後，可將之設計為平面以達到相同功能之菲涅爾透鏡的資料。因此，研究預計試著利用以上兩種結構，以具重複利用性的母模具來進行初步實驗，並經由自行開發的複製系統，複製後結合於太陽能板上方，並進行太陽能發電效率之實驗測試，經由實驗對照組比對有無陣列複眼結構之發電效率異同，探討類複眼陣列透鏡對提高太陽能板發電效率之影響以及不同菲涅爾透鏡結構的聚焦情況等相關數據，並期待本研究之部分實驗成果，能有機會對再生能源有所貢獻。

貳、 研究目的

- 一、 預計將研製一可經由氣體輔助均勻複印出複眼陣列結構之系統。
- 二、 預計研製一可以調控互補結構陣列週期之具重複利用性複眼母模具。
- 三、 探討不等拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡互補結構之影響。
- 四、 探討不同實驗參數複製類複眼陣列透鏡成形性之影響。
 - (一) 不等氣體壓力充填下對類複眼陣列透鏡成形性之影響。
 - (二) 不等持續壓印時間下對類複眼陣列透鏡成形性之影響。
- 五、 探討不同類複眼陣列透鏡對提高太陽能板發電效率之影響。
- 六、 可調控之菲涅爾透鏡聚焦方式與可能對提高太陽能板發電效率之初步影響探討。

參、 研究設備及器材

一、 設備與器材

本研究設備系統所需用到的器具以及其所對應到在實驗研究中的用途，如圖(圖 3.1)及表 3.1 所羅列。另外部分系統零組件較難以施工製作部分，本團隊則採用三維列印進行設計印製。



圖 3.1 研究主要設備器材與零組件

表 3.1 研究設備與器材(零件)名稱與主要用途

序號	設備與器材(零件)名稱	本研究自行研製系統上之主要用途
1.	小型打氣機	本研究中彈性氣膜球充氣來源
2.	電源供應器	UV 燈的電力來源
3.	游標卡尺	測量鋁擠型
4.	電線	連接 UV 燈與 UV 燈變壓器
5.	六角扳手	裝配設備各部分零件之工具
6.	槌子	1. 固定外牙接頭 2. 矯正鋁擠型
7.	鉗子	矯正鋁擠型與外牙接頭
8.	手持式自動螺絲機	裝配設備各部分零件之工具
9.	螺絲起子	裝配設備各部分零件之工具
10.	電鑽	裝配設備各部分零件之工具
11.	太陽能板	測試成品之發電效率
12.	壓克力	設備系統材料
13.	模板	壓印複眼結構軟型模具之模板
14.	三用電表	測量太陽能板輸出電量
15.	捲尺	量測尺寸長度
16.	泡棉膠	固定 UV 燈
17.	氣壓閥&氣壓流量控制器	連接打氣機與氣瓶及控制輸出氣壓
18.	電工膠帶	纏繞於電線交接處
19.	UV 燈	將可紫外線光固化阻劑材料固化
20.	直角鐵片&外牙接頭	固定模具與彈性氣膜球
21.	定位分厘卡	調整軟型模具上之複眼結構
22.	雙通閥	空置氣體流量方向
23.	鋁擠型	支撐整個設備
24.	UV 燈變壓器	改變提供給 UV 燈的電壓
25.	桌上型鑽孔機	在壓克力上鑽孔
26.	氣壓計	顯示目前氣體充氣壓力

二、氣體輔助壓印複製系統設計與製作

本研究經由學校生活科技教室所提供的實驗設備進行製作，首先與指導老師討論設計繪出整個系統的概況(圖 3.2)。

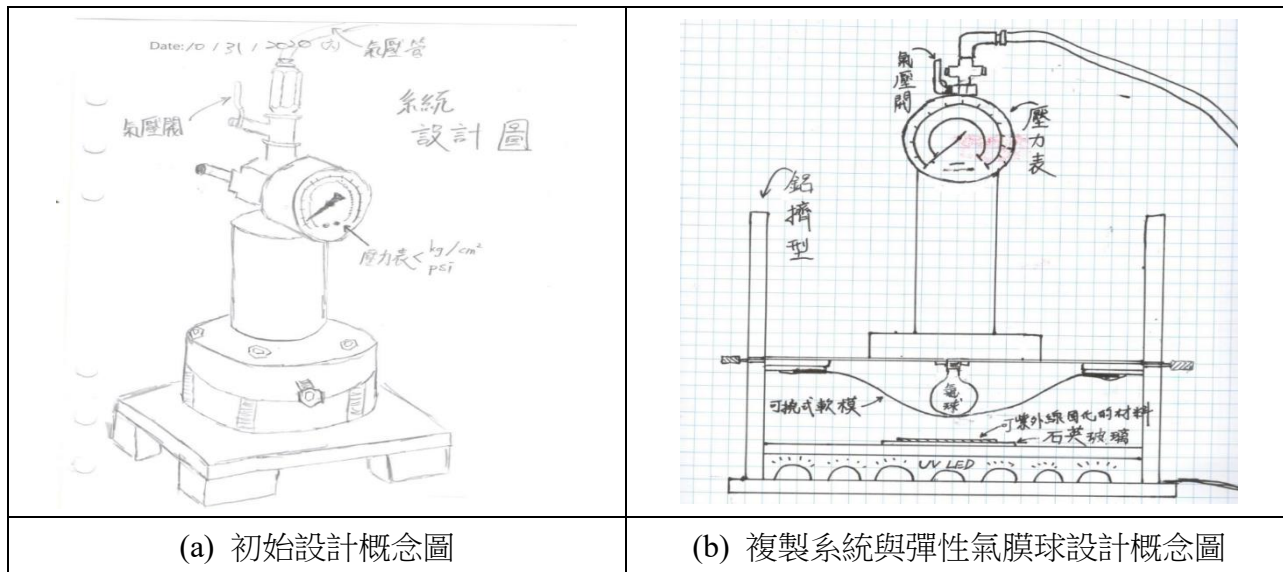
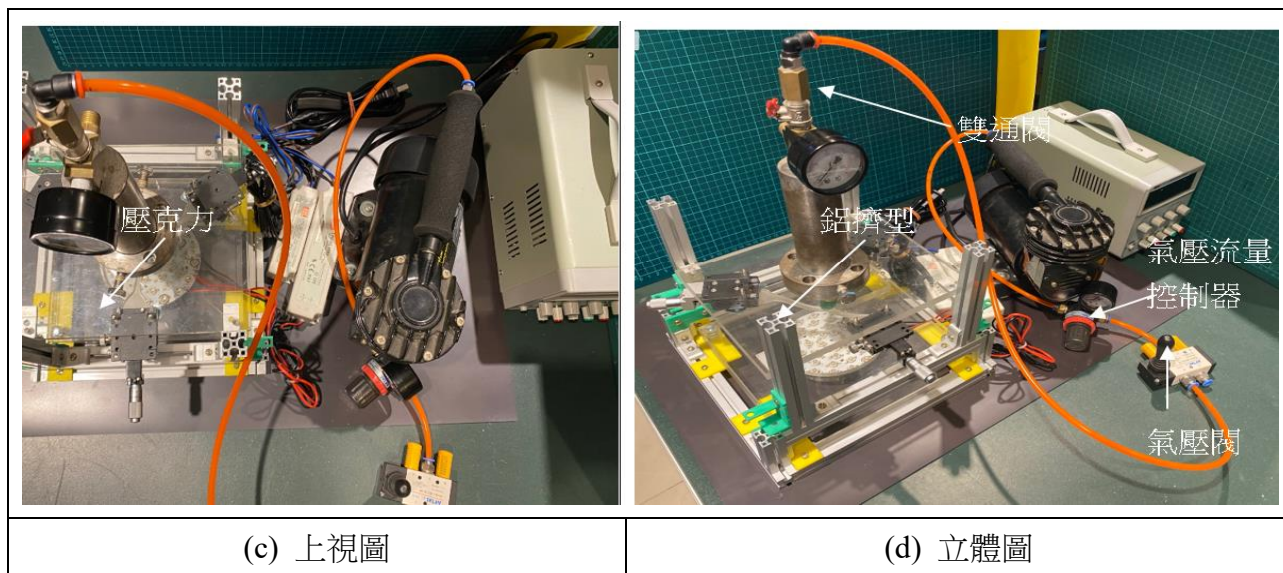
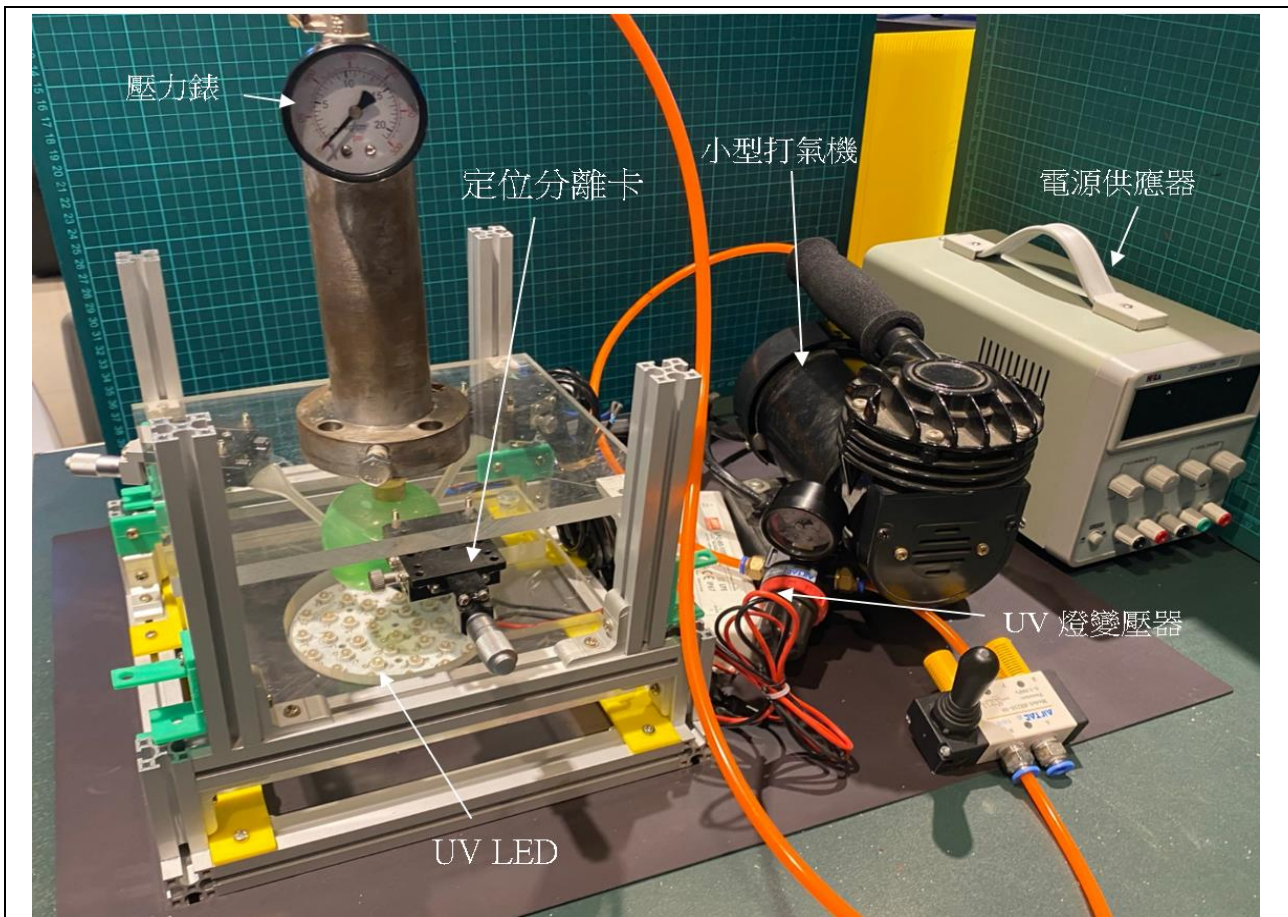


圖 3.2 與指導老師討論設計繪出整個系統的概況

經由徒手手繪與部分繪圖軟體繪製出外型輪廓形貌，並進行尺寸標註與設計定稿的過程，製作過程中經過多次修改與調校後，獲得最終本研究自行開發的系統設備設計圖，其中包括幾個重要的系統部分：壓力錶氣壓閥部分、紫外光(此部分委由指導老師代為拿到外面給廠商加工陣列 UV-LED 燈)部分、氣體供氣部分、壓印平台與彈性氣膜球部分、重複利用性複眼母模具與定位分厘卡部分，共五個重要部分組成本實驗系統，如圖 3.3 所示。





(e) 實體圖

圖 3.3 氣體輔助壓印複製系統設計繪製與製作

三、互補結構陣列週期之具重複利用性類複眼母模具製備與調控方式

(一) 互補結構陣列週期之具重複利用性類複眼母模具製作

本部分利用薄鋁材料經由雷射加工孔徑約為 50um~200um(0.05mm~0.2mm)模仿蛾眼互補性結構之陣列孔洞(凹形)，預計經由以聚碳酸酯材料(此材料無色透明且具高透光性，英語：Polycarbonate, 又稱為 PC)作為底材，經由小型熱壓機先熱壓出類蛾眼陣列結構的模具(凸形)。其中熱壓機的操作流程依序為：擺置試片雷射加工模仿蛾眼互補性結構之陣列孔洞與上方，下方擺 PC 材料、設定溫度、達到預定壓力、開始計時、啟動水冷降至室溫即可拿取。接著，隨後經由桌上型加工機經由繪圖後，加工製作重複利用性複眼母模具之澆鑄模穴，並將熱壓機熱壓加工出類蛾眼陣列結構的凸形模具製於中央部位，隨後澆鑄具有光學透明且有彈性的可撓性聚二甲基矽氧烷之黏稠液體(10:1 的 AB 劑混合比例)，本團隊使用的模具材料亦稱為有機聚合物材料，這種材料無毒且非易燃性並具有高彈性，待其固化後可以獲得互補結構陣列週期之具重複利用性複眼母模具，如圖 3.4 所示。

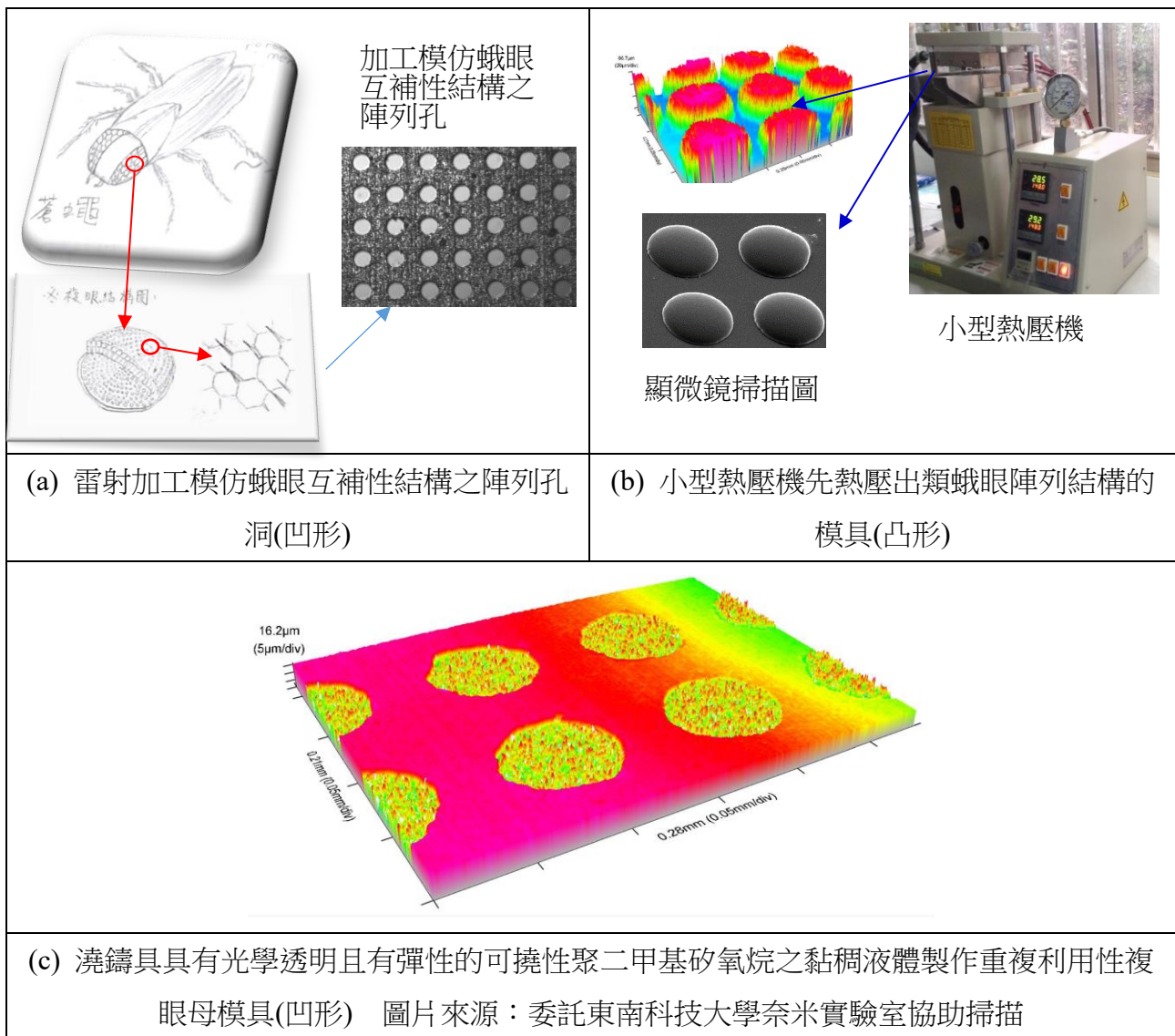
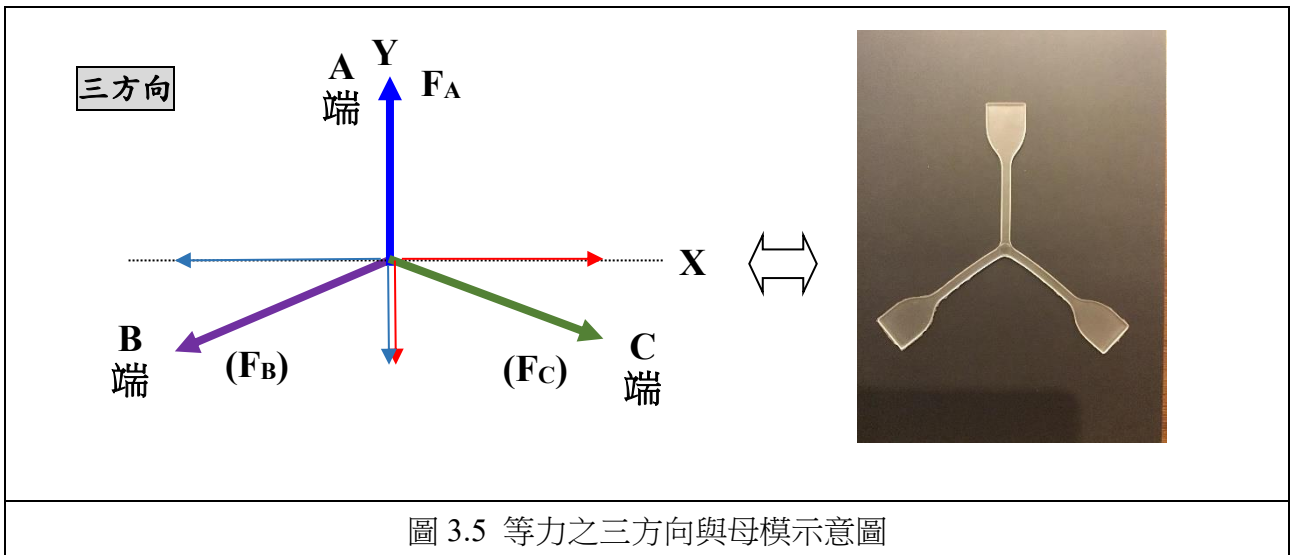


圖 3.4 互補結構陣列週期之具重複利用性複眼母模具

(二) 重複利用性類複眼母模具調控方式

本實驗利用部分有彈性的可撓性聚二甲基矽氧烷最為模具材料，主要是其具有可撓性的特性，在實驗或實際應用上可以重複的使用，並且可以經由研究自行開發的設備系統上的分厘卡作為調控方式，可以任意變化拉伸位置而改變中央區段的互補性類蛾眼陣列結構之週期排列情況，藉以多次不等調控實驗，取得在實驗設計範圍內的最佳類蛾眼陣列結構之選用參考，以提升太陽能板的發電效率。

首先，模具調控採用三方向同時作用的方式(圖 3.5)，經由各互相夾角度 120 度，利用分厘卡放固定墊片固定各別軸，向外調整使得模具被拉伸，並帶動中央互補形狀的類額眼結構，等到調至所需位置後，進行固定，然後利用氣體充氣輔助系統，進行類蛾眼陣列結構的複製程序。



同時經由實驗初步測試，固定拉伸長度對應應變的變化情況如下表 3.2 及圖 3.6 所示：

表 3.2 固定拉伸長度對應應變的變化情況

固定拉伸長度(mm)	應變(變形增加長度/原來長度)情況(mm/mm)
0.0	0.000
1.0	0.034
2.0	0.058
3.0	0.102
4.0	0.132
5.0	0.168
6.0	0.180
7.0	0.234
8.0	0.258
9.0	0.294
10.0	0.335

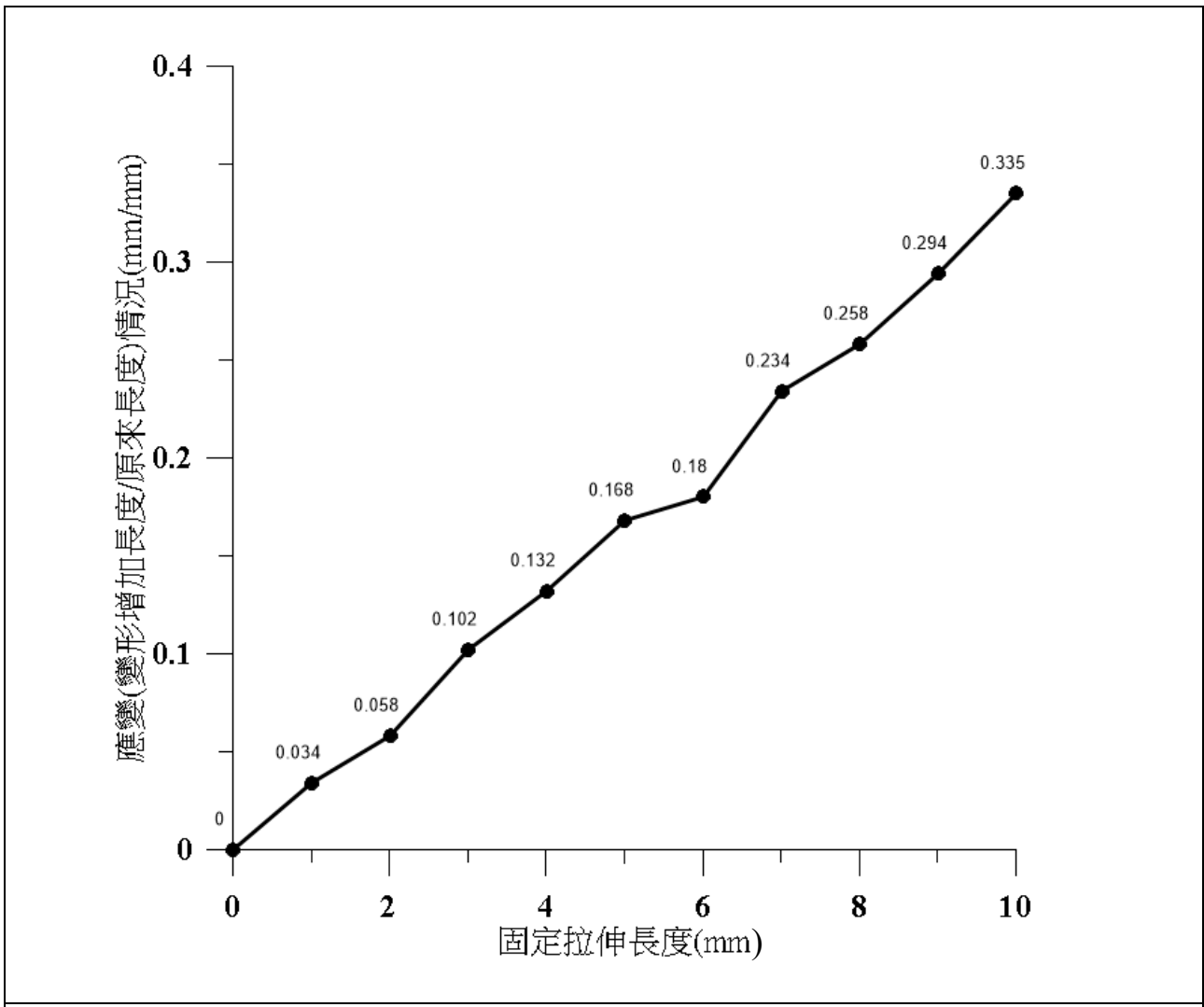


圖 3.6 固定拉伸長度對應應變的變化情況折線圖

此外，本研究同時驗證在施壓部分採用彈性氣膜球，其主要原因是理想氣體方程式的理論概念在彈性氣膜球各個區域均有相等的壓力可以提供均勻施壓，並經由彈性氣膜球施壓於具重複利用性複眼母模具上，可以達到相當完整的均勻性作為考量。

肆、研究過程或方法

一、實驗流程圖。

圖 4.1 是本實驗之實驗流程圖。

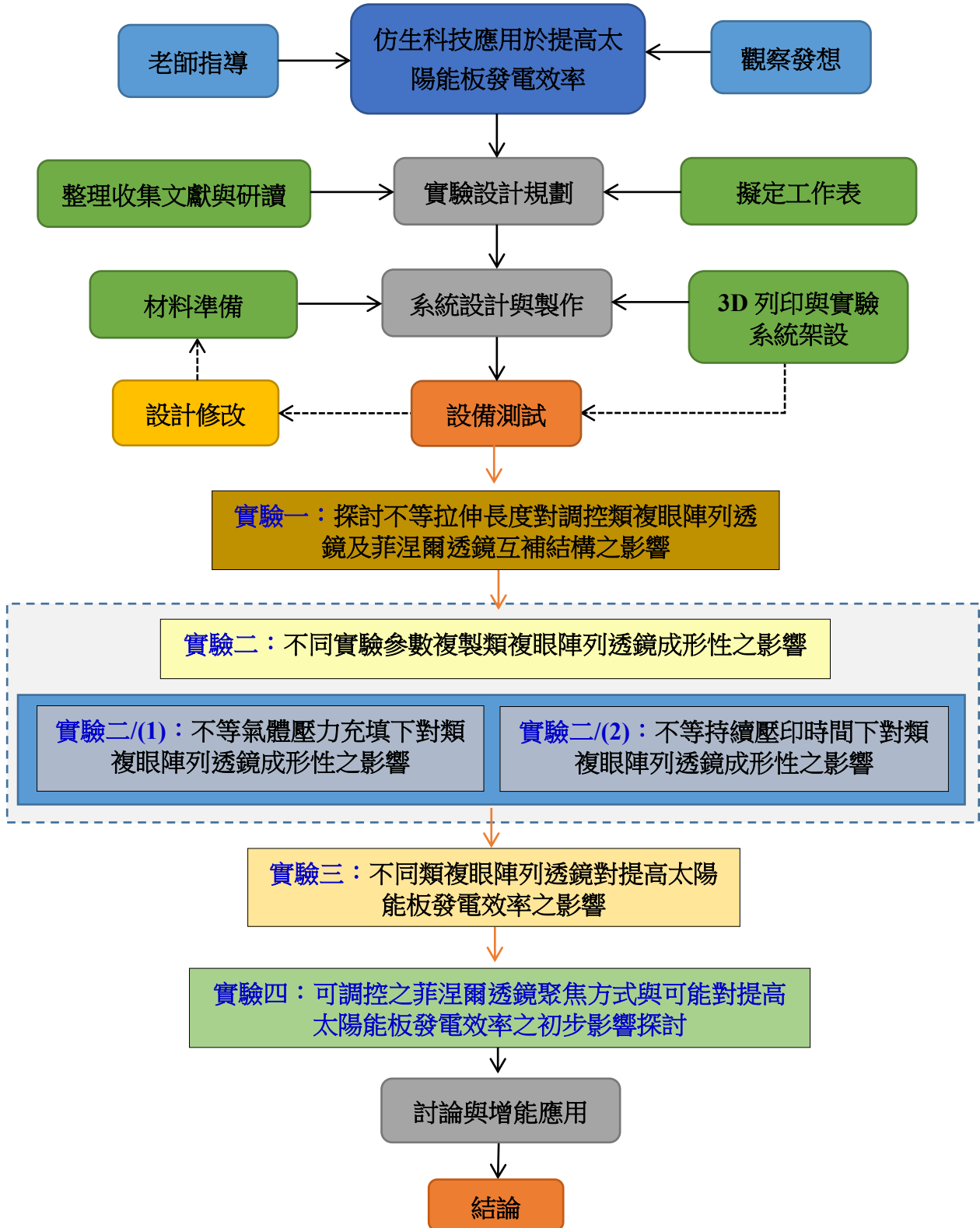


圖 4.1 實驗流程圖

二、實驗系統操作步驟

本研究建立並組裝氣體輔助壓印複製系統，本實驗系統複製操作步驟(圖 4.2)，依序如下：

- (1). 裝置至於水平桌面上。
- (2). 彈性氣膜球固定於上方氣孔。
- (3). 模具固定於三邊的固定點(固定後仍可調整)。
- (4). 將可紫外線光固化材料均勻塗抹於透明玻璃板上，並置於紫外線燈上方的平台。
- (5). 彈性氣膜球充氣將模具均勻地推至可紫外線光固化水性材料的上方進行氣體壓印。
- (6). 壓印完畢後開啟紫外線燈光，將已完成壓印的可紫外線光材料固化，獲得複眼型凸透鏡結構，隨後關閉紫外光，將彈性氣膜球洩氣離模獲得成品。

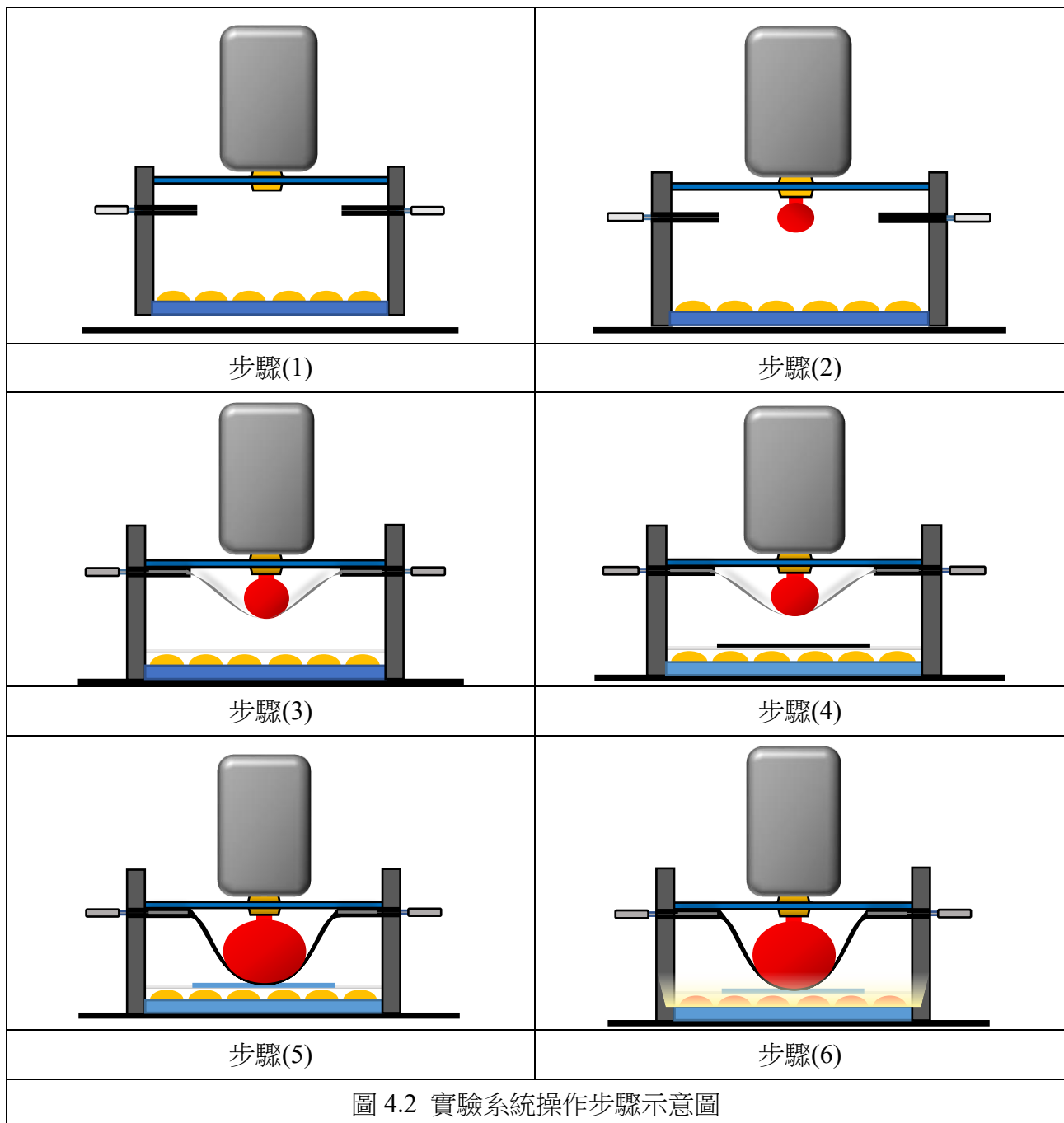
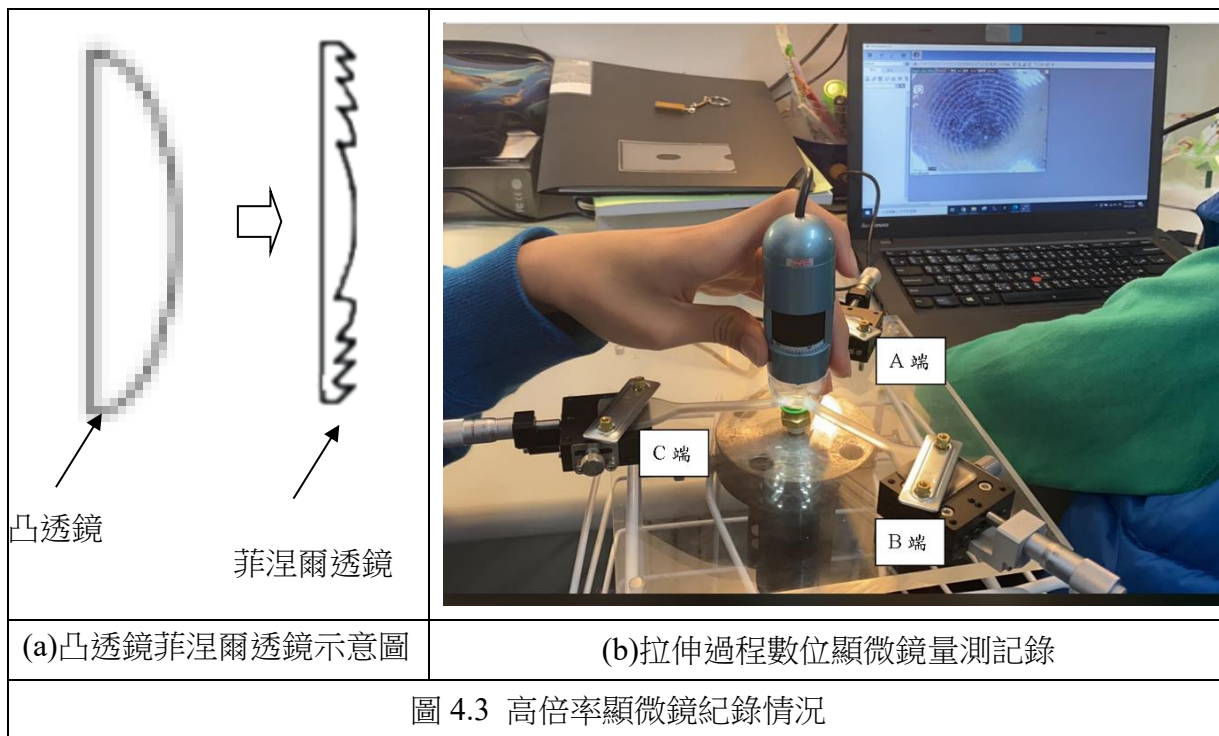


圖 4.2 實驗系統操作步驟示意圖

三、實驗部分觀察使用的方法

本實驗利用多種實驗觀察方式，其中以經常利用到 Dino-Lite 的數位顯微鏡(Digital Microscope)觀察作為代表，在實驗過程中本團隊會利用數位顯微鏡，例如觀察三軸向裝置妥適的重複利用性複眼母模具以及菲涅爾透鏡時，使用 Dino-Lite 的數位顯微鏡經由高倍率顯微鏡紀錄下來，如圖 4.3 所示。



伍、 研究結果與討論

一、 探討不等拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡互補結構之影響

本部分利用三方向裝置妥適的重複利用性複眼母模具以及菲涅爾透鏡，以分厘卡向後旋轉移動帶動母模具拉伸，以獲得需要的互補凹型複眼孔洞，以及菲涅爾透鏡其中一圈直徑結構之尺度變化情況，並經由高倍率顯微鏡紀錄下來。經實驗顯示，隨三方向拉伸過程中，可以使得母模具互補凹型複眼孔洞隨之增加。同時，孔洞與孔洞之間間距亦隨之有比例的被延伸，並形成多種不等孔洞間距，以及孔洞大小的陣列式互補凹型複眼孔洞，如表 5.1、圖 5.1 所示。

經由曲線圖可以發現，拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡都有近似線性的表現，同時可以獲得以下線性公式。

(1).類複眼陣列透鏡似線性公式

$$Y = 3.87 * X + 154.54$$

其中，Y：表示類複眼陣列透鏡微結構直徑(um)；X：表示拉伸長度(mm)

(2).菲涅爾透鏡近似線性公式

$$Y = 0.0057 * X + 0.99$$

其中，Y：表示菲涅爾透鏡其中一圈之尺度變化情況(mm)；X：表示拉伸長度(mm)

表 5.1 不等拉伸長度對微結構直徑與週期之影響

調控 \ 序號	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A 端(mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B 端(mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C 端(mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
結構 \ 序號	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
類複眼陣列透鏡 微結構直徑(um)	150	158	164	168	173	175	178	182	185	188	192
菲涅爾透鏡其中 一圈之尺度變化 情況(mm)	0.989	0.994	1.002	1.008	1.012	1.018	1.023	N	N	N	N

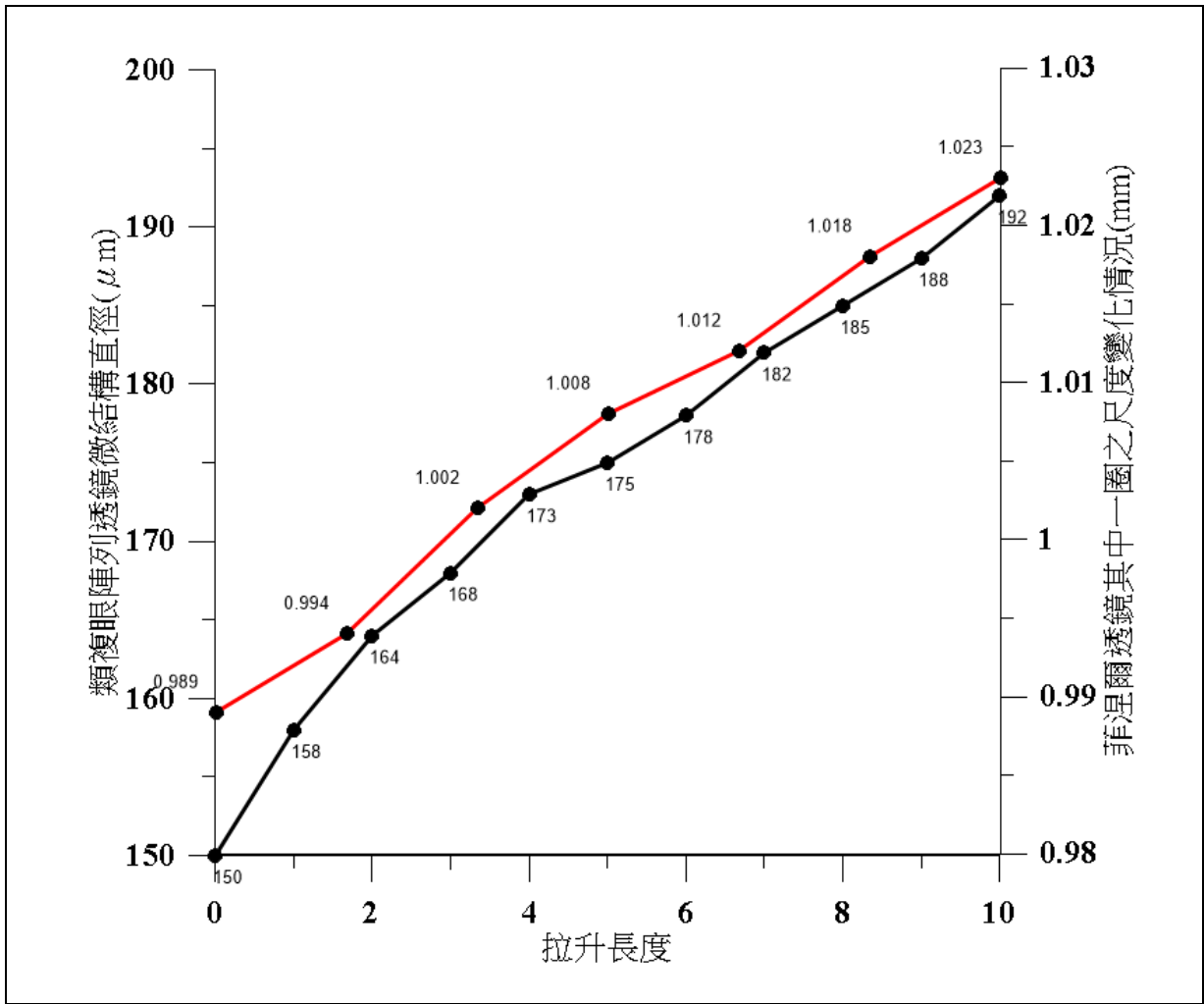
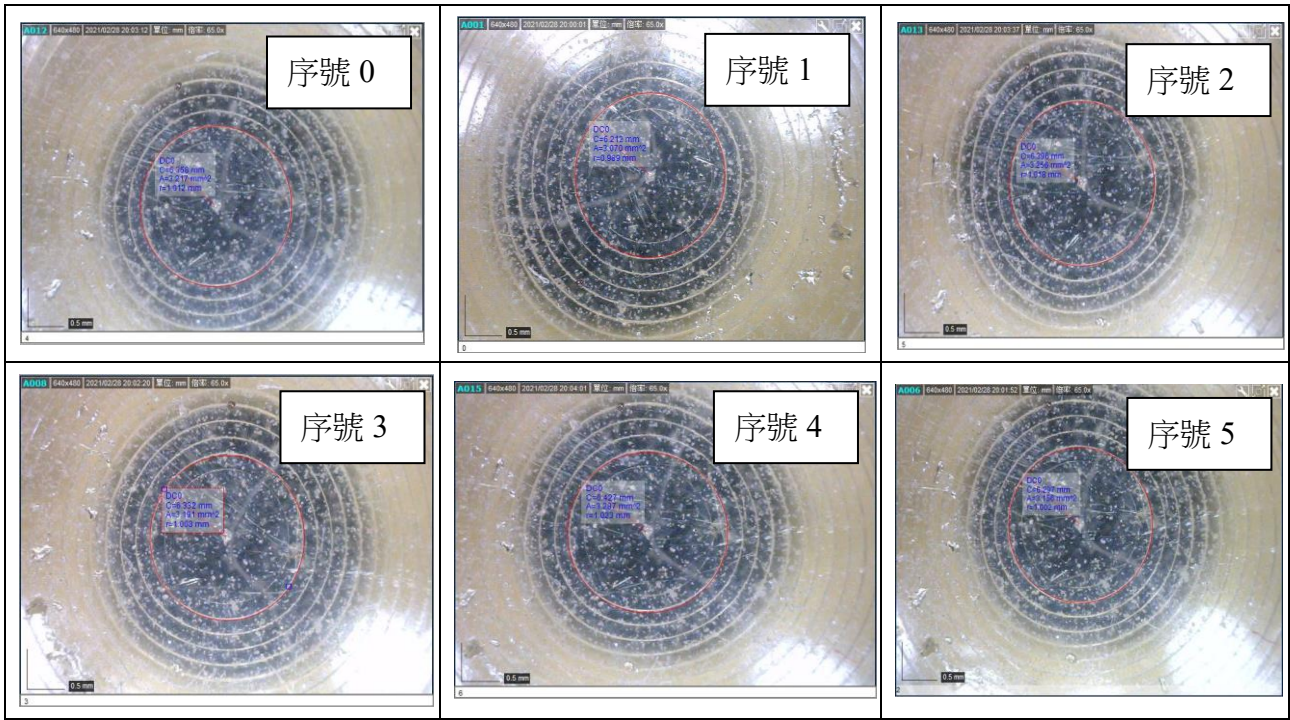


圖 5.1 不等拉伸長度對類複眼陣列透鏡微結構及菲涅爾透鏡之影響

二、不同實驗參數複製類複眼陣列透鏡成形性之影響

(一) 不等氣體壓力充填下對類複眼陣列透鏡成形性之影響

本部分經由調控不等壓力情況下，探討對類複眼陣列透鏡成形性之情況，實驗結果顯示，當氣體充填彈性氣膜球的錶壓力值愈高，將對類複眼母模具有更大的力量表現，氣體充氣錶壓力值與彈性氣膜球直徑將隨之成近似線性之趨勢，經由軟體分析後，可以獲得以近似線性公式進行估算。如式 5.1、表 5.2 及圖 5.2 所示；







$$Y=0.42X+6.6 \quad (\text{式 } 5.1)$$

其中，Y 代表填彈性氣膜球直徑(cm)，X 代表充氣氣壓錶壓力值(kgf/cm²)

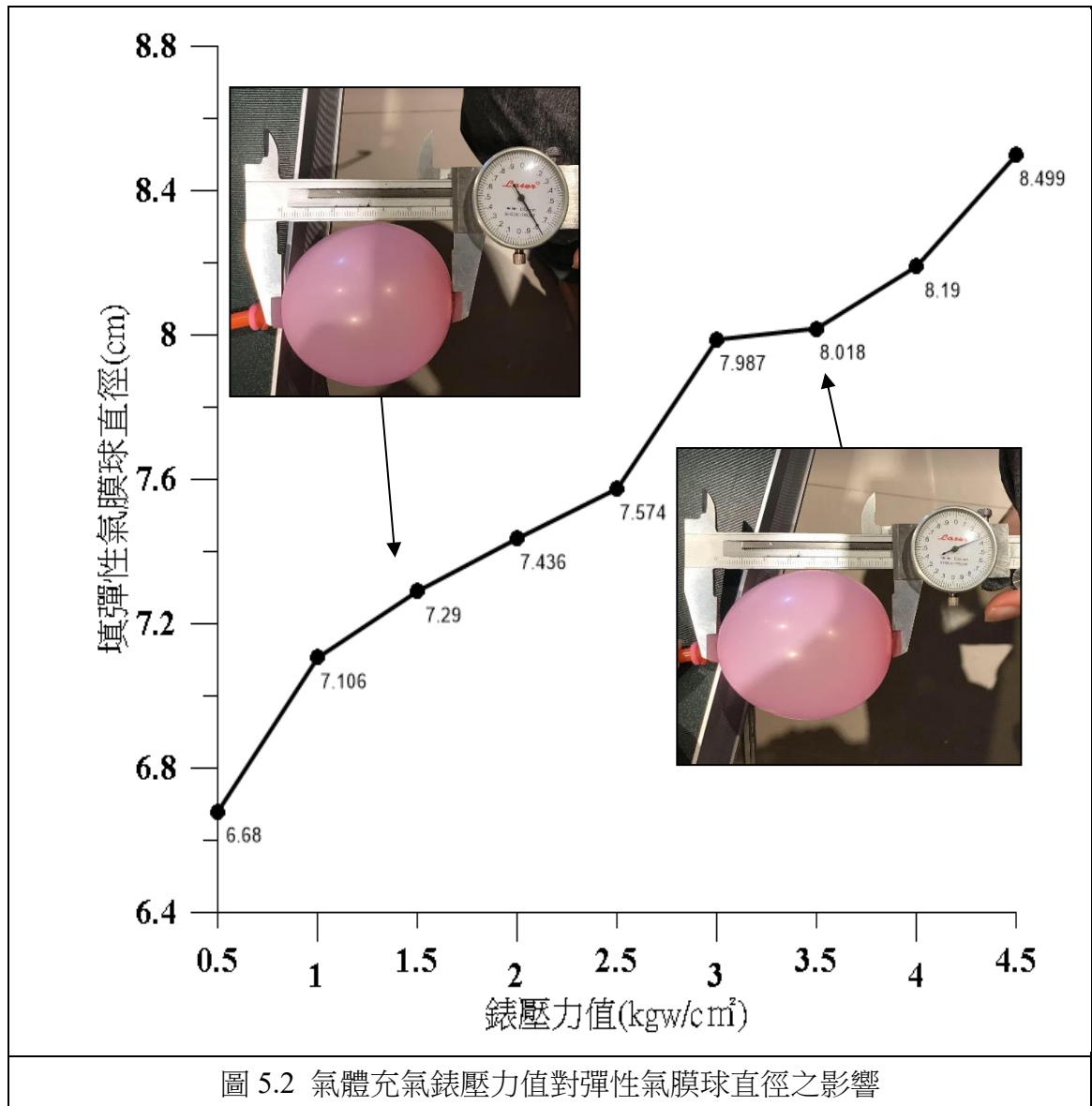
可以經由此公式，快速調控實驗過程中所需之彈性氣膜球直徑和充氣氣體壓力值。

表 5.2 氣體充氣錶壓力值與彈性氣膜球直徑之實驗

錶壓力值(kgw/cm ²)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
填彈性氣膜球直徑(cm)	6.68	7.106	7.29	7.436	7.574	7.987	8.018	8.19	8.499

0.5kg/cm ² 6.68cm 	1kg/cm ² 7.106cm 	1.5kg/cm ² 7.29cm 
2.5.0kg/cm ² 7.574cm 	3.0kg/cm ² 	3.5kg/cm ² 8.018cm 

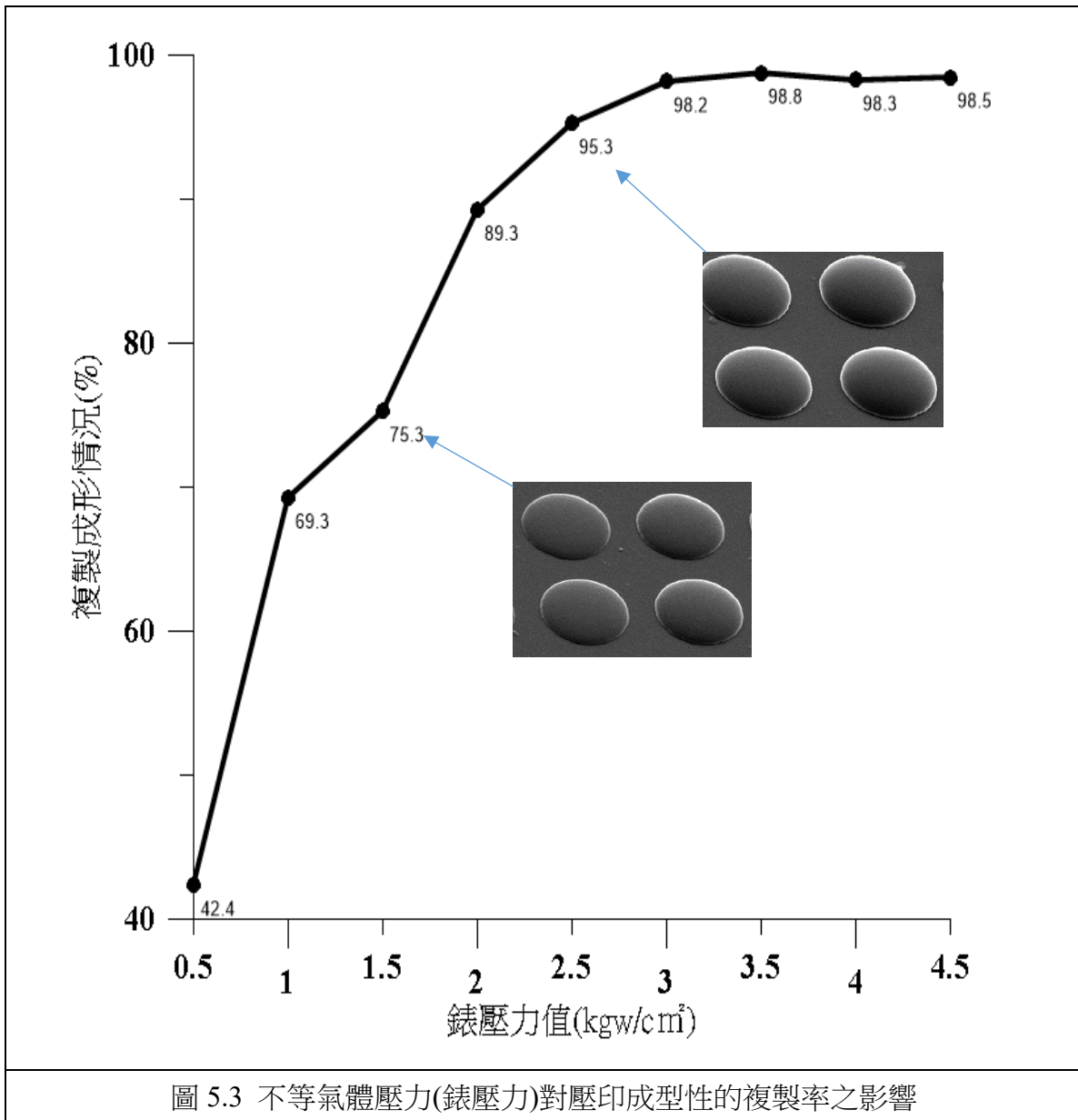
實驗同時進一步經由調控不等壓力情況下進行壓印孔洞直徑 150um 的模具之複製實驗，實驗結果顯示，隨著氣體壓力(錶壓力)的提高對壓印成型性的完整複製率將隨之提高，並獲得不同的曲率透鏡的成形表現。



另外，同時在本實驗中約到錶壓力 3(kgf/cm²)所提供的氣體之彈性氣膜球壓印複製下可以達到 98.2%以上之複製率，並隨之在提高彈性氣膜球氣體壓力仍維持在 98.2%~98.8%範圍內，如表 5.3、圖 5.3 所示。

表 5.3 不等氣體壓力(錶壓力)對壓印成形性的複製率情況

錶壓力值(kgf/cm ²)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
複製成形情況(%)	42.4	69.3	75.3	89.3	95.3	98.2	98.8	98.3	98.5



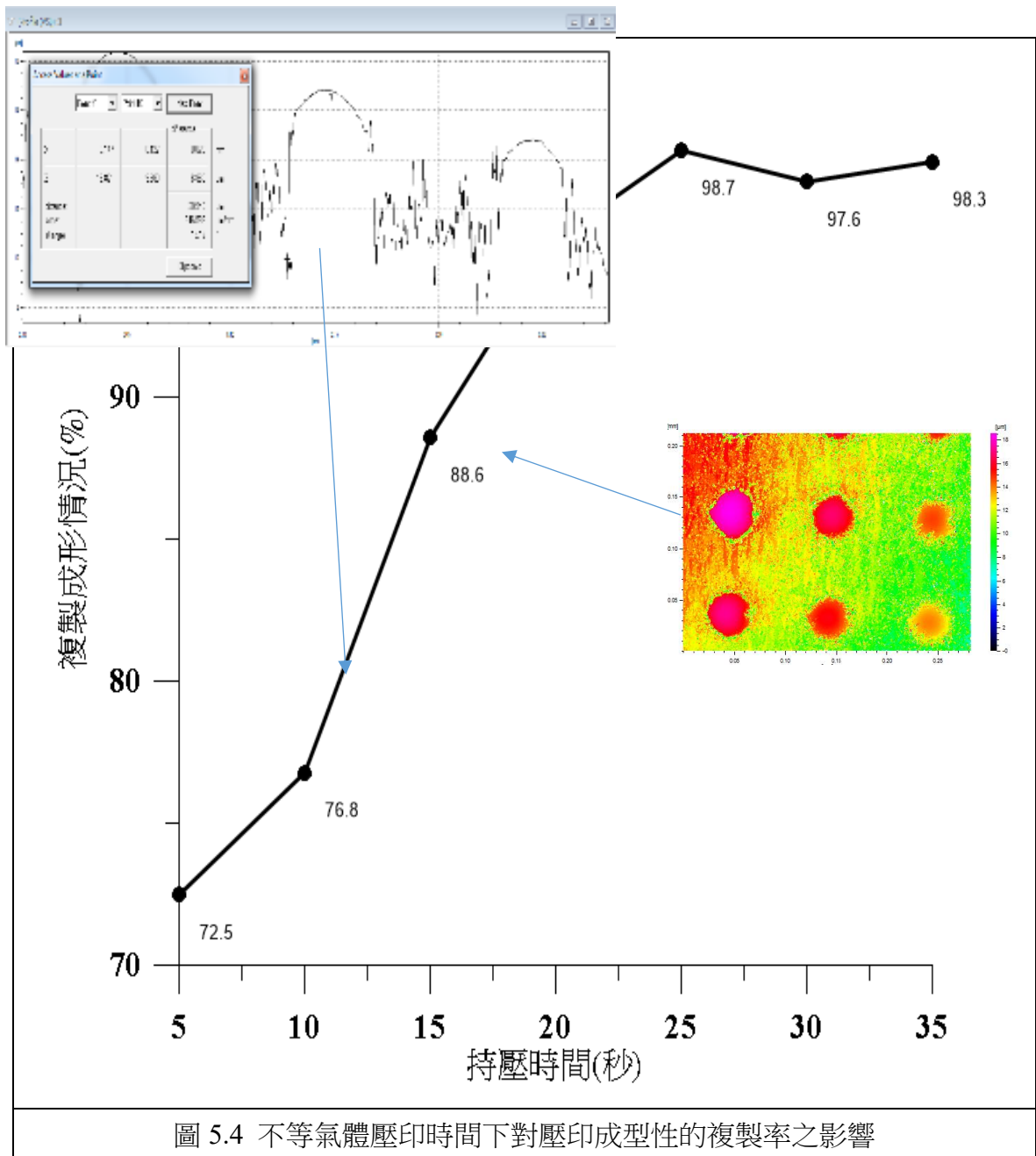
(二) 不等持續壓印時間下對類複眼陣列透鏡成形性之影響

本部分利用設定固定充填氣壓並足以形成 150 微米(um)可形成半圓球透鏡的固定錶壓力下，之充氣彈性氣膜球作為介質，進行施壓於類複眼母模具並開始計時(表 5.4)，比較條件相對應的複製類複眼陣列透鏡的成形表現。

實驗結果顯示，隨著持壓時間愈久，其成形性將隨著提高，同時在本部分實驗條件下，約到 25 秒的穩定成形極限時間，其複製成形已趨於穩定，然隨著時間增加將不會有更明顯或更高的成形效果，在這七組實驗過程中，最好的複製成形情況是 98.7%，如圖 5.4 所示。

表 5.4 不等持續壓印時間下對類複眼陣列透鏡複製成形情況

持壓時間(秒)	5	10	15	20	25	30	35
複製成形情況(%)	72.5	76.8	88.6	95.6	98.7	97.6	98.3



三、不同類複眼陣列透鏡對提高太陽能板發電效率之影響

在三方向重複利用性類複眼母模具實驗中，經由三方向的拉伸後，隨著拉伸長度愈大，會使得重複利用性類複眼母模具，在固定面積下的類複眼陣列數目愈少。經由取用 0、2、4、6、8、10mm 之拉伸測試之情況，進行複製壓印實驗並將其置於太陽能板上方，以 150W 鹵素燈管在相同高度下，進行照光發電效率測試，實驗結果顯示，其發電效率

分別提升的數值為之遞減，如表 5.5 所示。

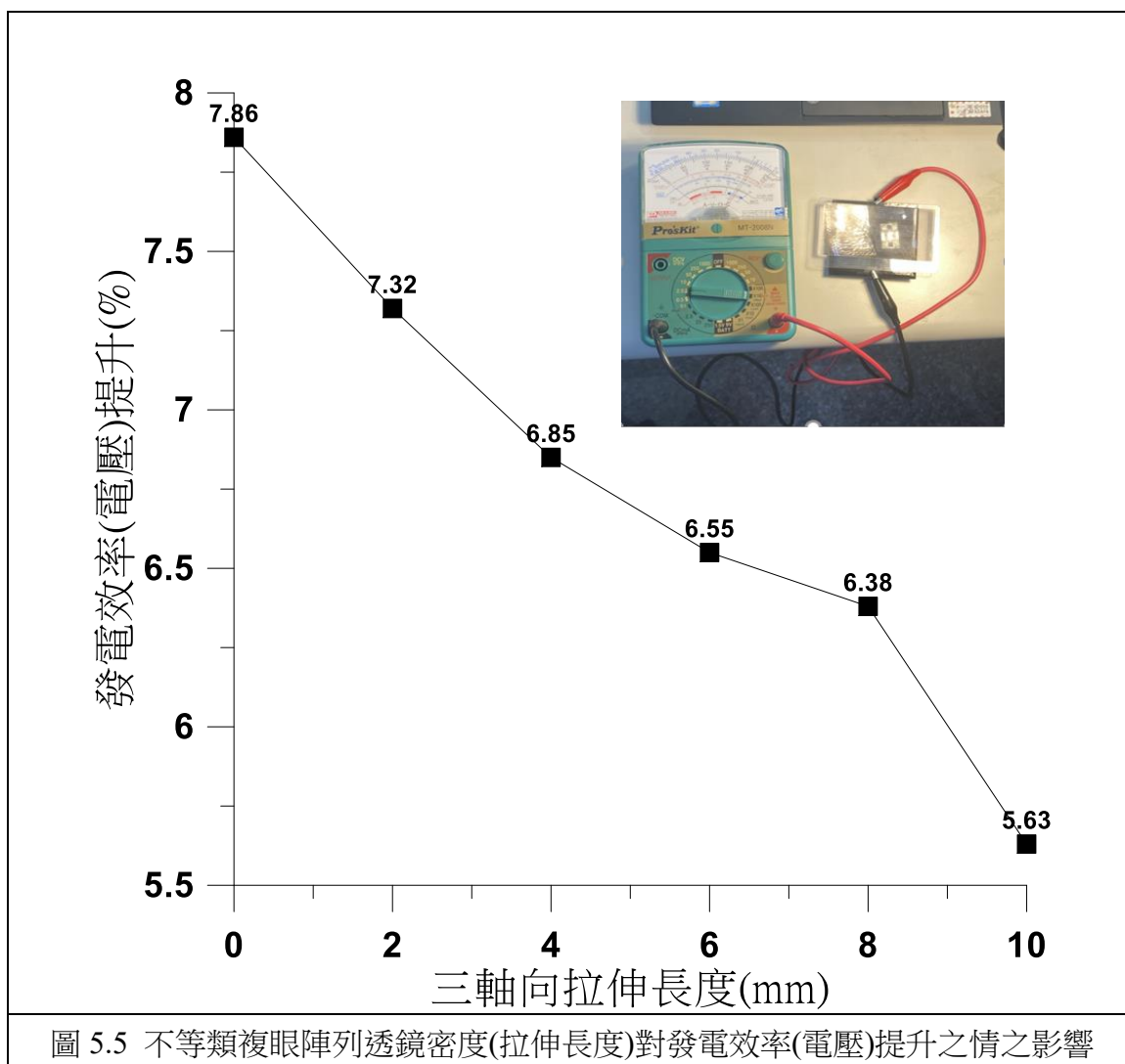
計算方式：

$$\text{電壓提升(\%)} = \frac{(\text{有類複眼陣列透鏡薄膜太陽能板輸出電壓} - \text{太陽能板輸出電壓})}{\text{太陽能板輸出電壓}}$$

經由實驗可以得知在固定照光範圍與固定類複眼陣列透鏡薄膜高度下，則密度愈高、類複眼陣列透鏡結構愈小，發電效率(電壓)提升愈高，反之陣列密度愈低、類複眼陣列透鏡結構愈大，其發電效率(電壓)提升較小，如圖 5.5 所示。

表 5.5 不等類複眼陣列透鏡密度(拉伸長度)對發電效率(電壓)提升之情況

三方向拉伸長度(mm)	0	2	4	6	8	10
發電效率(電壓)提升(%)	7.86	7.32	6.85	6.55	6.38	5.63



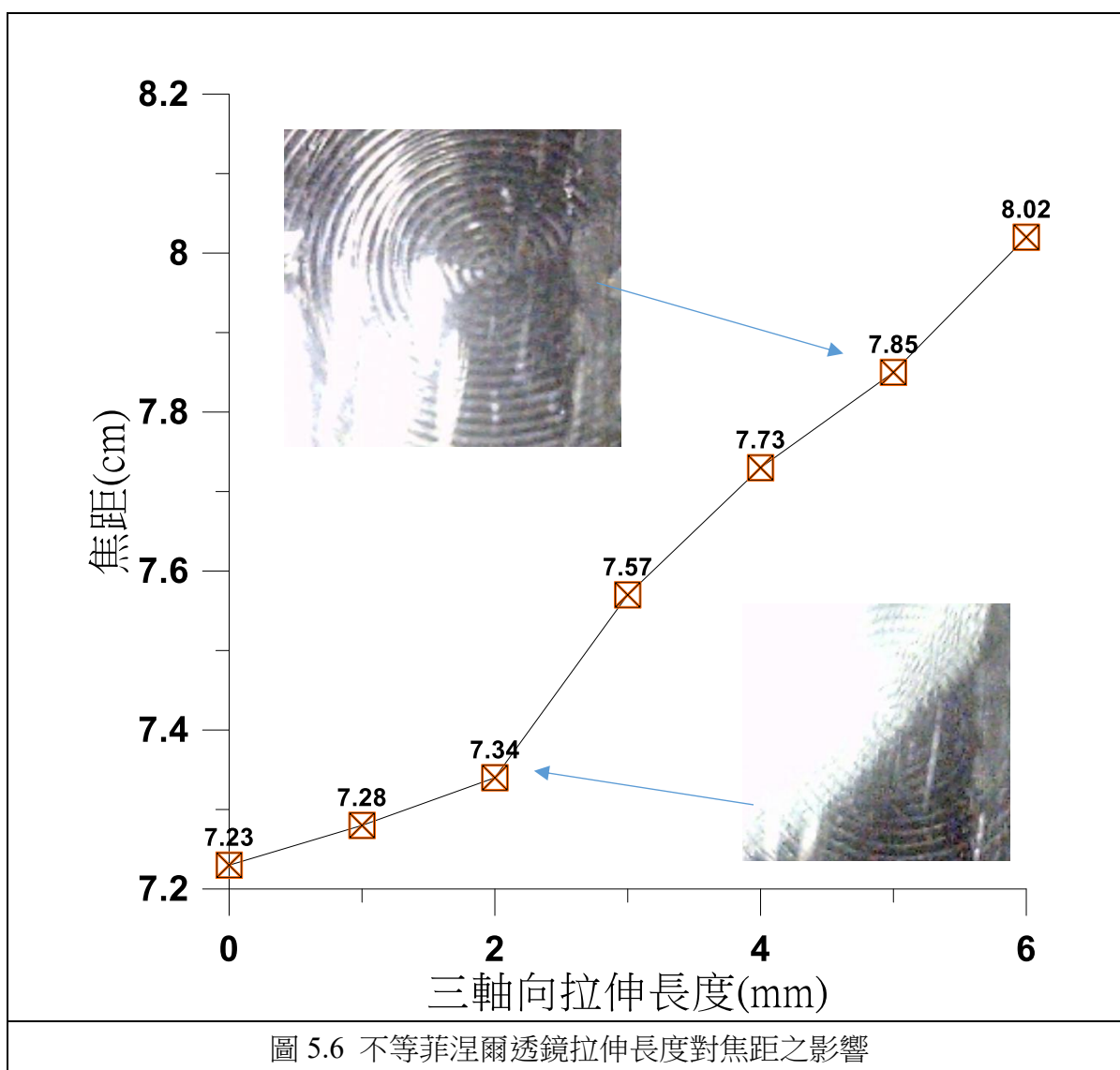
四、可調控之菲涅爾透鏡聚焦方式與可能對提高太陽能板發電效率之初步影響探討

本部分實驗經由自行開發的三方向重複利用性母模具實驗中，經由將中間模具澆鑄複製成為菲涅爾透鏡作為初步探討。經由取用不等之拉伸測試之情況，可以發現隨著拉伸長度增加，菲涅爾透鏡的結構亦隨加大，並進行調整適當高度，找出不等拉伸長度之菲涅爾透鏡焦距。

經實驗結果顯示，隨著拉伸距離增加，焦距高度亦隨之提高，此部分說明了研究研製的系統設備，經由拉伸調控菲涅爾透鏡模具方式，能快速獲得隨著拉伸距離改變的菲涅爾透鏡焦距，提供未來進一步獲得以菲涅爾透鏡來提高太陽能板發電效率之可行性，如表 5.6、圖 5.6 所示。

圖 5.6 不等菲涅爾透鏡拉伸長度對焦距之影響

三方向拉伸長度(mm)	0	1	2	3	4	5	6
焦距(cm)	7.23	7.28	7.34	7.57	7.73	7.85	8.02



陸、 結論

本團隊首先自行研製一可經由氣體輔助均勻複印出複眼陣列結構之系統，同時製作一可以調控互補結構陣列週期之具重複利用性複眼母模具，經由一系列的實驗後，歸納出以下結論：

- 1、經由探討不等拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡互補結構之影響上發現，拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡都有近似線性的表現。
- 2、複製類複眼陣列透鏡成形性實驗中，當氣體充填彈性氣膜球的錶壓力值愈高，將對類複眼母模具有更大的力量表現。在隨著氣體壓力(錶壓力)的提高對壓印成型性的完整複製率將隨之提高，並獲得不同的曲率透鏡的成形表現，本實驗中約到錶壓力 $3(\text{kgf/cm}^2)$ 所提供的氣體之彈性氣膜球壓印複製下可以達到 98.2% 以上之複製率。
- 3、本部分實驗條件下，約到 25 秒的穩定成形極限時間，其複製成形已趨於穩定，然隨著時間增加將不會有更明顯或更高的成形效果。
- 4、在固定照光範圍與固定類複眼陣列透鏡薄膜高度下，密度愈高、類複眼陣列透鏡結構愈小，發電效率(電壓)提升愈高，反之陣列密度愈低、類複眼陣列透鏡結構愈大，其發電效率(電壓)提升較小，發電效率(電壓)提升 7.86%。
- 5、在三方向重複利用性母模具實驗中，可調控之菲涅爾透鏡聚焦方式，提供未來進一步獲得以菲涅爾透鏡來提高太陽能板發電效率之可行性。

柒、 參考文獻資料及其他

1. 翁長志. (2020). 吳明益《複眼人》中的科幻書寫與生態議題. 台灣文學與跨國文化研究所, 1-43.
2. 蔡任圃. (2001). 單眼與複眼在蟑螂運動行為上的調控功能. 臺灣師範大學生物學系學位論文, 1-148.
3. 丑宛茹. (2013). 向自然學習的仿生設計. 實踐設計學報, (7), 114-127.
4. 林木壹. (2014). 蚊子結構的啟發與仿生應用. 虎尾科技大學生物科技研究所學位論文, 1-71.
5. 國中自然課程。
6. 國中生活科科技課程。

【評語】 032806

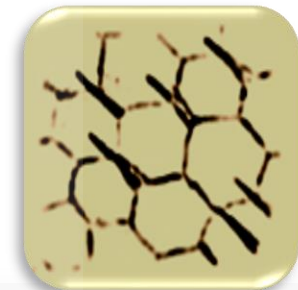
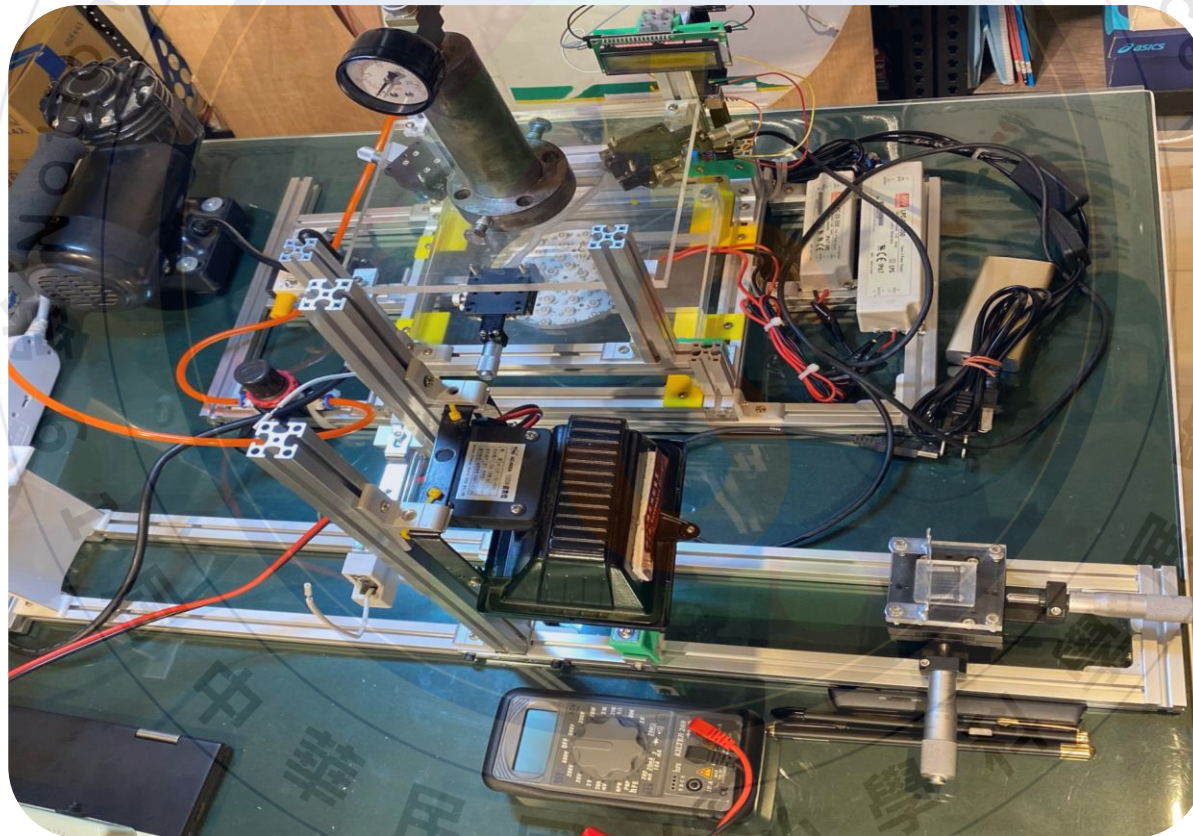
1. 利用生物複眼觀念來提高太陽能板發電有顯著改善發電效益想法有創意。
2. 利用具透鏡效果的伸展性膜，研究其對太陽能電池的效率的影響為其要點，但作品對於透鏡膜的製作技術也著墨許多，研究主題較不能聚焦。
3. 未探討聚焦之光強度提升比例對光電池之轉換效率的影響，效能應以輸出功率而非以電壓表示。
4. 類蛾眼陣列有哪些特性?為何採蛾眼?而非蜻蜓複眼?考量的仿生特性在於?在報告中都有提升的空間。

作品簡報

作品名稱：仿生科技應用於提高太陽能板發電效率之研究

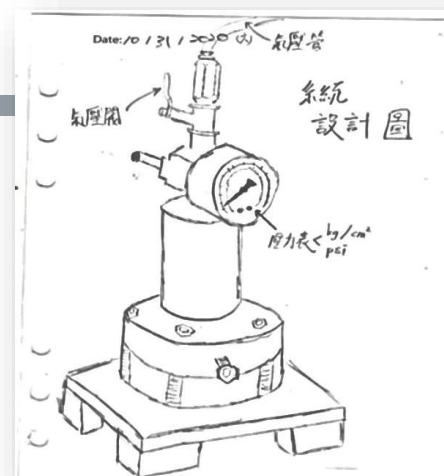
科別：生活與應用科學一

編號：032806



壹、摘要

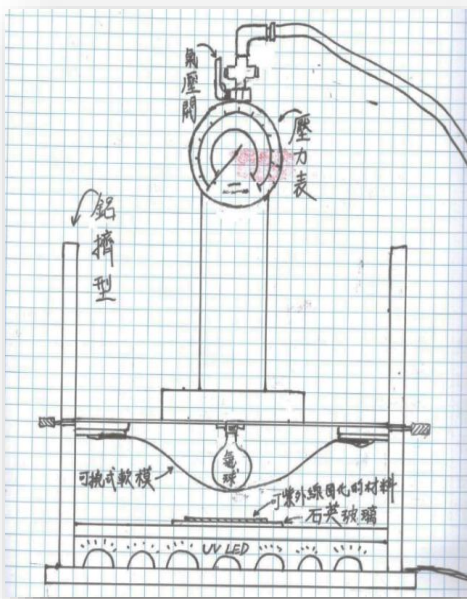
本作品利用自行發展的氣體輔助均勻複印出複眼陣列結構之系統以及研製一可以調控互補結構陣列週期之具重複利用性複眼母模具作為實驗設備，進行系列實驗探討關於類複眼結構裝在太陽能板面上是否有機會可以增加太陽能板的發電效率之相關研究。



初始設計概念圖

貳、研究目的

- 一、研製一可經由氣體輔助均勻複印出複眼陣列結構之系統
- 二、研製一可以調控互補結構陣列週期之具重複利用性複眼母模具
- 三、探討不同拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡互補結構之影響
- 四、探討不同實驗參數複製類複眼陣列透鏡成形性之影響
 - (1) 不同氣體壓力充填下對類複眼陣列透鏡成形性之影響
 - (2) 不同持續壓印時間下對類複眼陣列透鏡成形性之影響
- 五、探討不同類複眼陣列透鏡對提高太陽能板發電效率之影響
- 六、可調控之斐涅爾透鏡聚焦方式與可能對提高太陽能板發電效率之初步影響探討

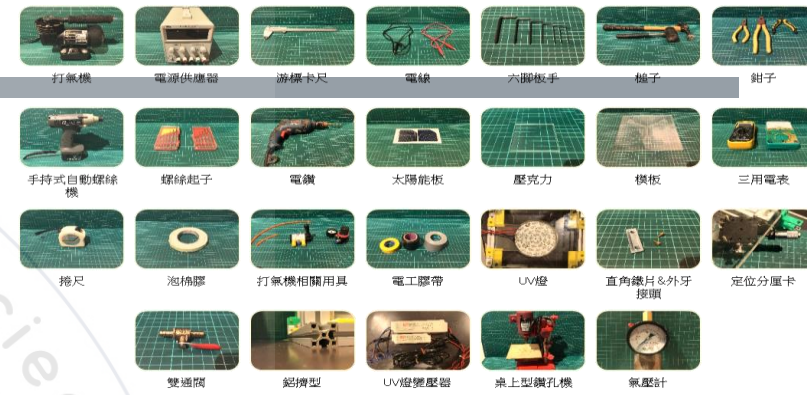


複製系統與彈性氣膜球設計概念圖

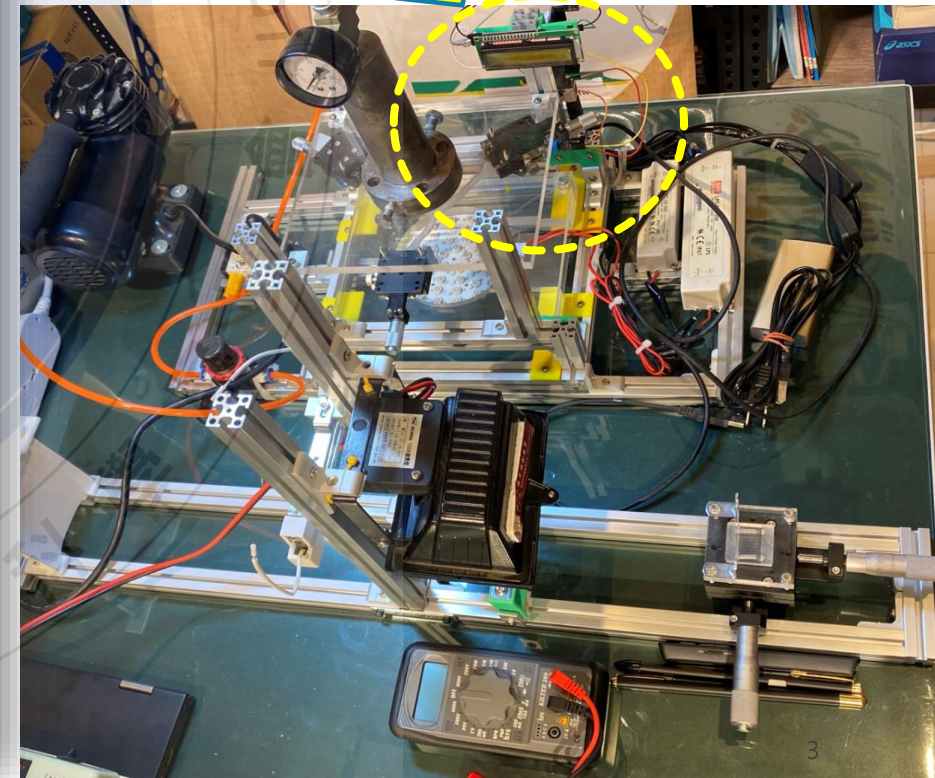
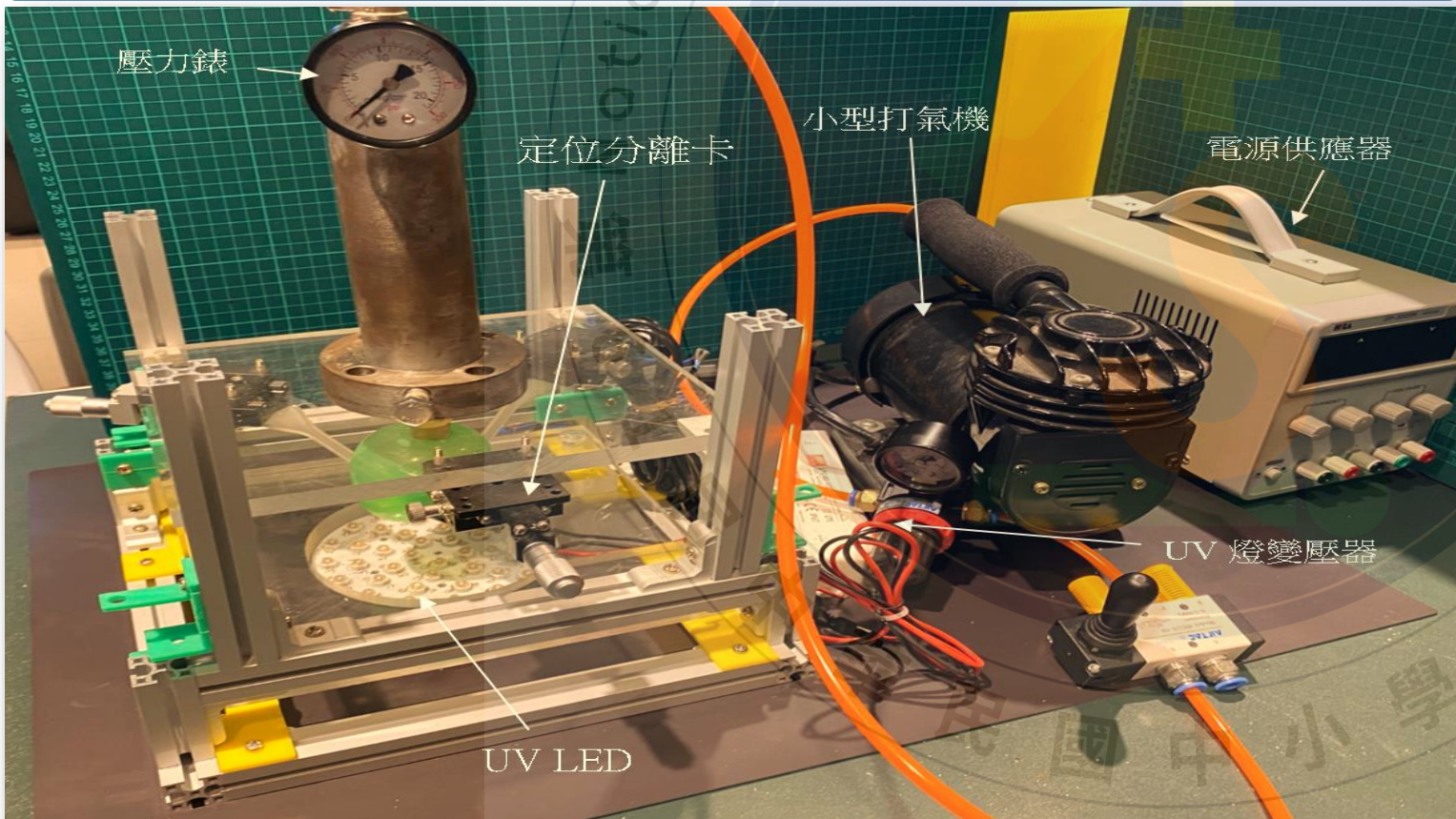
參、研究設備及器材

本研究自行開發的系統設備設計圖，包括：壓力錶氣壓閥部分、紫外光部分、氣體供氣部分、壓印平台與彈性氣膜球部分、重複利用性複眼母模具與定位分厘卡部分，共五個重要部分組成本實驗系統。

架設工具



實驗環境監控：Arduino 溫、溼度感測系統



3-1、互補結構陣列週期之具重複利用性類複眼母模

不鏽鋼經由雷射加工孔徑約為 $50\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ 模仿蠅眼互補性結構之陣列孔洞(凹形)，以聚碳酸酯材料作為底材，經由小型熱壓機熱壓出類蠅眼陣列結構的模具(凸形)。

熱壓機的操作流程依序為：擺置試片(雷射加工孔洞)→擺PC材料→設定溫度、達到預定壓力→計時→啟動水冷降至室溫即可拿取。

3-2、重複利用性類複眼母模具調控方式

本實驗利用部分有彈性的可撓性聚二甲基矽氧烷最為模具材料，主要是其具有可撓性的特性，在實驗或實際應用上可以重複的使用，並且可以經由研究自行開發的設備系統上的分厘卡作為調控方式，可以任意變化拉伸位置而改變中央區段的互補性類蠅眼陣列結構之週期排列情況，藉以多次不等調控實驗，取得在實驗設計範圍內的**最佳類蠅眼陣列結構之選用參考**，以提升太陽能板的發電效率。

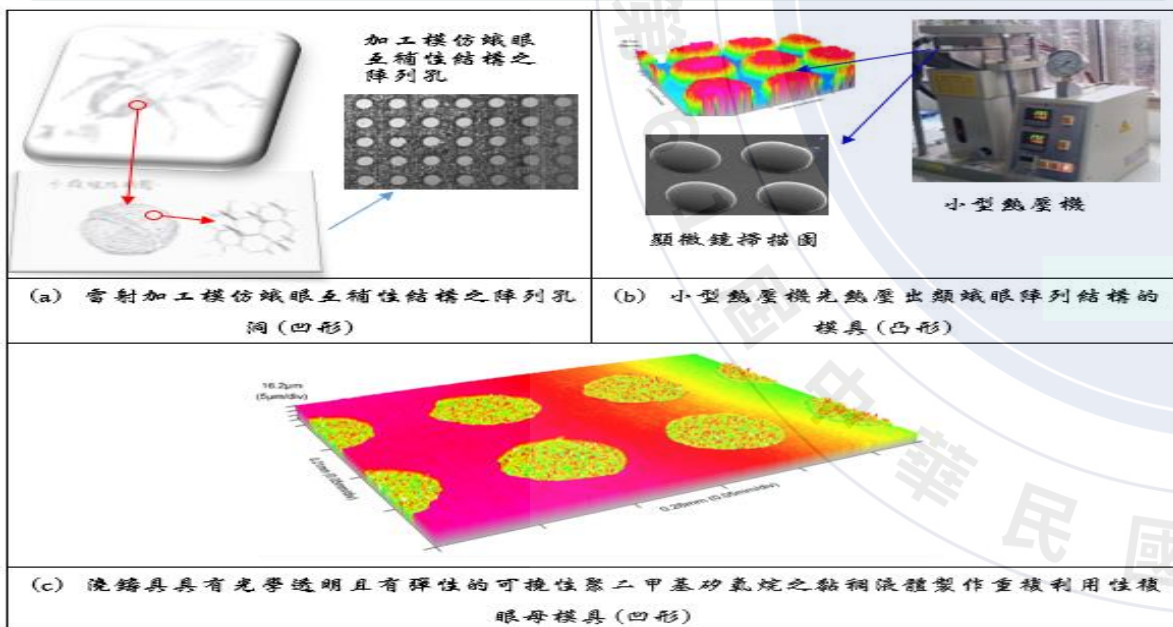
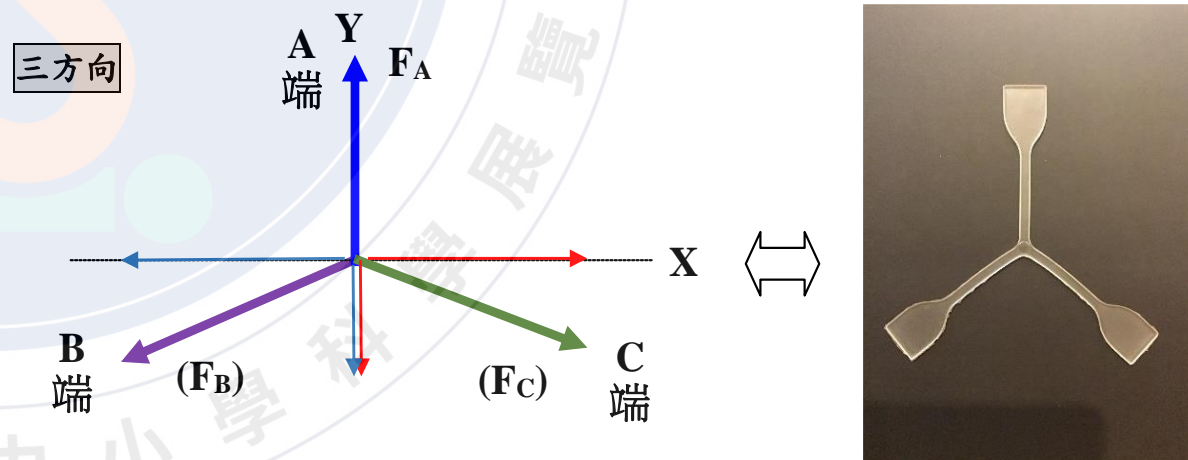


圖 3.4 互補結構陣列週期之具重複利用性複眼母模具



肆、研究過程或方法

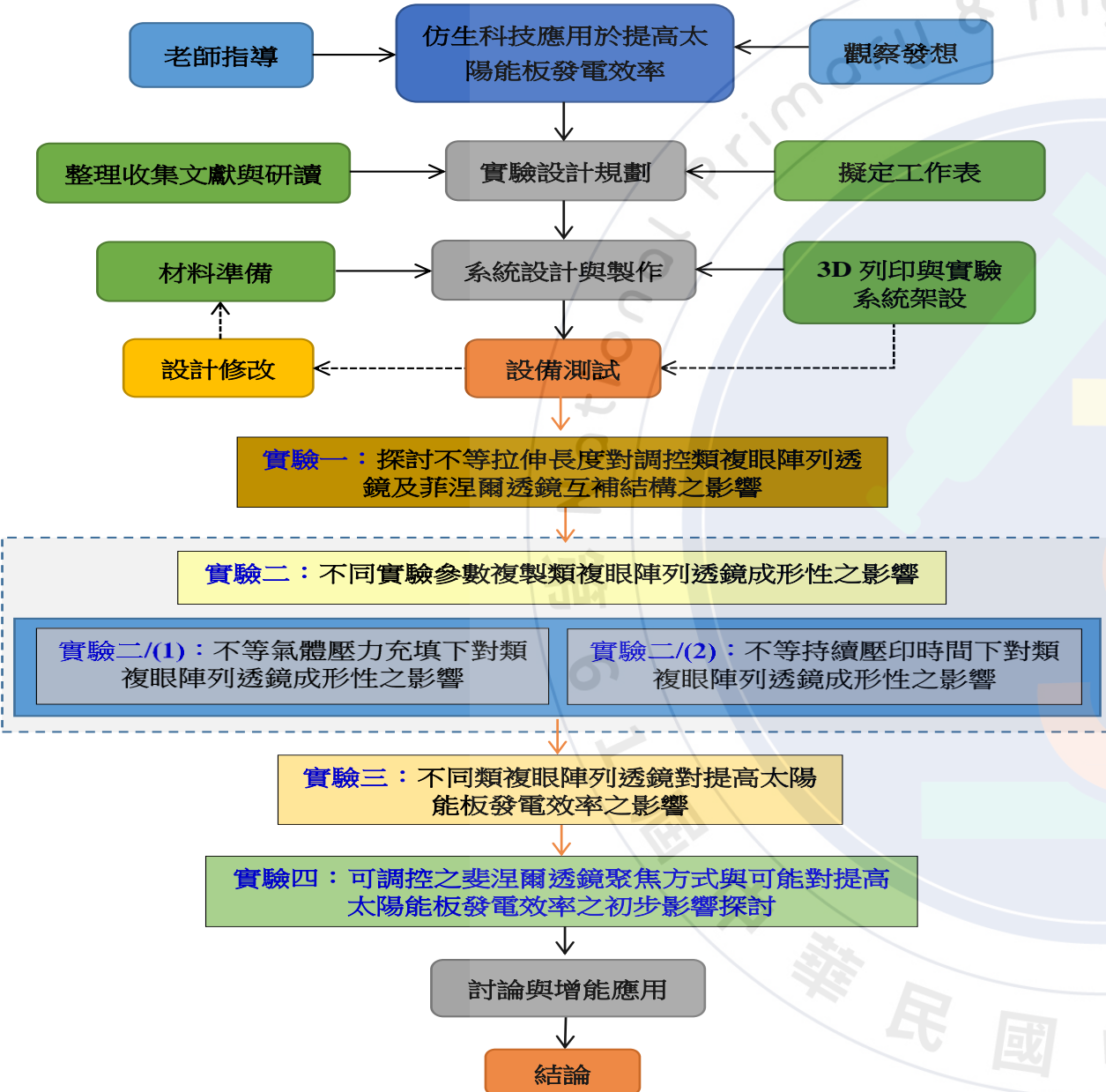


圖 4.1 實驗流程圖

二、實驗系統操作步驟：

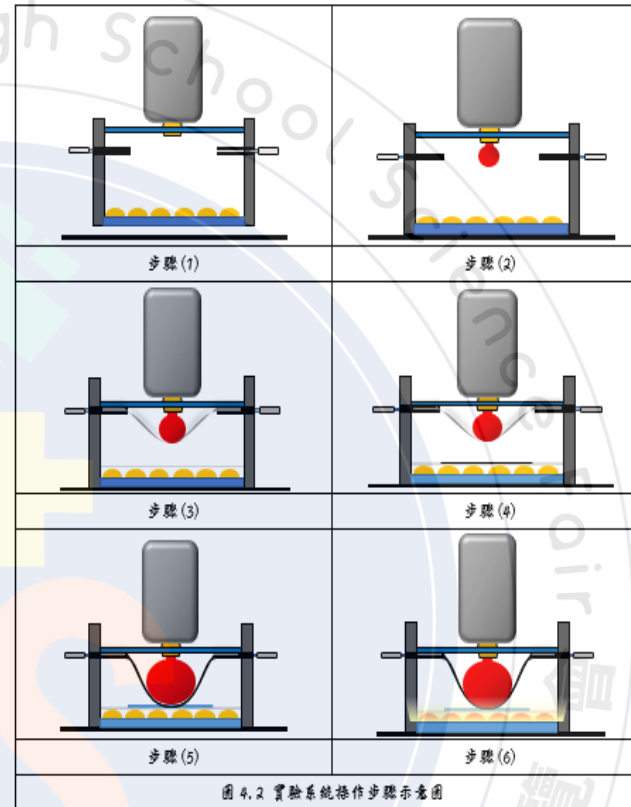


圖 4.2 實驗系統操作步驟示意圖

三、實驗部分觀察使用的方法

本實驗利用多種實驗觀察方式，其中以經常利用到Dino-Lite的數位顯微鏡觀察。

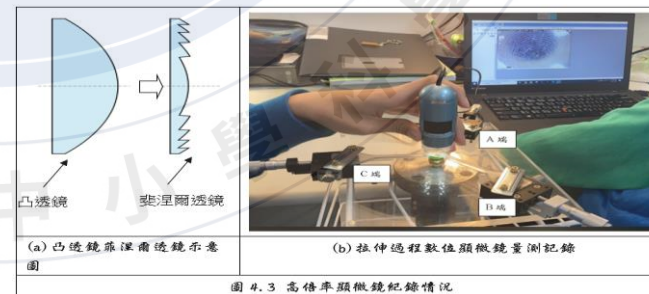
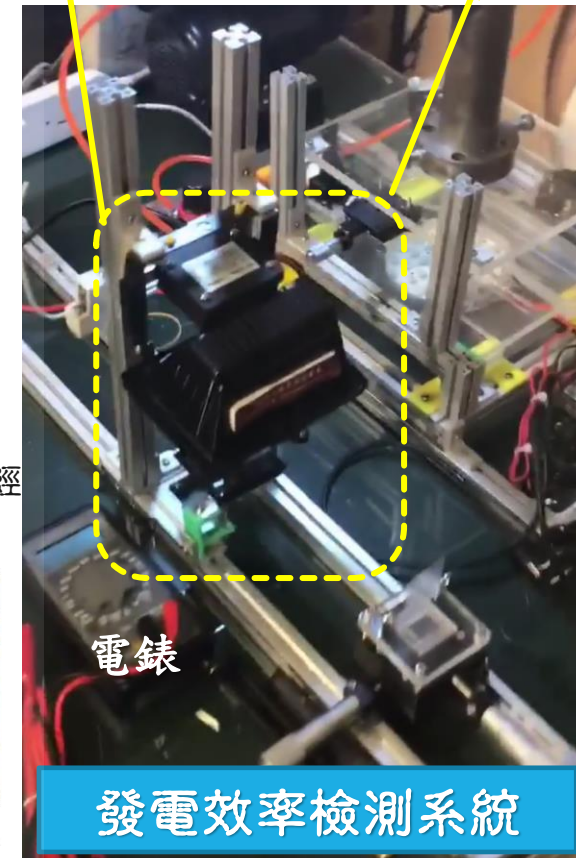
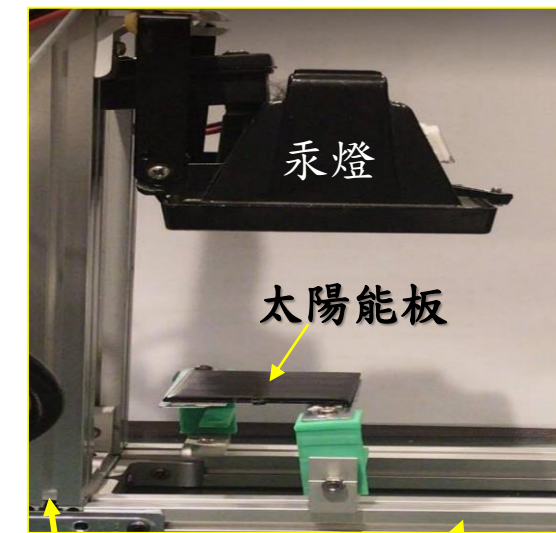


圖 4.3 高倍率顯微鏡紀錄情況



伍、研究結果與討論

一、不同拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡互補結構之影響

本部分利用分厘卡對三軸向模具進行拉伸調控與紀錄。

實驗顯示，隨三方向拉伸過程中，可以使得母模具互補凹型複眼孔洞直徑及週期隨之增加，並可以形成多種不等孔洞間距以及孔洞大小的陣列式互補凹型複眼孔洞，如表5.1、圖5.1所示。經由曲線圖可以發現，拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡都有近似線性的表現，並獲得以下線性公式。

(1).類複眼陣列透鏡似線性公式

$$Y = 3.87 * X + 154.55$$

其中，Y：表示類複眼陣列透鏡微結構直徑(μm)

；X：表示拉伸長度(mm)

(2).菲涅爾透鏡近似線性公式

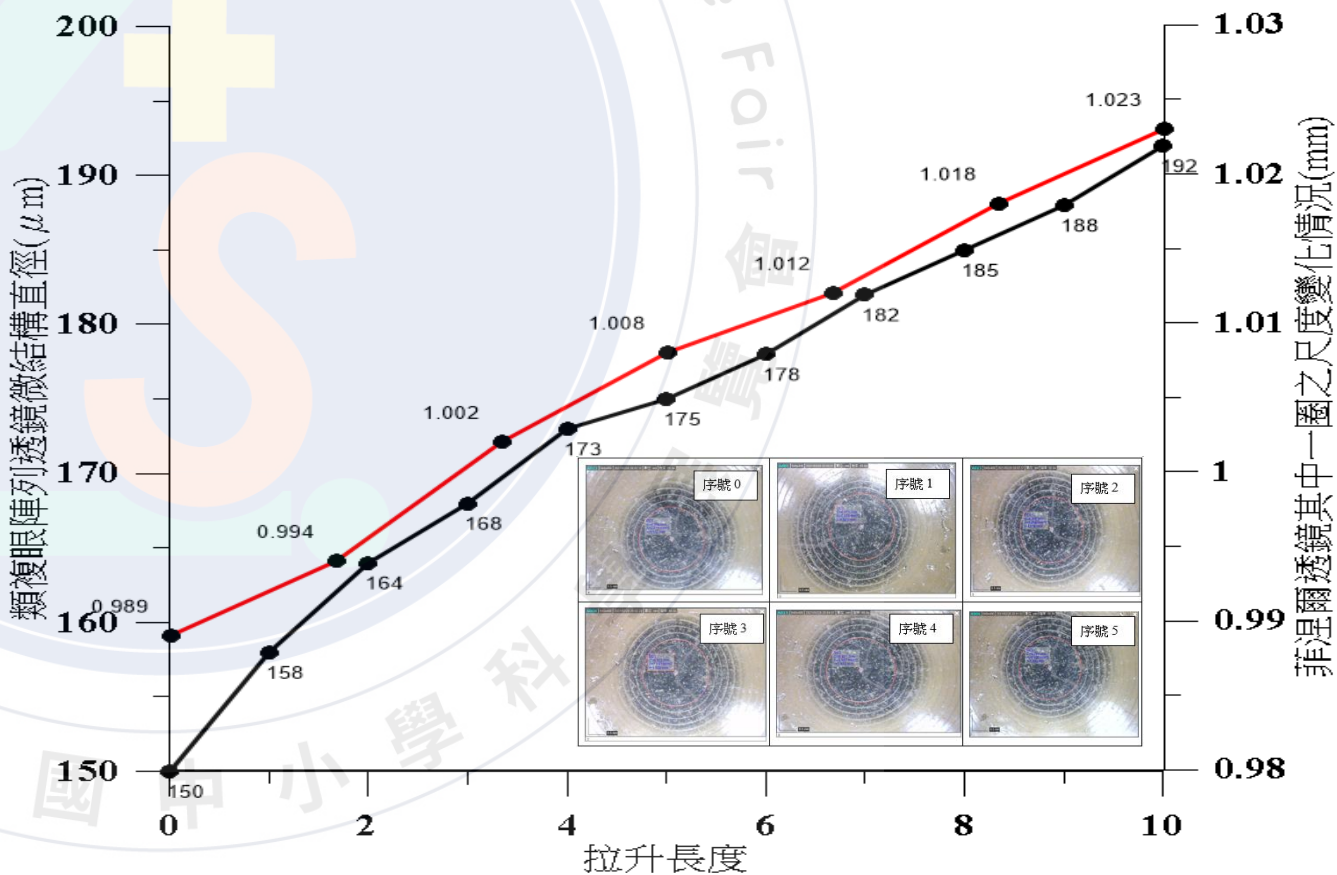
$$Y = 0.006 * X + 0.99$$

其中，Y：表示菲涅爾透鏡其中一圈之尺度變化情況(mm)

；X：表示拉伸長度(mm)

表 5.1 不等拉伸長度對微結構直徑與週期之影響

序	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
號 調控	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A 端 (mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B 端 (mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C 端 (mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
序	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
號 結構	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
類複眼陣列透鏡微結構直徑(μm)	150	158	164	168	173	175	178	182	185	188	192
菲涅爾透鏡其中一圈之尺度變化情況(mm)	0.989	0.994	1.002	1.008	1.012	1.018	1.023	N	N	N	N



伍、研究結果與討論(續)

二、不同實驗參數複製類複眼陣列透鏡成形性之影響

(1)不同氣體壓力充填下對類複眼陣列透鏡成形性之影響

本部分經由調控不等壓力情況下，探討對類複眼陣列透鏡成形性之情況。

實驗結果顯示，隨著充填氣膜球錶壓力值愈高，將對模具有更大的力量表現，並使得氣膜球直徑將隨之成近似線性增大之趨勢，並經由分析獲得以近似線性公式。

表 5.2 氣體充氣錶壓力值與彈性氣膜球直徑之實驗

錶壓力值 (kg/cm ²)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
填彈性氣膜球直徑 (cm)	6.68	7.106	7.29	7.436	7.574	7.987	8.018	8.19	8.499

0.5kg/cm ² 6.68cm	1kg/cm ² 7.106cm	1.5kg/cm ² 7.29cm
2.5 kg/cm ² 7.574cm	3.0kg/cm ²	3.5kg/cm ² 8.018cm

其中，Y代表填彈性氣膜球直徑 (cm)，X代表充氣氣壓錶壓力值(kg/cm²) 可以經由此公式，快速調控實驗過程中所需之彈性氣膜球直徑和充氣氣體壓力值。

$$Y=0.42X$$

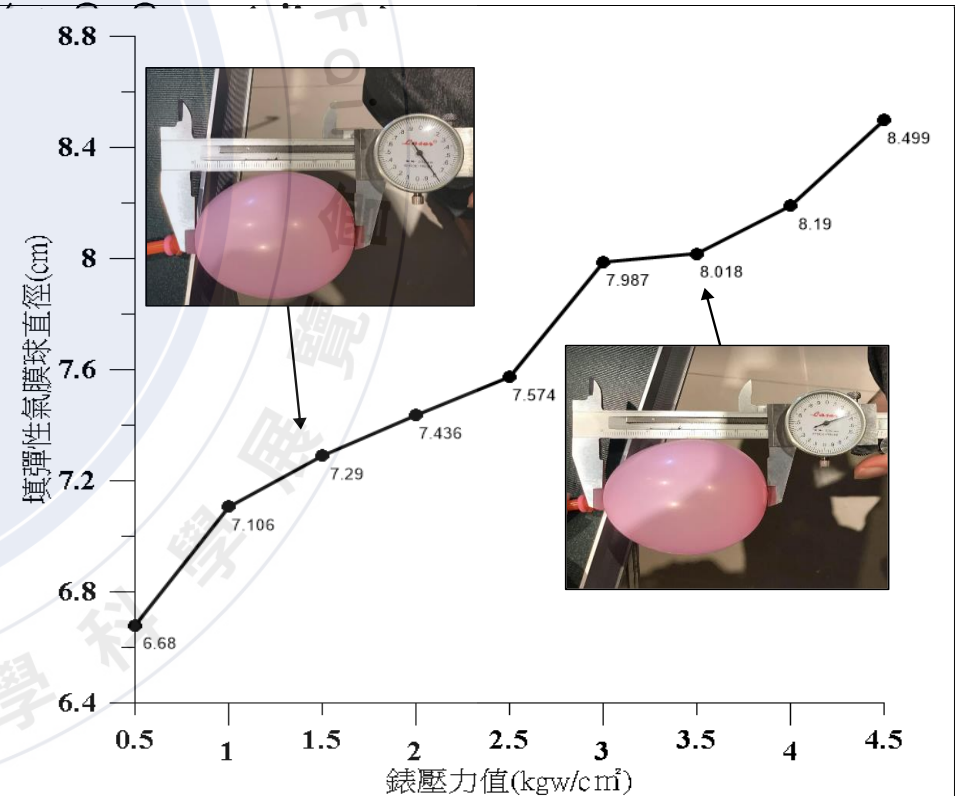


圖 5.2 氣體充氣錶壓力值對彈性氣膜球直徑之影響

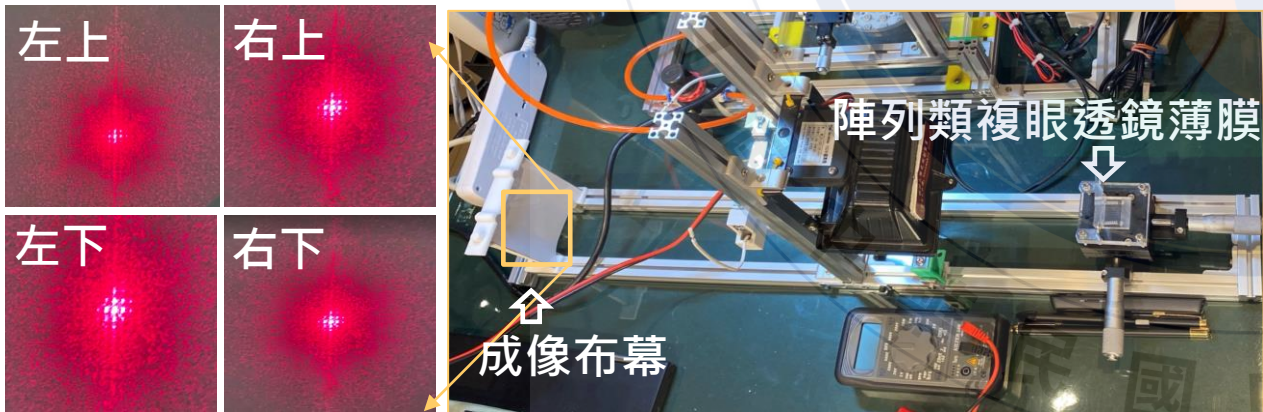
伍、研究結果與討論

二、不同實驗參數複製類複眼陣列透鏡成形性之影響

(2)不同氣體錶壓力充填下對類複眼陣列透鏡成形性之影響

當固定氣壓(1.5kgw/cm²)施於150微米(μm)結構之實驗條件下。

實驗結果顯示，隨著持壓時間愈久，其成形性將隨之提高，同時約25秒時即有穩定之成形表現，並且隨著時間再增加將不會有更明顯或更高的成形效果(超過25秒後)，本部份七組實驗過程中，最好的複製成形情況是98.7%，如圖5.3所示。



各個位置以光學檢測成形均勻性

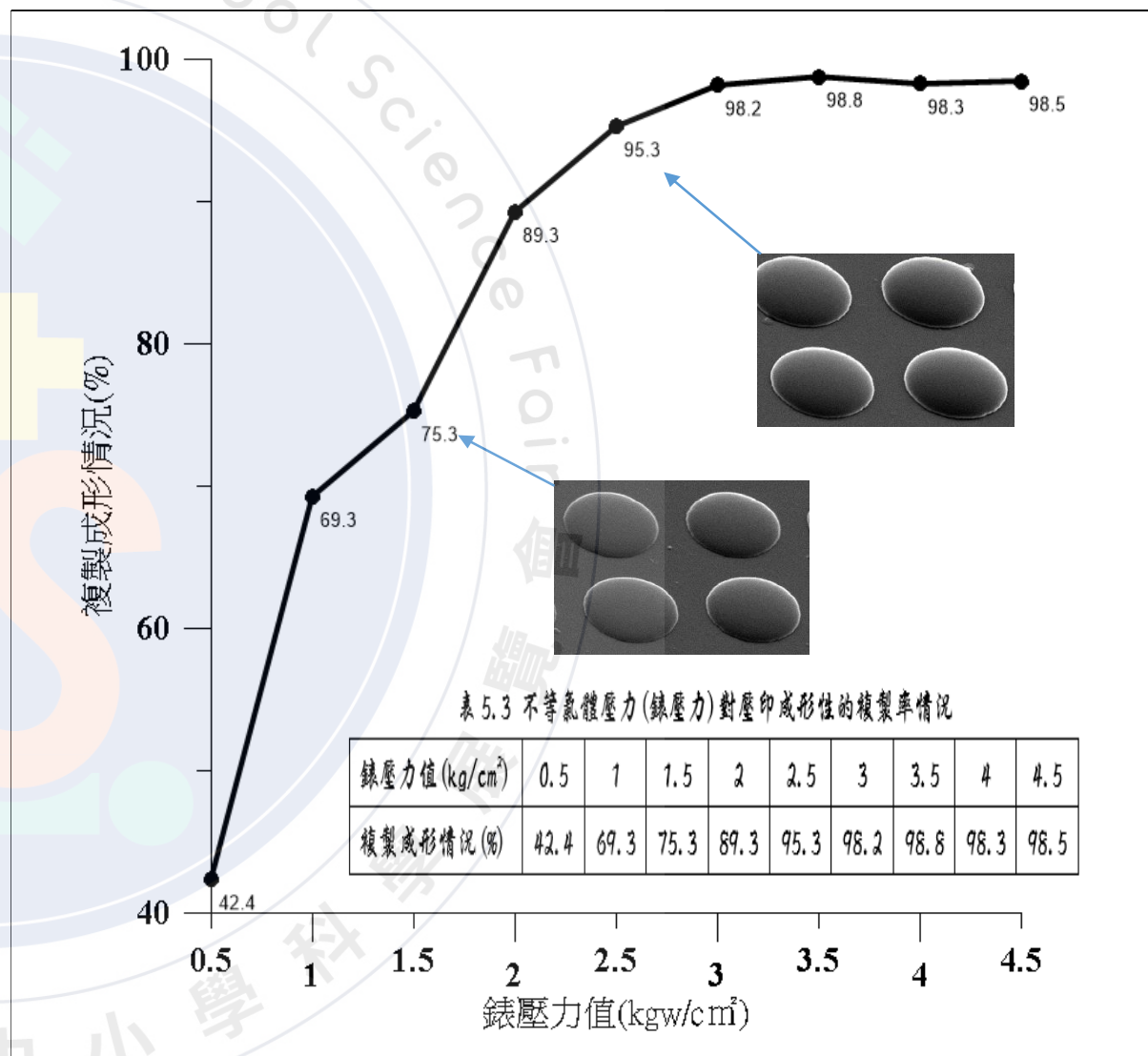


圖 5.3 不等氣體壓力(錶壓力)對壓印成型性的複製率之影響

伍、研究結果與討論

二、不同實驗參數複製類複眼陣列透鏡成形性之影響

(3)不同氣體持壓時間對類複眼陣列透鏡成形性之影響

經調控不等壓力下於直徑 $150\mu\text{m}$ 的模具之複製實驗，實驗結果顯示，隨著氣體壓力(錶壓力)的提高對壓印成型性的複製率將隨之提高，並獲得不同的曲率透鏡的成形表現。

本實驗在錶壓力 $3(\text{kgw}/\text{cm}^2)$ 所提供的氣體之彈性氣膜球壓印複製下可以達到98.2%以上之複製率，並隨之在提高彈性氣膜球氣體壓力仍維持在98.2%~98.8%範圍內，如表5.4、圖5.4所示。

表 5.4 不等持續壓印時間下對類複眼陣列透鏡複製成形情況

持壓時間(秒)	5	10	15	20	25	30	35
複製成形情況(%)	72.5	76.8	88.6	95.6	98.7	97.6	98.3

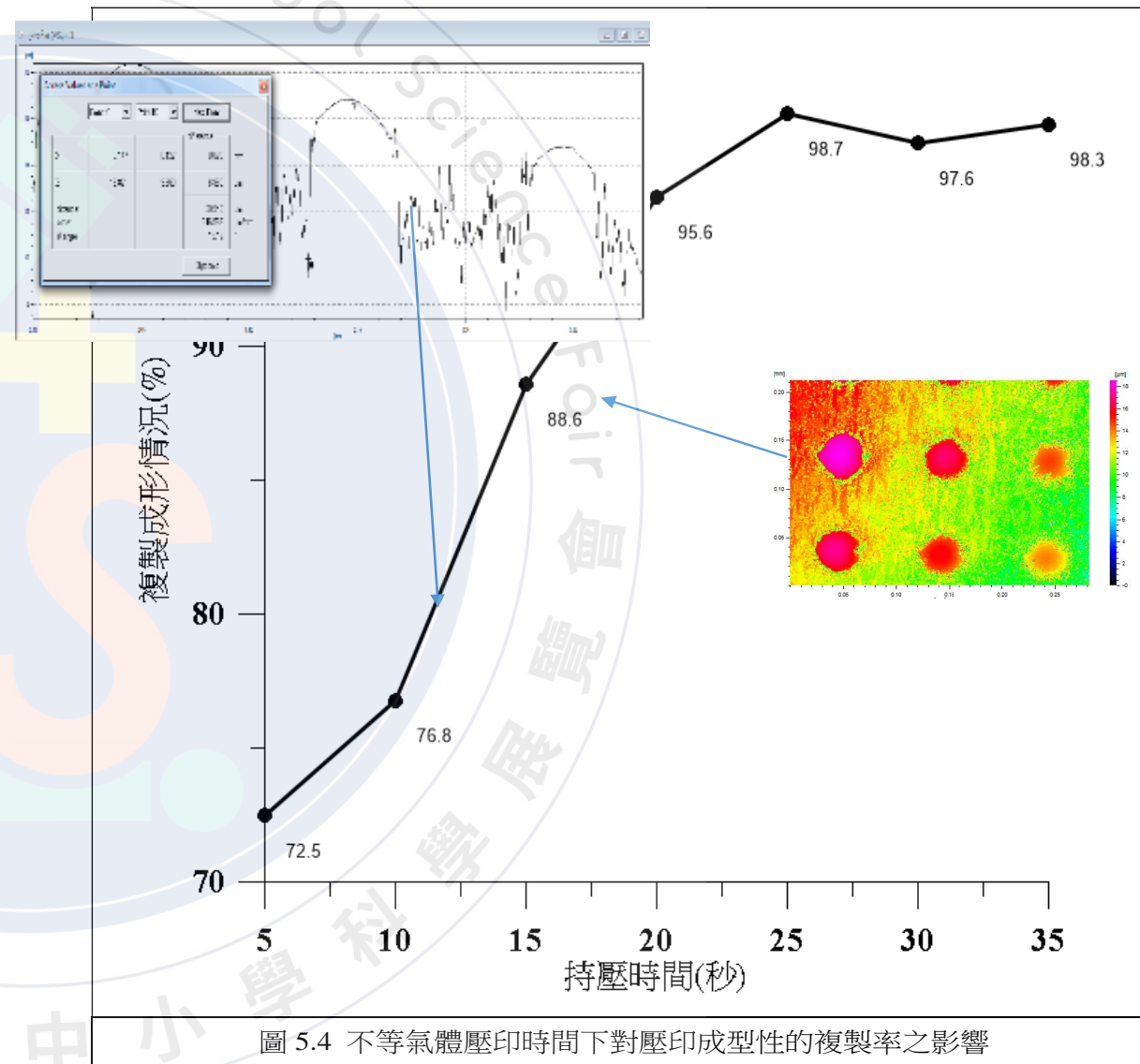


圖 5.4 不等氣體壓印時間下對壓印成型性的複製率之影響

伍、研究結果與討論

三、不同類複眼陣列透鏡對提高太陽能板發電效率之影響

經三方向類複眼母模具拉伸測試，隨拉伸距離增加將使得固定面積下類複眼陣列數目愈少，經由取用0、2、4、6、8、10mm之拉伸測試之情況，進行複製壓印實驗，並置於太陽能板上方，以150W鹵素燈管在固定高度下，進行照光發電效率測試，實驗結果顯示，其發電效率分別提升的數值為之遞減，如表5.5所示。計算方式：

$$\text{電壓提升(\%)} = \frac{\text{(有類複眼陣列透鏡薄膜太陽能板輸出電壓 - 太陽能板輸出電壓)}}{\text{太陽能板輸出電壓}}$$

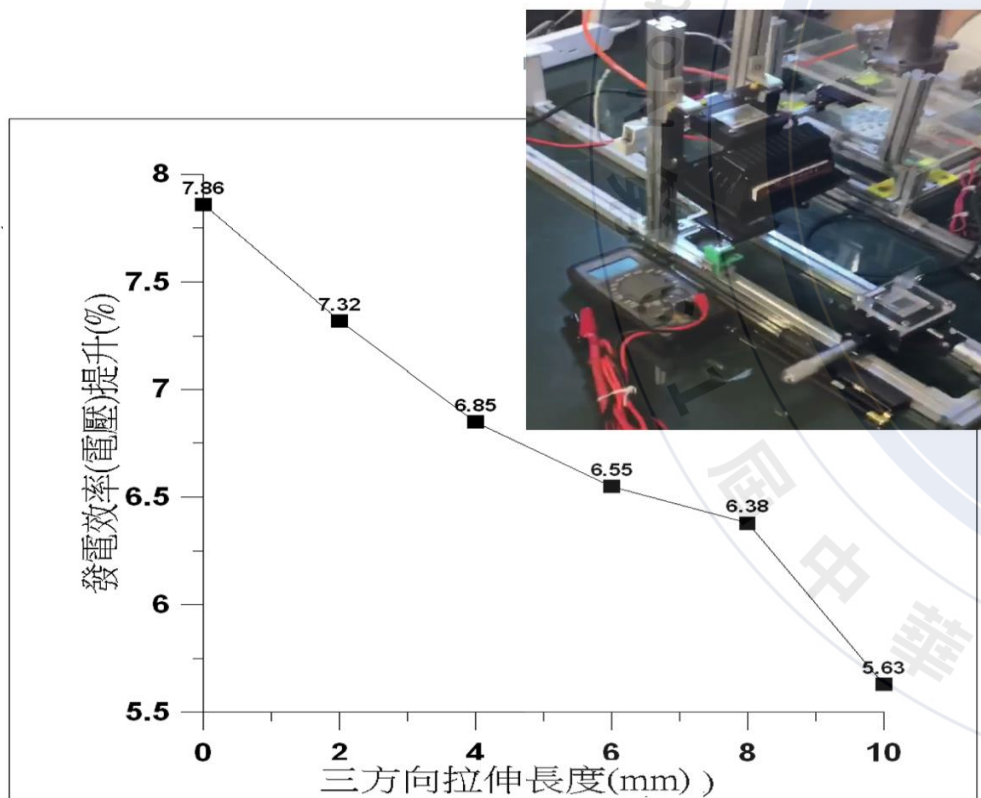
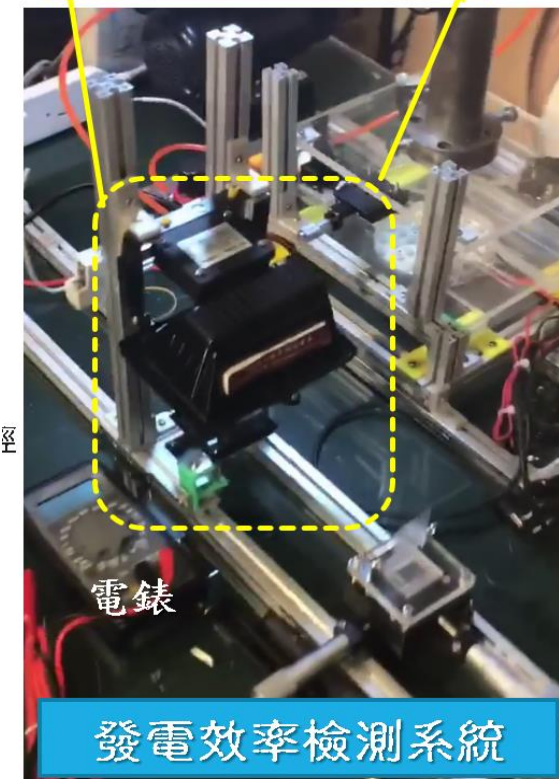
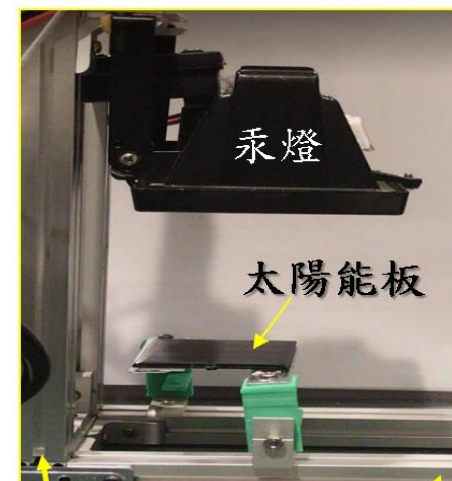


圖 5.5 不等類複眼陣列透鏡密度(拉伸長度)對發電效率(電壓)提升之情之影響

表 5.5 不等類複眼陣列透鏡密度(拉伸長度)對發電效率(電壓)提升之情況

三軸向拉伸長度(mm)	0	2	4	6	8	10
發電效率(電壓)提升(%)	7.86	7.32	6.85	6.55	6.38	5.63

實驗顯示，在固定照光範圍與固定類複眼陣列透鏡薄膜高度下，則密度愈高、類複眼陣列透鏡結構愈小，發電效率(電壓)提升愈高，反之陣列密度愈低、類複眼陣列透鏡結構愈大，其發電效率(電壓)提升較小，如圖5.5所示。



伍、研究結果與討論

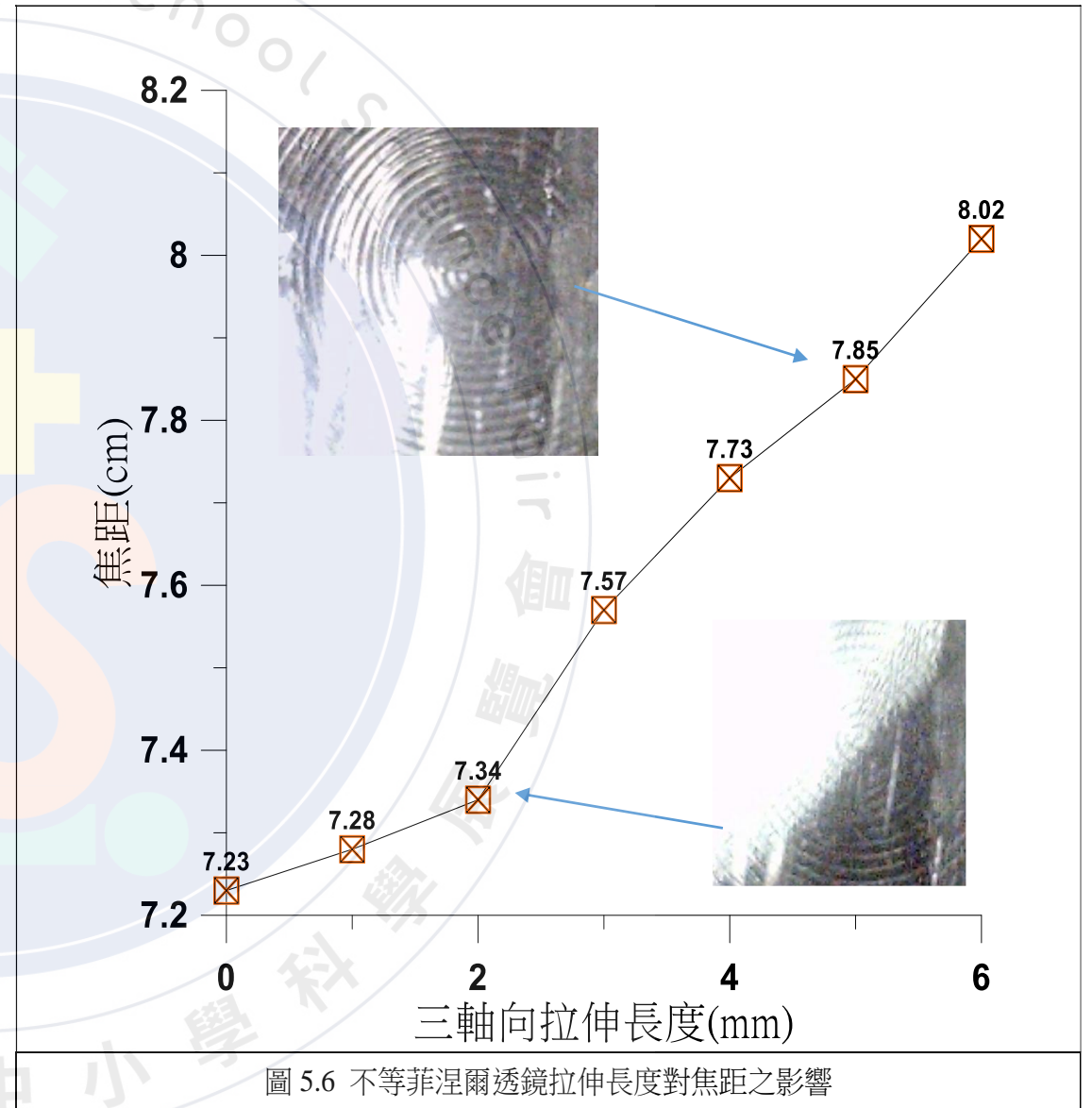
四、可調控之斐涅爾透鏡聚焦方式與可能對提高太陽能板發電效率之初步影響探討

本部分三軸母模具中間模具澆鑄複製成為斐涅爾透鏡結構作為探討，並以不等拉伸情況測試進行實驗。

實驗結果顯示，隨著拉伸距離增加，焦距高度亦隨之提高，此部分說明了研究研製的系統設備，經由拉伸調控斐涅爾透鏡模具方式，能快速獲得隨著拉伸距離改變的斐涅爾透鏡焦距，提供未來進一步獲得以斐涅爾透鏡來提高太陽能板發電效率之可行性，如表5.6、圖5.6所示。

圖 5.6 不等斐涅爾透鏡拉伸長度對焦距之影響

三軸向拉伸長度 (mm)	0	1	2	3	4	5	6
焦距 (cm)	7.23	7.28	7.34	7.57	7.73	7.85	8.02



陸、 結論

本團隊首先自行研製一可經由氣體輔助均勻複印出複眼陣列結構之系統，同時製作一可以調控互補結構陣列週期之具重複利用性複眼母模具，經由系列實驗後，歸納出以下結論：

1. 拉伸長度對調控類複眼陣列透鏡及菲涅爾透鏡都有**近似線性**的表現。
2. 複製類複眼陣列透鏡成形性實驗中，氣體充填彈性氣膜球的**錶壓力值愈高**，將對類複眼母模具有**更大的力量表現**，同時**壓印成型性的完整複製率將隨之提高**，並獲得不同的曲率透鏡的成形表現，在本實驗條件下**錶壓力 $3(\text{kg}/\text{cm}^2)$** 所提供的氣體之彈性氣膜球壓印複製可達**98.2%以上之複製率**。
3. 本研究短時間**25秒**內達到完整成形，隨著時間增加將不會有更明顯或更高的成形效果。
4. 本研究固定照光範圍與固定類複眼陣列透鏡薄膜高度下，隨類複眼陣列透鏡**結構愈小、密度愈高**，發電效率(電壓)提升愈高，反之陣列密度愈低、類複眼陣列透鏡結構愈大，其發電效率(電壓)提升較小，發電效率(電壓)提升**7.86%**。
5. 本研究增能發現，在**三方向重複利用性母模具**實驗中，可調控之**斐涅爾透鏡聚焦方式**，提供未來進一步獲得以斐涅爾透鏡來提高太陽能板發電效率之可行性

柒、 參考文獻

- 1) 翁長志.(2020). 吳明益《複眼人》中的科幻書寫與生態議題. 台灣文學與跨國文化研究所, 1-43.
- 2) 蔡任圃.(2001). 單眼與複眼在蟑螂運動行為上的調控功能. 臺灣師範大學生物學系學位論文, 1-148.
- 3) 丑宛茹.(2013). 向自然學習的仿生設計. 實踐設計學報, (7), 114-127.
- 4) 許庭嘉主編.(2020). 玩轉跑跳碰. 國中科技1下, 212-245.