

# 新竹市第四十二屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別： 物理科

組 別： 國中組

作品名稱： 懶人澆水器

關 鍵 詞： 聲波、水滴、澆水器

編 號：

# 目錄

摘要.....	2
壹、前言.....	2
一、研究動機.....	2
二、研究目的.....	3
三、文獻回顧.....	4
(一) 聲波的傳遞.....	4
(二) 聲波的聚焦.....	4
(三) 澆水裝置原理.....	5
(四) 計時器開關.....	5
貳、研究設備及器材.....	6
一、相關設備與器材.....	6
二、水槽模型與陶瓷壓電片.....	7
三、不同深度的水槽模型.....	8
參、研究過程或方法.....	9
一、研究流程.....	9
二、研究過程.....	10
(一) 水槽模型製作.....	10
(二) 供電電壓激發模組.....	11
(三) 激發電壓與水滴高度測試.....	12
(四) 水槽模型角度與彈出水滴距離測試.....	12
(五) 水槽模型平放的測試.....	13
(六) 水槽模型斜放一個角度的測試.....	14
肆、研究結果.....	15
一、激發電壓與水滴高度測試結果.....	15
二、水槽模型角度與彈出水滴距離測試.....	18
三、完成水槽模型的水滴順利滴進盆栽的設計.....	20
伍、討論.....	22
陸、結論.....	23
柒、參考文獻資料.....	23

## 摘要

許多人想栽種植物來點綴家裡環境，但即使是耐旱植物，還是會因為疏於照顧而枯萎，而一般草坪的自動澆水設備太大不適合家庭使用，若只是使用小抽水馬達在固定時間抽水澆花，又有一種水族魚缸馬達的感覺，不特別又沒有什麼新穎，無法顯示栽種盆栽間的科技藝術氣息。所以我想用聲學技術，將水面水滴彈出，設計一個很炫又將科技融合藝術氣息的懶人澆水器，利用產生音波的壓電陶瓷片，加上水槽模型，只要在固定時間自動打開激發聲波的電源，便能將聲波能量聚集在水面，彈出水珠，滴滴水珠都是耐旱植物的甘露。此研究透過壓電陶瓷片，調整電壓大小、水槽模型與不同角度的實驗，觀察水滴產生與拋出的關係，最後完成聲波彈出水滴，水滴彈進盆栽的設計。

關鍵詞：聲波、水滴、澆水器

## 壹、前言

### 一、研究動機

妹妹從學校拿了一個耐旱的盆栽回來，盆栽裡面有兩株植物，想說不用常澆花，應該可以把盆栽照顧得很好，但是過了一段時間之後，當想起要澆花的時候，才發現盆栽裡的兩株植物，已經有一株植物完全枯萎了（如圖一，盆栽的左邊已枯萎消失），於是我想要設計一個可以很炫的自動澆水器，一般草坪的自動澆水設備太大並不適合一般家庭使用，若只是購買一般市售馬達的方式，利用計時器在固定時間來將水抽出澆花，又有一種水族魚缸的馬達感覺，不特別又沒有什麼技術，無法顯示出盆栽中的科技藝術氣息感。在小學的時候，有學到一般外面的陽光經過放大鏡時，因為光的能量會聚焦，可以把放在放大鏡下面的紙燒掉。因此，聲波經由弧形的水槽模型也可以把聲音的能量聚集，聲波聚焦後在將水槽模型內表面的水彈出一顆顆的水滴，一顆顆水滴再彈進耐旱植物中，這樣的懶人澆水器，可以成為家中的神奇科學澆水器，不僅有科技的藝術氣息感，也可以讓被疏於照顧的植物，生機盎然。



耐旱的盆栽



活著的植物



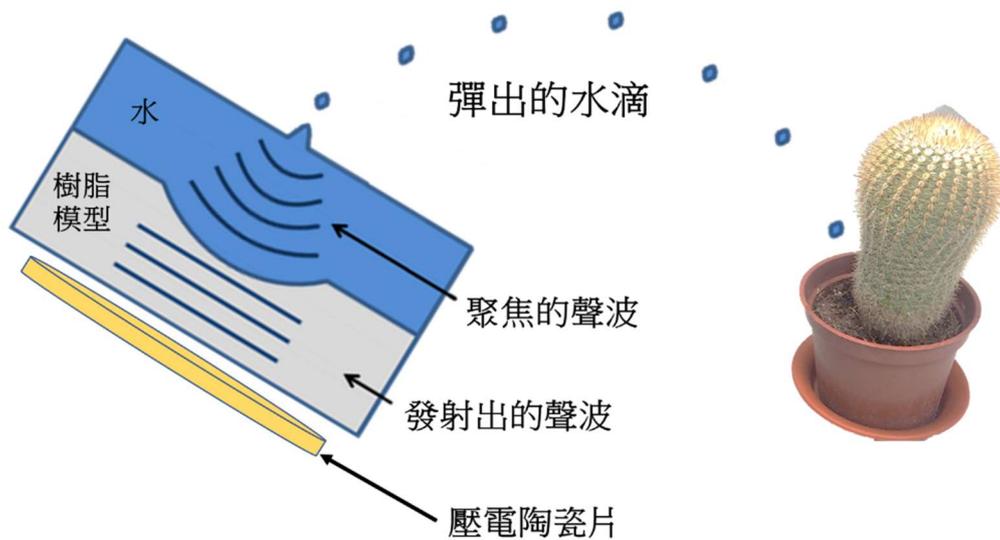
枯萎的植物

圖一. 耐旱的盆栽

## 二、研究目的

聲波彈出水滴的原理是藉由壓電陶瓷片發出聲波後，聲波在樹脂模型中傳遞，經過水槽模型的圓弧後，聲波往圓心前進成了聚焦的聲波，最後在水面彈出水滴。因此，此次研究懶人澆水器的目的有下列五項。

- (一) 探討固定弧形的水槽模型下，激發電壓與彈出水滴高度的關係。
- (二) 探討固定弧形的水槽模型、供電電壓下，模型角度與彈出水滴距離的關係。
- (三) 探討固定弧形的水槽模型、模型角度下，供電電壓與彈出水滴距離的關係。
- (四) 設計水槽模型的角度與水滴彈出的位置比較。
- (五) 完成水槽模型的水滴順利滴進盆栽的設計，圖二為懶人澆水器示意圖。



圖二. 聲波彈出水滴原理示意圖

### 三、文獻回顧

#### (一) 聲波的傳遞

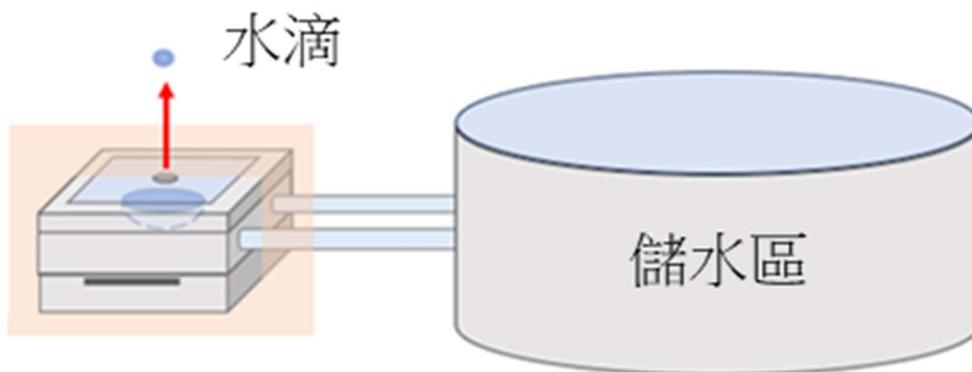
聲波是通過介質中粒子的振動傳播，這些振動沿著聲波的傳播方向，以連續的壓縮和膨脹的方式傳播，另外，聲波在水中的傳播速度通常比在空氣中更快，因為水的密度高於空氣，而聲波的傳播速度與媒介的密度有關。

#### (二) 聲波的聚焦

透過聲波透鏡，可以改變聲波的傳播方式，以便聲波將能量聚焦在特定的深度或位置上。在此研究中，使用有弧度的水槽樹脂模型，從底部發射的聲波會因為模型的弧形設計聚焦在表面上，彈出水珠。

### （三）澆水裝置原理

當懶人澆水器完成後，可以再利用連通管的原理，加裝一個固定水量的儲水槽，當水槽模型彈出許多水滴後，儲水槽的面積較大，可以流進一些水給樹脂模型，水槽模型則可保持容易將水滴彈出的水位狀態。



圖三. 澆水裝置示意圖

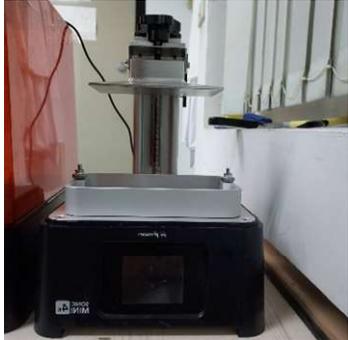
### （四）計時器開關

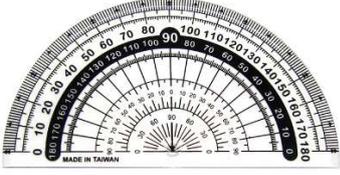
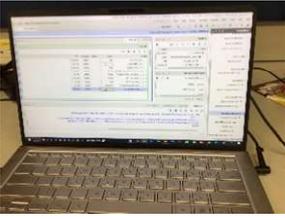
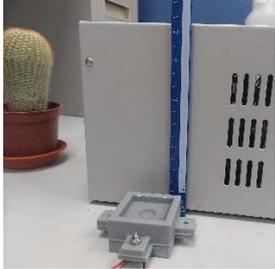
當澆水裝置完成後，我們只要額外加上一個計時器開關，便可以完成一個真正的神奇科學澆水器。

## 貳、研究設備及器材

### 一、相關設備與器材

下圖四為這次研究中所用到的設備與器材，拍攝其實際的照片並說明。當水槽模型製作完成後，若有漏水或者需要再加強外圍設計的部分，則可以使用黏著劑加以補強。另外，因為此研究所挑選的壓電陶瓷片頻率為 1 MHz 以上，所以需要電壓發射器與電源供應器來讓壓電陶瓷片產生其對應的高頻聲波，若沒有電壓發射器與電源供應器的話，則可以使用波形產生器來取代，一樣可以讓壓電陶瓷片產生 1 MHz 或以上（依據選用的壓電陶瓷片規格）的聲波，只是波形產生器能產生的最高電壓，將會因為不同品牌的規格而有所不同。壓電陶瓷片與水槽模型間，需要塗上超音波傳導膠，聲波訊號才可以順利傳送到水面積發出水滴，不然會因為模型與壓電片之間空氣而造成聲波訊號的衰減。磁鐵尺直接貼在金屬上，可以量測水滴噴出的高度，量角器則可以記錄水槽模型斜放時的實際角度，並用磁鐵尺觀察水滴噴出的距離。

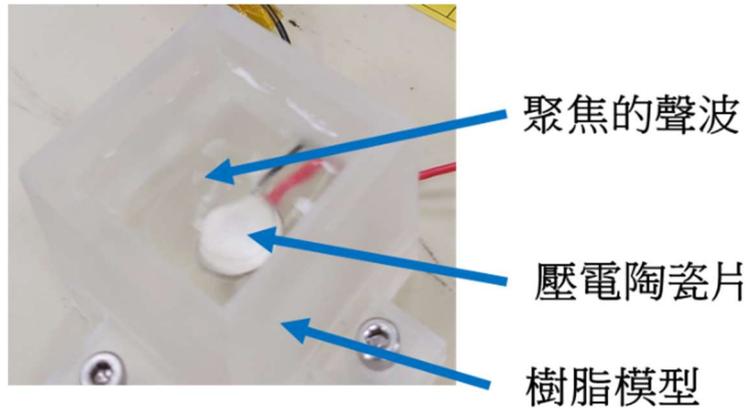
壓電陶瓷片	3D 列印樹脂	3D 印表機
		
盆栽	水槽樹脂模型	滴管
		

水槽樹脂模型	量角器	傳導膠
		
電壓發射器	筆記型電腦	電源供應器
		
波形產生器	黏著劑	磁鐵尺
		

圖四. 相關設備與器材

## 二、水槽模型與陶瓷壓電片

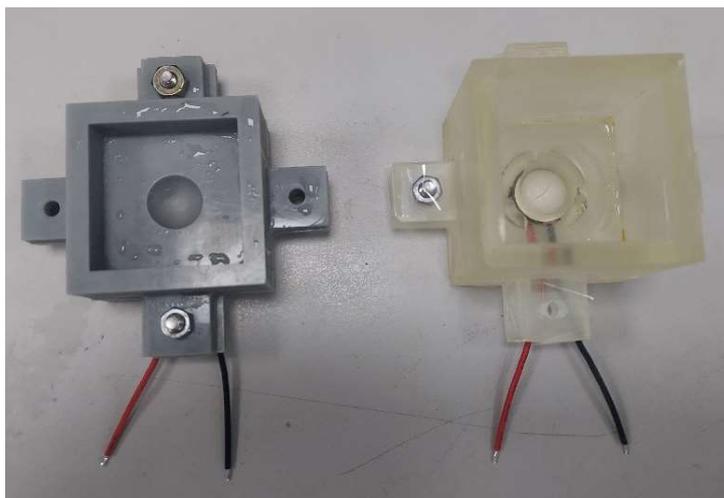
水槽樹脂模型完成後，後方再設計一個夾具是專門設計將陶瓷壓電片固定用，組裝後如下圖五所示，因為圖五是選用透明樹脂製作的水槽模型，所以加上水之後，從上方依然可以清楚看到陶瓷壓電片，另外，陶瓷壓電片與水槽模型間有空隙，所以需要傳導膠填滿，可以減少聲波能量的耗損。



圖五. 水槽樹脂模型與陶瓷壓電片組裝圖

### 三、不同深度的水槽模型

以水槽模型內一公分水面的中心點為圓心，畫一圓弧的槽面設計水槽模型，但若水槽模型只有一公分的高度，當調整水槽模型的角度稍大一些時，裡面的液體容易滲出來，不容易觀察傾斜角度與水滴彈出距離的關係。因此本研究同時也製作三公分的水槽模型（下圖六右邊的透明水槽模型），圖六的左邊為一公分的灰色水槽模型，因為左邊模型是用灰色樹脂製作，所以看不到下面的壓電片，但卻可以清楚看到水槽底部的圓弧形狀。



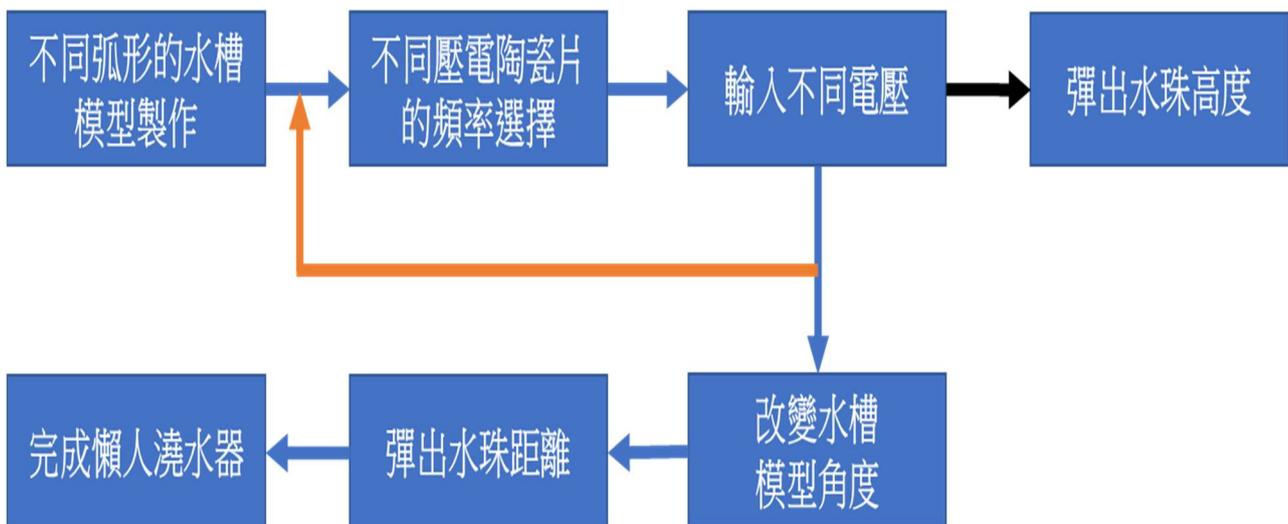
圖六. 一公分與三公分高的水槽模型圖

## 參、研究過程或方法

### 一、研究流程

下圖七為懶人澆水器的研究流程，用 3D 印表機製作出不同弧形的樹脂水槽後，我們先選用 1MHz 頻率的壓電陶瓷片，輸入不同電壓後，觀察水珠的高度，接著在改變水槽模型的角度，觀察彈出水珠的距離。在此研究中，探討固定弧形的水槽模型下，激發電壓與彈出水滴高度的關係，並且記錄下來。接著探討固定弧形的水槽模型、供電電壓下，模型角度與彈出水滴距離的關係。最後探討固定弧形的水槽模型、模型角度下，供電電壓與彈出水滴距離的關係。

最後完成不同頻率壓電陶瓷片與供電電壓對於彈出水滴的關係，設計水槽模型的角度與水滴彈出的位置比較，然後完成水槽模型的水滴順利滴進盆栽的設計。

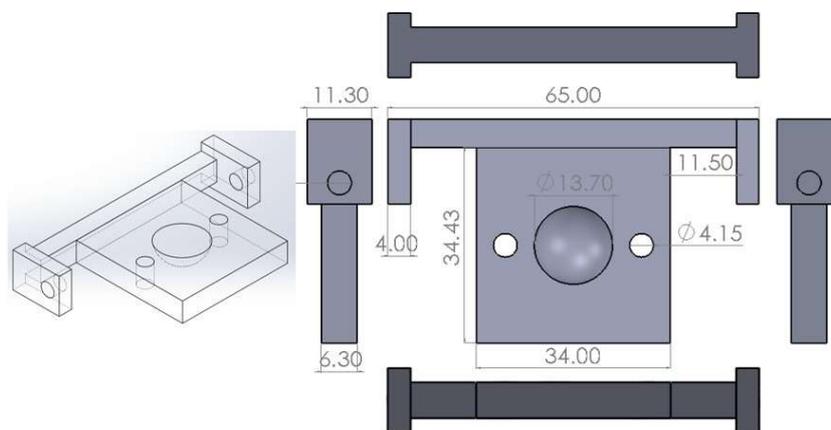


圖七. 研究流程圖

## 二、研究過程

### (一) 水槽模型製作

我們先以一公分的水面距離設計水槽模型，以水槽模型內一公分水面的中心點為圓心，畫一圓弧的槽面，如下圖所示，如此的設計，當平面的壓電陶瓷片發出聲波時，聲波會因為槽面的弧度產生距離時間差，最後聲波的能量皆會聚焦在一公分的水面，將水滴彈出。



圖八. 一公分的水槽模型設計圖

接著利用 3D 印表機將圖八中，一公分的水槽模型設計圖將模型列印出來，下圖便是聚焦水面一公分的弧形水槽模型與夾住陶瓷壓電片的夾具。另外，若水槽模型只有一公分的高度，當實驗調整水槽模型的角度時，裡面的水會流出來，因此我們同時也製作三公分的水槽模型。

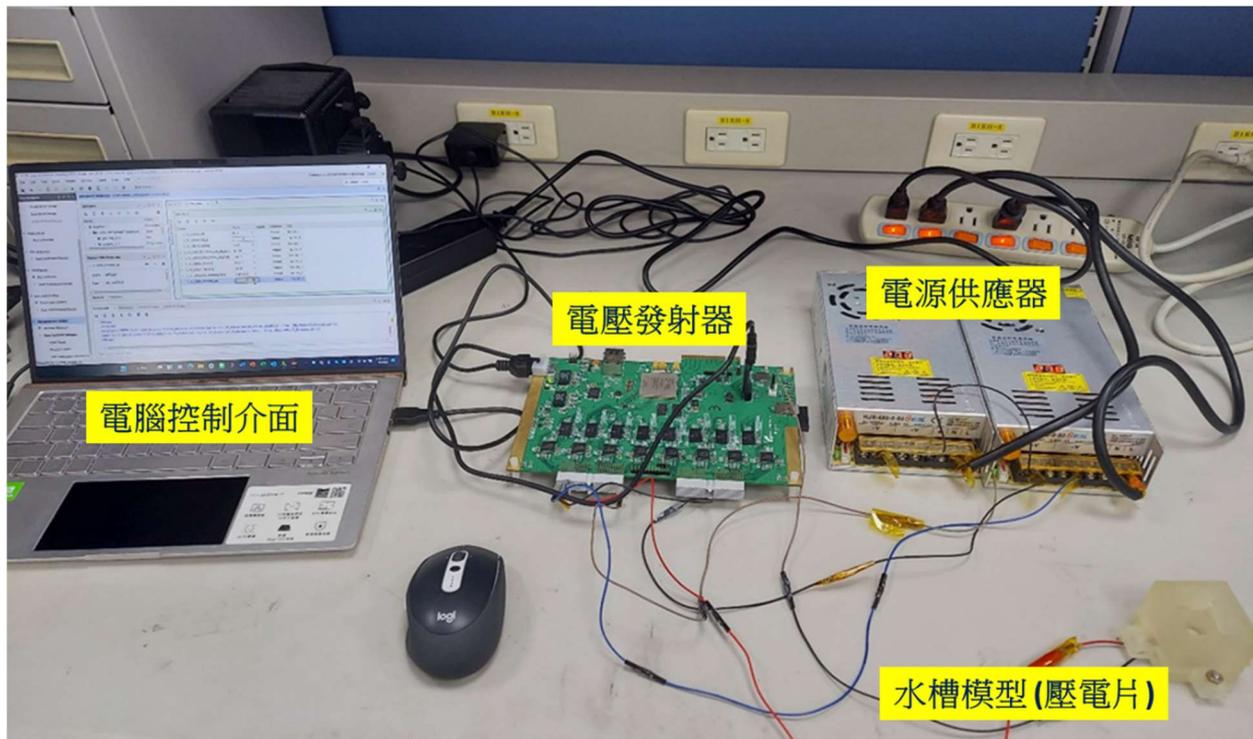


圖九. 一公分的水槽模型與夾具

## (二) 供電電壓激發模組

利用供電電壓激發模組，可以利用電腦控制介面，可以操控電壓發射器產生不同頻率與長度的訊號用以激發水槽模型的陶瓷壓電片，若激發頻率與陶瓷壓電片的頻率相同時，則可以將陶瓷壓電片激發出聲波，因為激發陶瓷壓電片需要正負電壓，所以利用兩個電源供應器，一個做為正電壓的輸出、一個做為負電壓的輸出。

- 電腦控制介面：控制電壓訊號發射或關閉。
- 電壓發射器：可以產生不同頻率的訊號。
- 電源供應器：可以改變激發陶瓷壓電片的供電電壓。

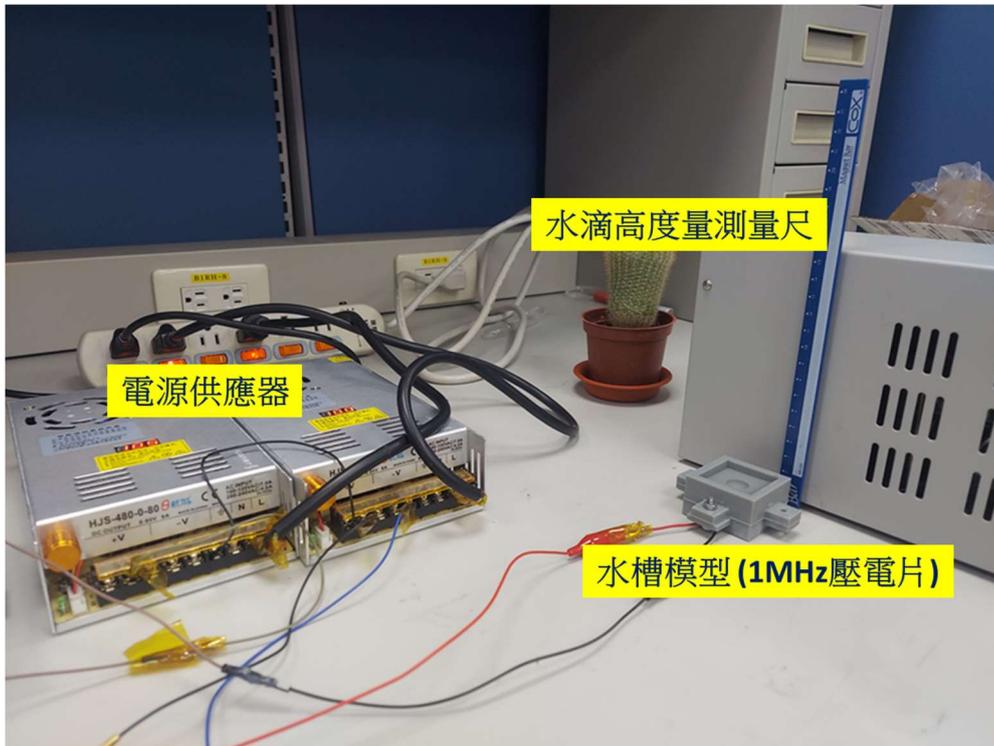


圖十. 供電電壓激發模組

### (三) 激發電壓與水滴高度測試

選用 1MHz 頻率的壓電陶瓷片，在輸入不同電壓後，觀察從水槽模型彈出的水滴高度。

激發電壓與水滴高度測試如下圖所示，利用不同的供電電壓記錄水滴的高度。



圖十一. 激發電壓與水滴高度測試示意圖

### (四) 水槽模型角度與彈出水滴距離測試

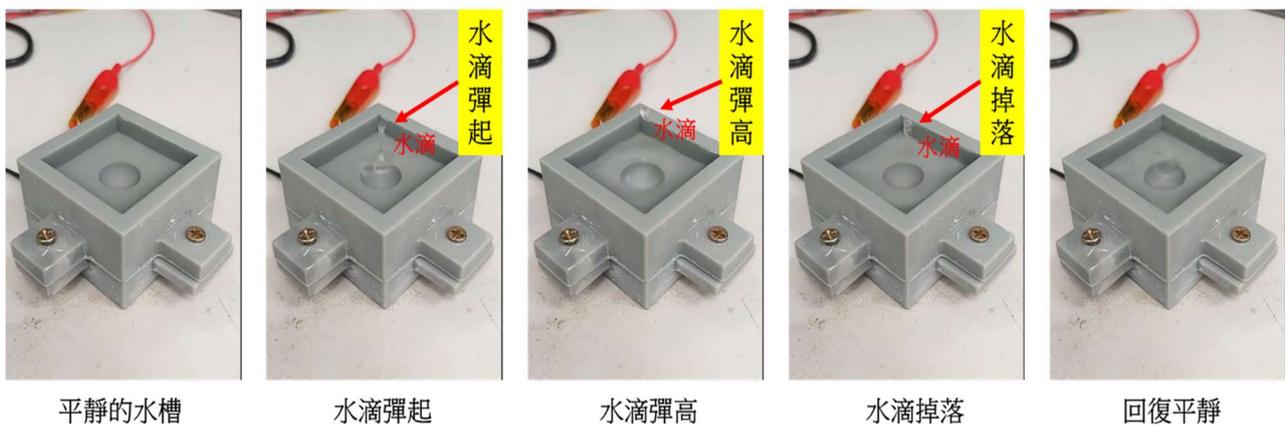
選用 1MHz 頻率的壓電陶瓷片，輸入固定電壓，觀察從調整水槽模型的角度時，彈出的水滴距離，用以設計盆栽與水槽模型的距離。水槽模型角度與彈出水滴距離測試如下圖所示，利用不同的角度記錄水滴的距離。



圖十二. 水槽模型角度與彈出水滴距離測試示意圖

### (五) 水槽模型平放的測試

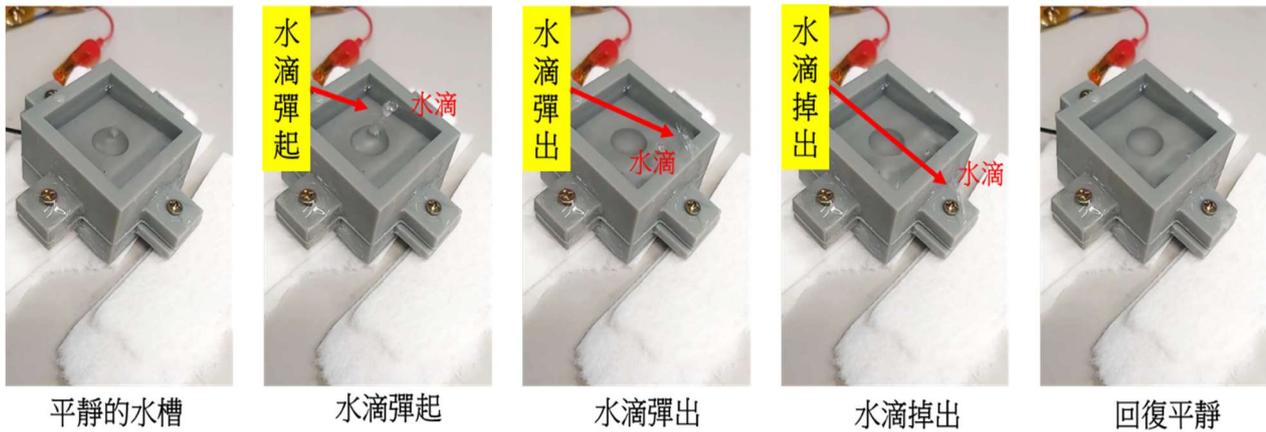
下圖為聲波聚焦在 1 公分的弧形水槽模型，其平放時的實驗結果圖，利用 1MHz 的壓電陶瓷片，電壓約為 20 伏特，當電源開啟時，水滴便可以彈起，水滴彈到最高後，然後再掉落下來。



圖十三. 水槽模型平放的測試圖

## (六) 水槽模型斜放一個角度的測試

下圖為聲波聚焦在 1 公分的弧形水槽模型，然後斜放一個角度的實驗結果圖，利用 1MHz 的壓電陶瓷片，電壓約為 25 伏特，當電源開啟時，水滴便可以彈起，然後水滴掉出到水槽模型的外面。

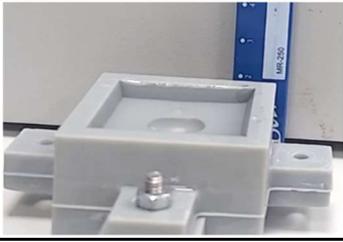


圖十四. 水槽模型斜放一個角度的測試圖

## 肆、研究結果

### 一、激發電壓與水滴高度測試結果

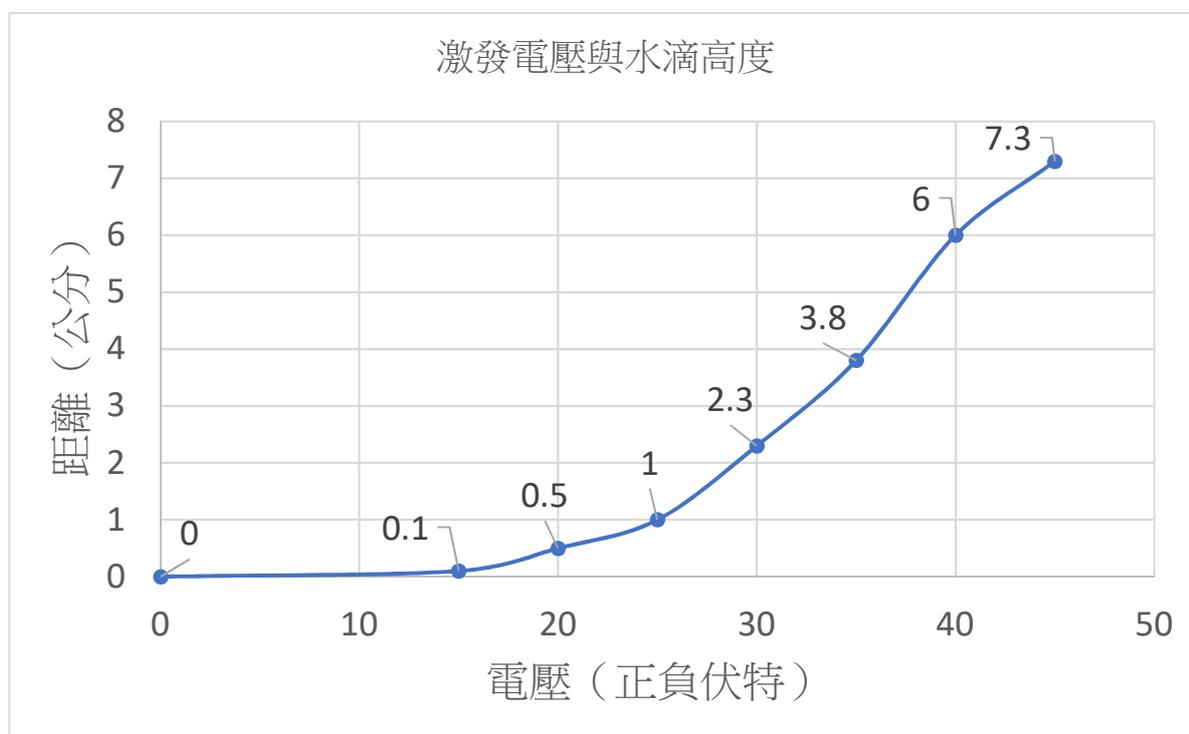
選用 1MHz 頻率的壓電陶瓷片，在輸入不同電壓後，觀察從水槽模型彈出的水滴高度。結果如下圖所示，雖然電壓越高水滴的彈出高度越高，但是當供電電壓達到正負 40 伏特的時候，水滴的彈出高度雖可達到 6 公分，但從陶瓷壓電片的地方會冒出陣陣白煙，表示電壓太高，陶瓷壓電片會過熱，長時間使用將造成壓電片燒毀。接著，當供電電壓達到正負 45 伏特的時候，水滴的彈出高度可達到 7.3 公分，但從陶瓷壓電片的地方冒出陣陣白煙的情況更為嚴重。因此，使用供電電壓正負 35 伏特，水滴的彈出高度可達到接近 4 公分，又不會對陶瓷壓電片造成損壞，是最好的供電電壓選擇。

供電電壓	結果	水滴高度
0 伏特		0 公分
± 15 伏特		0.1 公分
± 20 伏特		0.5 公分

± 25 伏特		1 公分
± 30 伏特		2.3 公分
± 35 伏特		3.8 公分
± 40 伏特		6 公分 但陶瓷壓電片冒 出白煙
± 45 伏特		7.3 公分 陶瓷壓電片冒出 白煙

圖十五. 激發電壓與水滴高度測試結果圖

下圖十六為激發電壓與水滴高度關係圖，在正負 15 伏特的電壓下，聲波聚焦在水面時，可使水滴彈出，但只有彈出 0.1 公分，接著電壓以正負 5 伏特來增加激發聲波的能量時，在正負 20 伏特的電壓下，水滴彈出高度為 0.5 公分，在正負 25 伏特的電壓下，水滴彈出高度為 1 公分，在正負 30 伏特的電壓下，水滴彈出高度為 2.3 公分，在正負 35 伏特的電壓下，水滴彈出高度為 3.8 公分，在正負 40 伏特的電壓下，水滴彈出高度為 6 公分，在正負 45 伏特的電壓下，水滴彈出高度為 7.3 公分。



圖十六. 激發電壓與水滴高度關係圖

根據圖十六中激發電壓與水滴高度的關係圖中，可以推論，當激發電壓升高至正負 15 伏特後，聲波能量會集中在水面上，導致水滴被彈出。此後，彈出水滴的高度與激發電壓呈正比關係。

## 二、水槽模型角度與彈出水滴距離測試

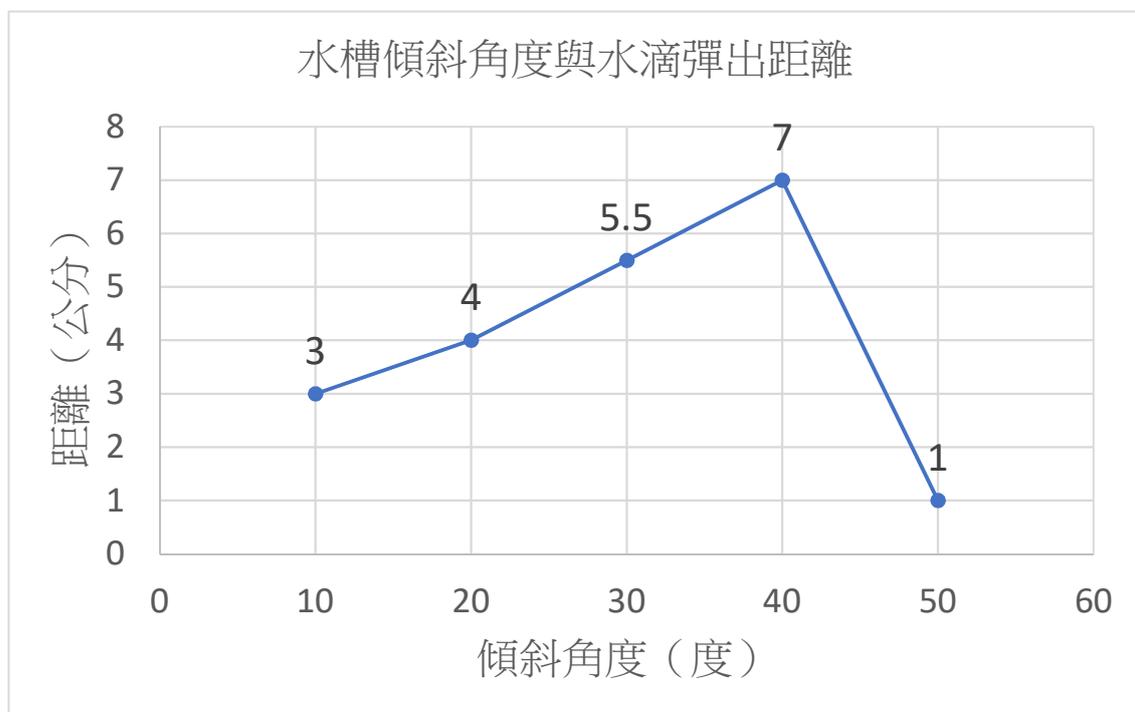
選用 1MHz 頻率的壓電陶瓷片，輸入正負 35 伏特的電壓，觀察從調整水槽模型的角度時，彈出的水滴距離，用以設計盆栽與水槽模型的距離。在固定供電電壓為正負 35 伏特的情況下，水槽模型角度與彈出水滴距離測試的結果如下圖所示，利用不同的角度記錄水滴彈出的距離長度。從結果圖十七可知，在模型角度為 40 度時，水滴彈出的距離可達 7 公分最遠，但當模型的角度又增加到 50 度時，壓電片上的液體變少，反而無法有效將水滴給彈出，水滴彈出距離只剩下 1 公分，因此，模型角度為 40 度時，水滴彈出的距離可達 7 公分最遠，是最好的實驗設計參數。

模型角度	結果	彈出水滴距離
10 度		3 公分
20 度		4 公分
30 度		5.5 公分
40 度		7 公分

50 度		1 公分
------	---	------

圖十七. 水槽模型角度與彈出水滴距離測試結果圖

下圖十八為在激發電壓正負 35 伏特的情況下，水槽模型傾斜角度與水滴彈出距離關係圖，因為當水槽模型的角度為 0 度時，水滴只有向上彈出，接著再彈落下來，水滴彈出距離為 0，所以測試水槽模型傾斜角度與水滴彈出距離實驗時，直接從水槽傾斜 10 度進行測試。在傾斜角度 10 度時，水滴彈出的距離為 3 公分，在傾斜角度 20 度時，水滴彈出的距離為 4 公分，在傾斜角度 30 度時，水滴彈出的距離為 5.5 公分，在傾斜角度 40 度時，水滴彈出的距離為 7 公分，前面的數據，傾斜角度與水滴彈出距離成正比。

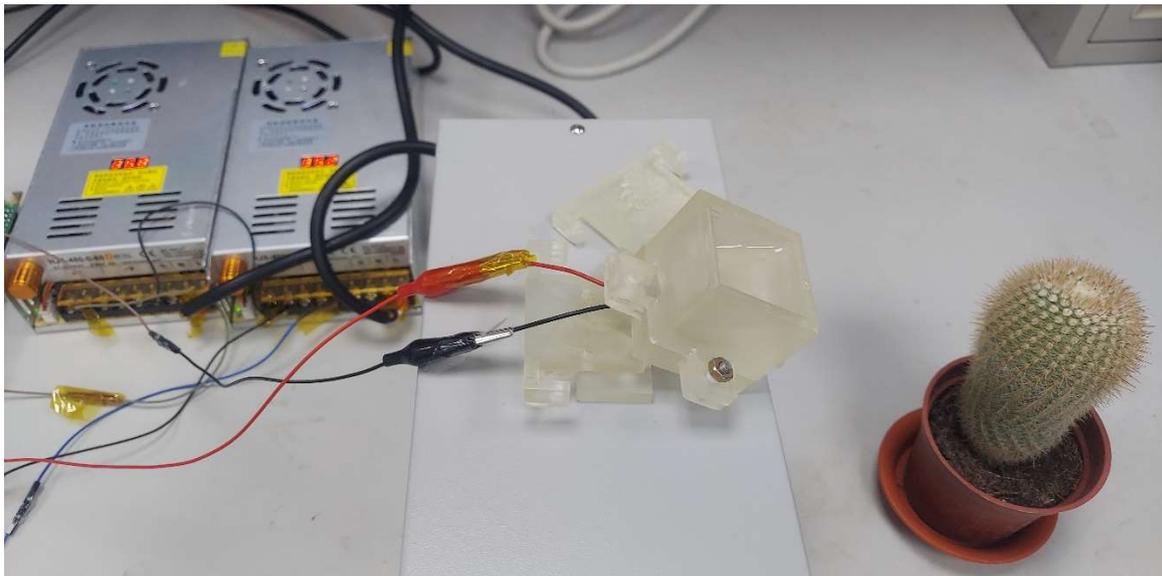


圖十八. 水槽模型傾斜角度與水滴彈出距離關係圖

但從圖十八結果得知，在模型傾斜角度 50 度時，水滴彈出的距離卻變成了 1 公分，除了因為傾斜角度太大，壓電片上方水面變少小於 1 公分，無法用聲波在水面上有效產生水珠外，也因為傾斜角度過大，造成壓電片聲波聚焦到水面的距離改變，使得聲波能量嚴重衰減。

### 三、完成水槽模型的水滴順利滴進盆栽的設計

選用 1MHz 頻率的壓電陶瓷片，使用供電電壓正負 35 伏特，水滴的彈出高度可達到接近 4 公分，模型角度調整為 40 度時，水滴彈出的距離可達 7 公分最遠，是最好的實驗設計參數。然後將仙人掌盆栽放置離模型約 6 公分的位置，則彈出的水滴可順利的彈進仙人掌盆栽中，其水槽模型的水滴順利滴進盆栽的設計，如下圖十九所示。



圖十九. 水槽模型的水滴順利滴進盆栽的設計圖

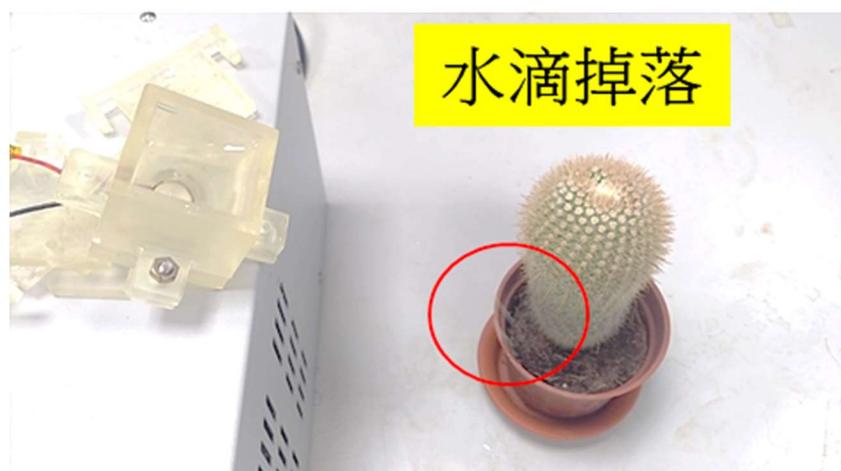
如圖十九的懶人澆水器設計，水槽模型傾斜 40 度，激發電源設定在正負 35 伏特下，將電源打開後，聲波聚焦後在將水槽模型內表面的水彈出一顆顆的水滴，一顆顆水滴再正確地彈進仙人掌的盆栽中，水滴順利滴進仙人掌盆栽的分解，如下圖二十所示，分成水滴彈出、水滴拋遠與水滴掉落仙人掌盆栽中的三個分解步驟，可以清楚看到水滴彈進的慢動作分解。



水滴彈出



水滴拋遠



水滴掉落

圖二十. 水滴順利滴進仙人掌盆栽的分解圖

## 伍、討論

利用 1MHz 頻率的壓電陶瓷片，輸入電壓正負 35 伏特時，水面將彈出水珠，如圖十五所示，高度為 3.8 公分，另外從圖十六激發電壓與水滴高度關係圖中，也可以得知，當激發電壓升高正負 15 伏特之後，聲波能量聚焦在水面時會彈出水滴，之後水滴的彈出高度與激發電壓成正比的關係。但因為輸入電壓正負 40 伏特以上時，雖然水珠彈出的高度更高，但可以看到一陣白煙從壓電片飄出，可見電壓正負 40 伏特以上時，陶瓷壓電片會過熱，而傳導膠的成分主要是水，所以當陶瓷壓電片較熱時接觸到水會冒出白煙，並不是陶瓷壓電片被燒毀，但若長時間使用電壓正負 40 伏特以上，壓電片長時間處於過熱的情況，容易導致壓電片使用壽命縮短，也有被燒毀的風險，所以懶人澆水器選用電壓正負 35 伏特。

當調整水槽模型的角度時，從傾斜 10 度開始測試，水槽模型傾斜 10 度時，水滴彈出的距離為 3 公分，當水槽模型傾斜 40 度時，水滴彈出的距離可達 7 公分，若繼續將水槽模型傾斜至 50 度時，水滴彈出的距離則變成 1 公分，這是因為傾斜角度過大，陶瓷壓電片上方的水面已經小於 1 公分許多，無法用聲波在水面上有效產生水珠，也因為傾斜角度過大，造成壓電片整體聲波能量聚焦到水面的距離不一致，而讓聚焦的聲波能量嚴重衰減，其力道也受到限制，所以懶人澆水器選用水槽模型傾斜 40 度。

原先的實驗設計有考慮測試 3MHz 與 5MHz 頻率的壓電陶瓷片，但文獻上指出，頻率越高的壓電片，其聲波能量越容易衰減，需要用更高的電壓來激發，所以最後以 1MHz 頻率的壓電陶瓷片為懶人澆水器最佳的設計模式。

當澆水裝置完成，後續的工作只要額外加上一個自動計時器開關，便可以完成一個真正的神奇科學澆水器，時間到的時候，開關一啟動，一顆顆的水珠就會彈進盆栽中，成為神奇有舒壓的懶人澆水器。

## 陸、結論

1MHz 頻率的壓電陶瓷片，水槽模型調整至 40 度，然後將盆栽放置距離水槽約 6 公分處，輸入電壓正負 35 伏特，只要電源開關啟，便可以見到水槽模型彈出水滴，然後進到擺放的耐旱植物中。此研究證明了聲波經由弧形的水槽模型也可以把聲音的能量聚集，聲波聚焦後在將水槽模型的表面水面上，然後聲波能量激發水面彈出一顆顆的水滴，一顆顆水滴再彈進耐旱植物中，這樣的懶人澆水器，可以成為家中的神奇科學澆水器，不僅有科技的藝術氣息感，也可以讓被疏於照顧的植物，生機盎然。

## 柒、參考文獻資料

Arduino 專題教學－智慧植栽

<https://www.circuspi.com/index.php/2023/03/13/arduino-auto-watering/>

自動定時澆水器

[https://www.eduhk.hk/apfslt/v5\\_issue3/pspc2/lab4.htm](https://www.eduhk.hk/apfslt/v5_issue3/pspc2/lab4.htm)

聲音的傳播 (Sound)

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=19289>

LeviZen 超音波水滴懸浮裝置

<https://www.kickstarter.com/projects/1348567444/levizen-levitate-water-and-feel-zero-gravity>

無創手術聚焦超音波熱消融技術

[https://www.tiri.narl.org.tw/Publication/InstTdy\\_Full/12536?PubId=229](https://www.tiri.narl.org.tw/Publication/InstTdy_Full/12536?PubId=229)

計時器/計時開關

[https://www.omron.com.tw/solution/guideDetail/500\\_1](https://www.omron.com.tw/solution/guideDetail/500_1)

高頻超音波影像系統

<http://home.ee.ntu.edu.tw/classnotes/paper/htm.pdf>