

# 2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 高中（職）組 成果報告表

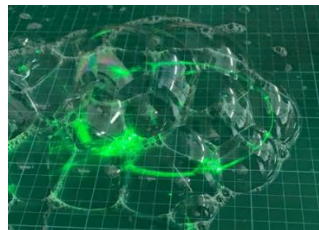
題目名稱：泡泡光圈

### 一、摘要：

本報告想要了解，泡泡在雷射筆的照射下所產生的光圈之原因探討，並進一步了解在不同條件下，光圈直徑和光圈厚度的變化，其結果顯示出光圈直徑與泡泡直徑、 $\cot$  值成正比，而與泡泡水配方無太大之關係。泡泡水黏度越高，光圈厚度不均勻度越大。泡泡大小越大，光圈的厚度越小。

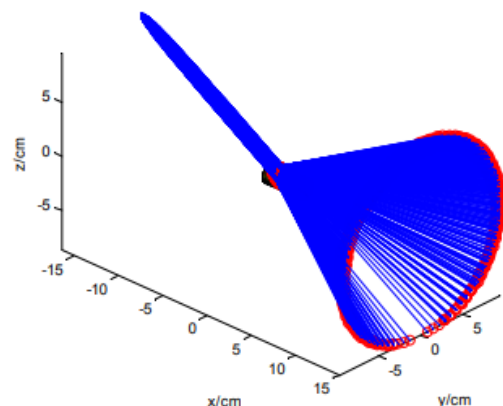
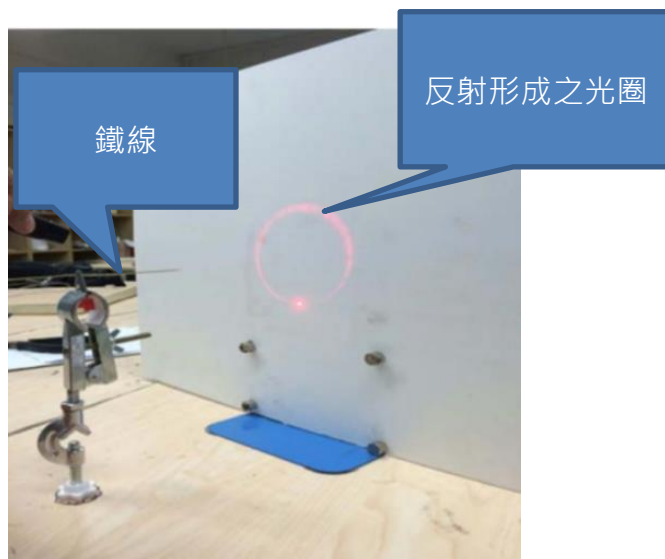
### 二、探究題目與動機

在高一的探究與實作課程中，我們對泡泡形狀、顏色、運動狀態等各方面進行觀察與討論，因此對泡泡有初步的了解，而在課程中，老師讓我們用雷射筆照射泡泡，我們發現如果照射在三個泡泡的共邊上，會產生光圓環(如下圖)，因此想對此進行進一步地探討。



### 三、探究目的與假設

在 2016 年的 gypt 上，有一道題目是這樣的，將一根金屬線設置垂直在屏幕上，使用雷射光射向金屬，會因反射產生如下的光環。

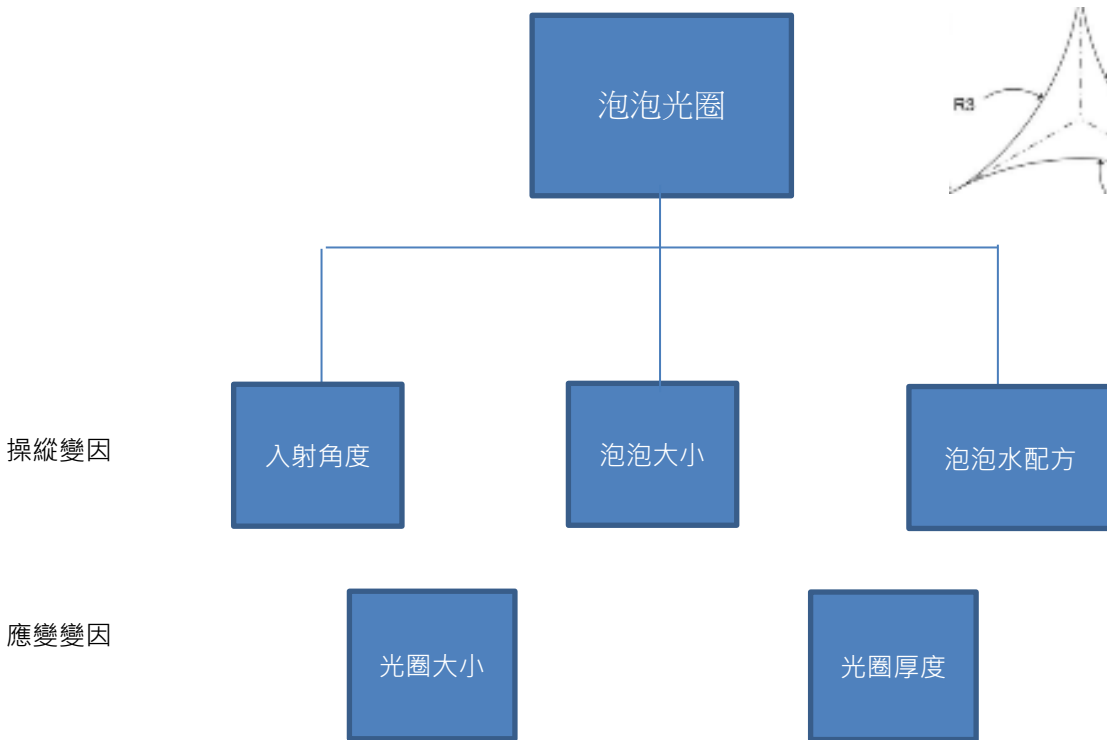
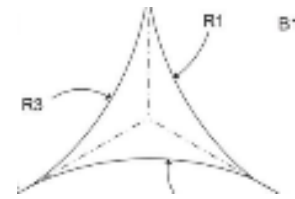
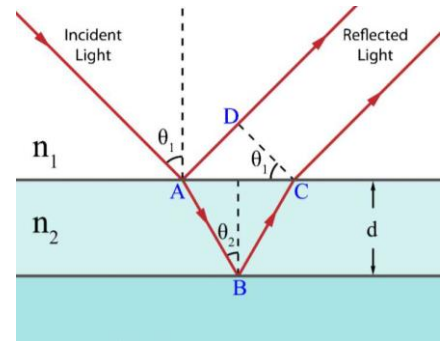


這兩者的共通處在於皆會產生雷射光圈，因此我們假設產生光圈的原因為因雷射照射在泡泡中間的共邊上產生反射，其原理跟這個現象類似，因此我們在查閱完文獻後找出了幾個性質。

- 1、光圈半徑正比於照入點到螢幕的距離和入射角度的  $\cot$  值。
- 2、光環強度與反射面的強度有關，且在雷射筆與鐵線到屏幕上的投影點所連接的直線夾  $0$  度時強度最大。
- 3、雷射半徑比鐵線半徑小，會產生不完全的環。若雷射半徑比鐵線半徑大，則會產生厚度不均勻的光環，但若將雷射半徑持續加大其厚度會越來越均勻。

4、金屬線粗糙度增加，則環的厚度會增加。

我們推測泡泡的模型跟他相似，但有一部分需要更改。在文獻中，三個泡泡形成的共邊，會形成一個三角柱的形狀，其邊長跟泡泡膜為奈米等級，而三角柱內部寬度也是奈米為單位，這導致若是改變泡泡配方改變，其泡膜厚度也改變，導致三角柱內部長度(d)和折射率不同，會導致波程差有不同 $(\frac{2d \tan \theta}{\lambda})$ ，干涉結果也會不同，且在原本的鐵線中雷射無法穿透，其在一側會有一部分不產生光圈，但泡泡是可穿透的，這兩者皆會導致光圈強度的差異和光圈厚度之大小，且我們無法確定不同配方泡膜之厚度，因此無法保證強度只有一個變因，所以不將其放在應變變因的考量。因此我們最終考慮後的實驗流程為下。並依據結果比較兩者，觀察是否為同一行為。



#### 四、探究方法與驗證步驟

##### 實驗裝置

##### 一、黏度測量

- 1、先以磅秤及量筒測量以配置好之溶液密度。
- 2、使用黏度計測量不同溶液、水流過所需之時間。
- 3、帶入以下方程式，將水當作比較值帶入兩者之時間和密度，其中  $\eta_0$  使用在網路上之數據。(  $\eta_0$  = 已知液體黏度  $\eta$  = 測量液體黏度  $t_0$  = 已知液體流經時間  $t$  = 測量液體流經時間  $p_0$  = 已知液體密度  $p$  = 測量液體密度 )

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho t}{\rho_0 t_0} = \eta_0 \eta_r$$

## 二、光圈拍攝

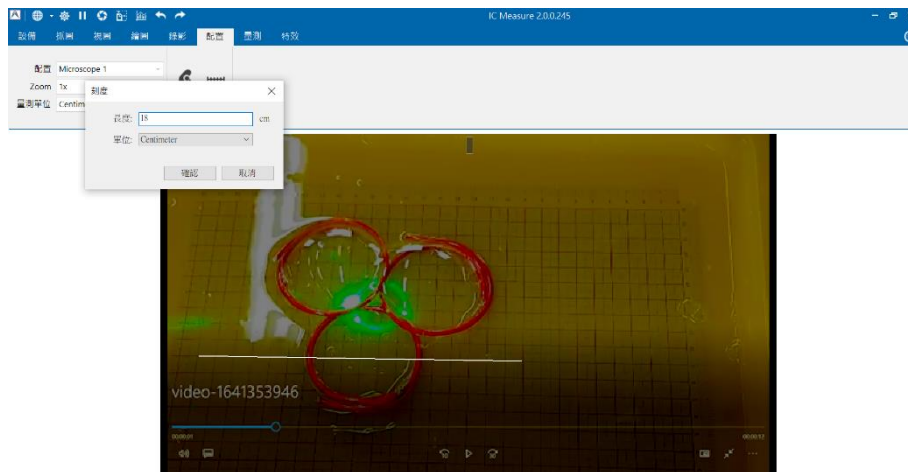
- 1、使用量筒及燒杯配出固定比例的泡泡水(如右圖)。
- 2、將方格墊板至於塑膠盤上，放上鐵線後並到入已調配好的泡泡水。
- 3、將雷射筆與膠帶固定在一支腳架上，另一隻將手機固定在上方。
- 4、使用手機錄影，拍攝雷射筆照射時出現的光圈。

水	洗碗精	甘油
4	2	1
4	2	1.5
4	2	2
0	2	1
0	5	1
0	8	1
0	10	1

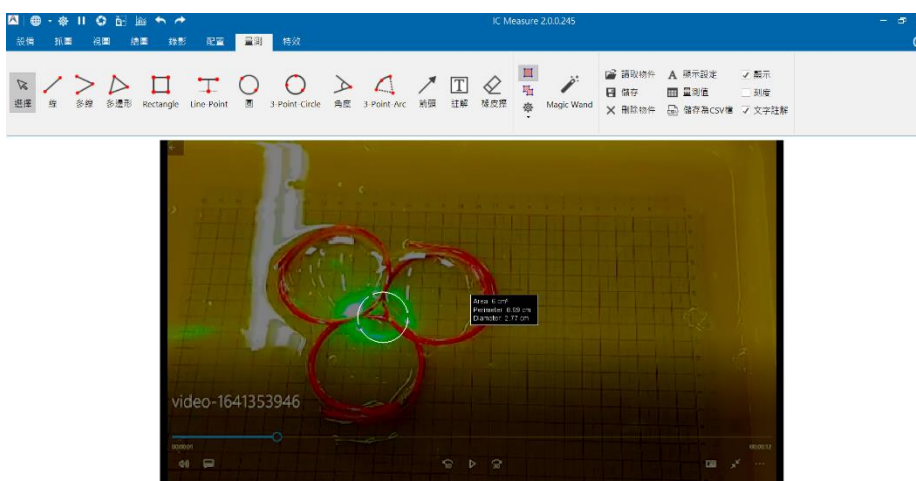


## 三、數據處理

- 1、將拍攝完之影片進行截圖。
- 2、將圖片放入 IC Measure 中進行測量，將亮度調低，再將配置中的刻度調整至正確大小。



## 3、使用三點圓功能測量光圈之直徑



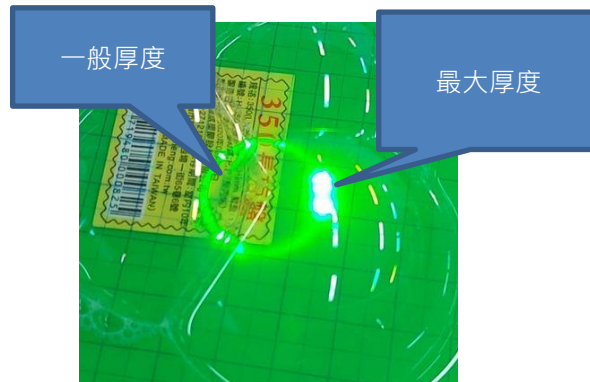
- 4、一樣使用三點圓測量光圈的最大和一般厚度。

## 四、名詞定義及緣由

由於經截圖後，發現光圈的厚度也並非均勻分布(如下圖)，為了描述厚度我們定義了兩個名詞。

最大厚度: 光環厚度最大處

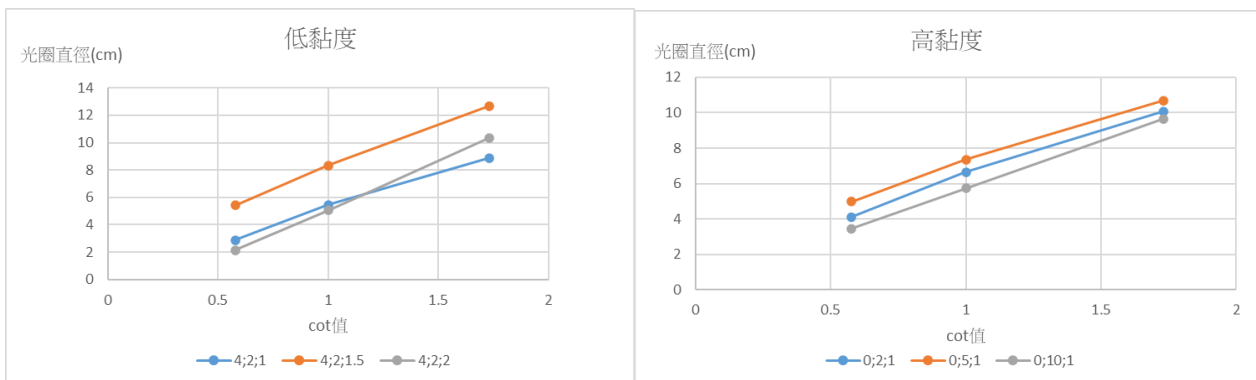
一般厚度: 其他處的厚度



### 研究結果

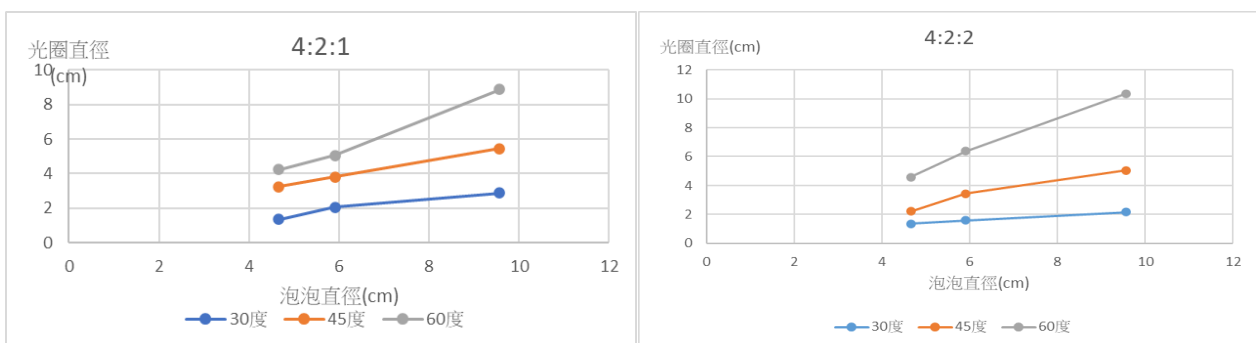
#### 一、光圈直徑

##### 1、不同配方及入射角度對光圈直徑之影響

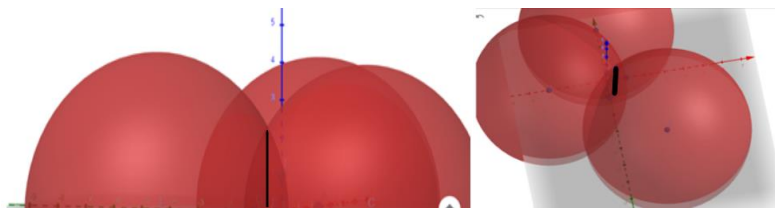


從上圖來看，配方對於直徑影響的關係則不太明顯，因為在配方改變時並沒有太大的趨勢，因此我們認為配方對於光圈沒有明顯的影響。而光圈直徑大致與 cot 值成正比，此結果符合鐵線的行為中之說法。

##### 2、不同泡泡大小對於光圈直徑之影響



上面兩張圖，我們利用鐵環來固定泡泡之大小，其結果顯示光圈大小與泡泡大小大致呈正相關，在理想狀態下三個泡泡間中間交和處到底部的長度應該與泡泡大小成正比。(相似形)而中間交和處到底部的長度，可以把它視為文獻中定義的  $d$ ，因此光圈直徑大概正比於泡泡直徑，而  $d$  又正比於泡泡直徑，因此可得出光圈大小與  $d$  成正比，符合文獻的描述。



側視圖(黑色即為 d)

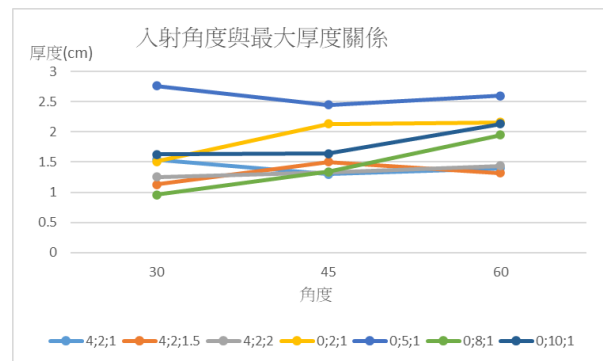
俯視圖

## 二、光圈厚度

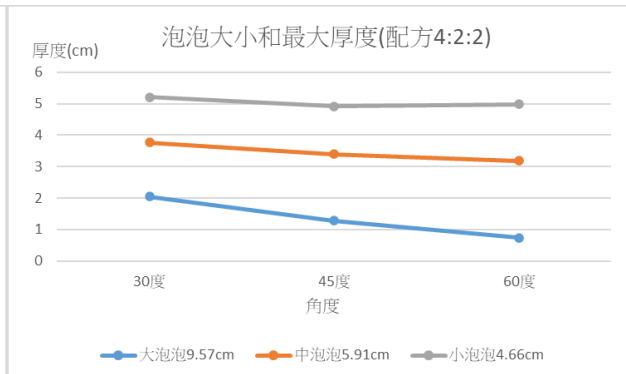
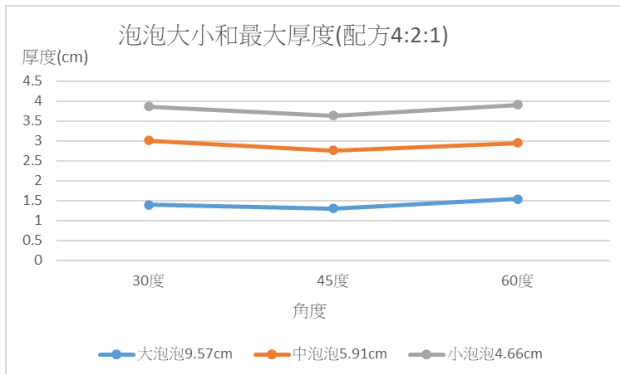
文獻中有提到鐵線半徑和雷射半徑的關係，若將雷射半徑變大則光圈越均勻，而泡泡的三角柱厚度可對應到鐵線半徑，因此泡泡的厚度若變厚(泡泡水黏度上升)，反之光圈變得不均勻，因此不均勻度上升，最大厚度應有上升之趨勢，而一般厚度應會下降。

### 1、不同配方及入射角度對最大厚度之影響

從右圖來看光圈的一般厚度和最大厚度與不同濃度和角度沒有一定的規律性，目前推測有下列兩個原因導致後不像預期，1.因為溫度變化而導致黏度的趨勢不明顯。2.由於雷射筆的電池不能確保每一次的電量都相同，也導致原本雷射光打出來的半徑也不相同，導致誤差。



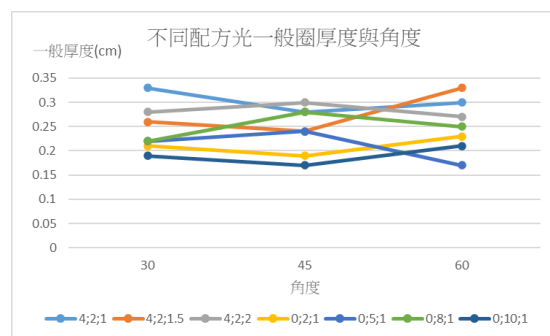
### 2、不同泡泡大小對於最大厚度之影響



上圖中顯示出泡泡大小上升，則其最大厚度會減少，猜測其可能是因為泡泡如同氣球一般越吹越薄，厚度下降導致不均勻度下降，進而導致最大厚度減少。

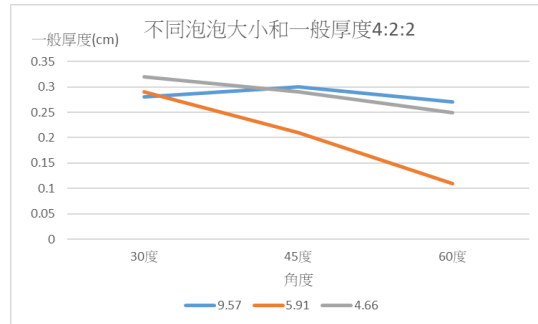
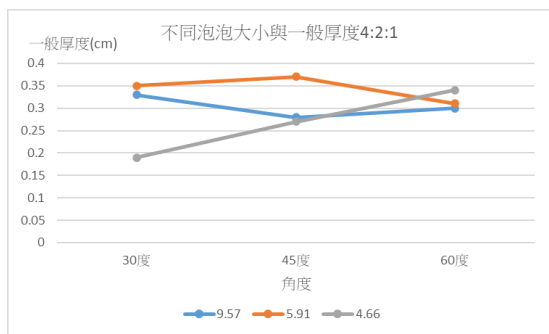
### 3、不同配方及角度對一般厚度之影響

右圖沒有特別明顯的趨勢，其原因除了前面提到的兩個外，可能是一般厚度的大小太小，手機無法拍攝得很清楚，導致不符預期。



之

### 4、不同泡泡大小對於一般厚度之影響



5、不均勻度(最大厚度和一般厚度之比值) 60 度時

從圖十一來看可以發現黏度較大的泡泡水和較小的相比，光圈的不均勻度有明顯的差異，黏度較大者大多在較上方的位置，顯示不均勻度與黏度有正相關，符合文獻的結果。

配方	黏度	不均勻度
4;2;1	1.748335	4.242424
4;2;1.5	1.947203	5.076923
4;2;2	3.63186	5.142857
0;2;1	116.9329	10.28571
0;5;1		11.81818
0;8;1		8.863636
0;10;1		11.21053

三、黏度

配方	時間(s)	密度	相對黏度
水	49.31	1	1
4 : 2 : 1	84.52	1.02	1.748335
4 : 2 : 1.5	93.22	1.03	1.947203
4 : 2 : 2	168.95	1.06	3.63186
0 : 2 : 1	5388.75	1.07	116.9329

註、 0:5:1、0:8:1、0:10:1 由於時間太長不方便測得。

五、結論與生活應用

結論

- 一、直徑光圈直徑與泡泡直徑、cot 值成正比(相關係數 0.92)，而與泡泡水配方無太大之關係。
- 二、厚度泡泡水黏度越高，光圈厚度不均勻度越大。泡泡大小越大，光圈的厚度最大厚度越小。而泡泡厚度和最大厚度與角度並沒有太大相關性。
- 三、光圈厚度不同與干涉現象有關，泡膜大者波程差較接近其一倍波長，因此光圈厚度較厚，反之亦然。

應用

由於目前泡膜厚度難以測量，若有已知的厚度的泡泡配方，可以測其不均勻度和折射率，這樣之後可以利用不均勻度來反推厚度，建立一個表格，每個不均勻度對到一個厚度，這樣只要能固定雷射，就能用類似查表的方式反推泡泡厚度。

參考資料

- 一、Zhang Chang-kai。Theoretical-Analysis-of-Circle-of-Light-signed。2016,3,14。
- 二、Yu Feng,Guang Wang, Min Zhao。Research on a Laser Ring Induced by a Metal Wire。2017,1,15
- 三、Arthur Dent, Tricia McMillan, Marvin。Circle of Light。2015
- 四、J.N. Swamy, Czarena Crofchecka, M. Pinar Menguc。Monte Carlo ray tracing study of polarized light propagation in liquid foams。28 July 2006