

# 台灣二〇〇五年國際科學展覽會

科 別：物理

作品名稱：水分子自我組裝之機制探討

得獎獎項：大會獎第二名

智利正選代表:智利 2005 年科學博覽會

學 校：臺北市立中山女子高級中學

臺北市立和平高級中學

作 者：王啓芸、王啓倫

評語與建議事項：

有趣的實驗主題，經年累積的實驗經驗。電場與磁場的變因也很新穎。唯數據稍薄弱，難以支持電磁場的效應結論，以及據以推論電磁場效應的理論緣由。但利用 CCD 觀察水分子自我組裝機制，並以高斯分佈統計分析水珠大小的峰值與標準差，很詳細的基礎分析，值得推廣。

# 作品目錄

---

作品摘要	P. 2~5
實驗設備	P. 6~9
分析與討論	P. 10~18
結論	P. 19

Nature Just Does His Works

Insight into Condensation and Convection

## Abstract

Up to this time we have spent almost three years in studying condensation and water droplets. Little could we have done as compared with the almighty nature. However we are rewarded by the nature as we gradually found the secrets about electro-magneto field and water droplets: The size of water droplets turn smaller upon electro-magneto field and grow more uniformly especially upon electric field.

This experiment presented here is actually the diary of the growth of water droplets in condensation, **upon magnetic field and electric field**. Through convection, it discusses the self assembly patterns of water droplets and peep into the uniformity both of the size and the distribution mode of water droplets.

In former basic experiment, we focus on temperature and the speed of water moisture; generally speaking, higher temperature speeds up the coalescence procedure but does not affects the nucleation size of water droplets in simple plain surroundings; while speed of moisture does affects the nucleation size. As we went farther, deep into convection and found magneto-electric force did play an important role in the self assembly mechanism of water droplets. The topic is mostly concerned as we are surrounded by magneto-electric waves in today's world.

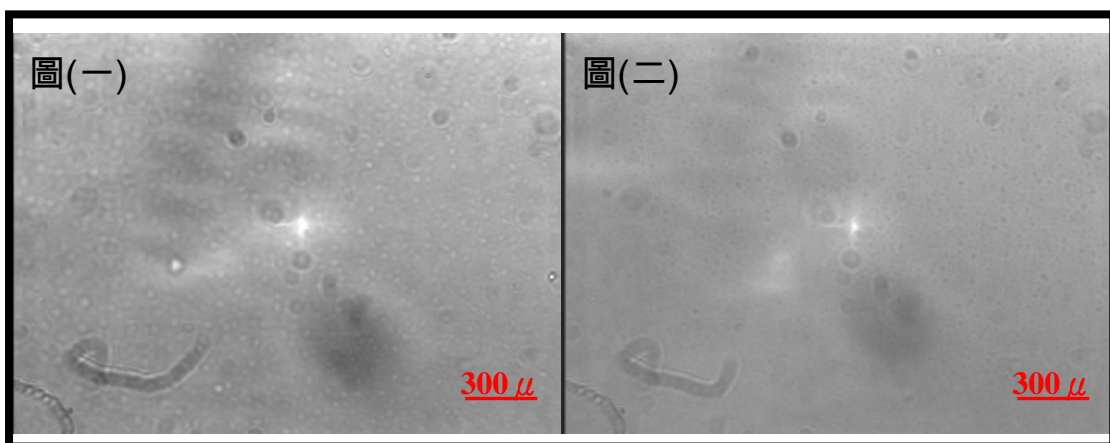
This experiment anchors the first step in discovering the uniformity of water droplets in different environment, and providing insights into the self assembly mechanism of water droplets upon electro-magneto field with nano sizes.

## 壹. 作品摘要

這是一系列關於水蒸氣冷凝為極細微小水珠的實驗。其中可以分為兩大部分；

**第一部分**是基礎實驗。將水蒸氣導入至潔淨的介面上(蓋玻片)，觀察冷凝水珠的結構。雖然看似簡單平常，但卻有令人驚奇的發現；不同溫度的水蒸氣，其冷凝最初始的細微顆粒之尺寸是相同的！爾後隨著溫度的升高，堆疊速率也跟著上升；以致於最後一起呈現出來的水珠大小不一，尺寸不一。

**第二部分**是將水蒸氣導到磁場及靜電場上，觀察其冷凝結構。這部分的實驗推翻了一般「水分子是電中性在電磁場中不受影響？」的刻板觀念！實驗所呈現出來的冷凝水珠，不但於附加磁場中尺寸縮小又不易長大，同時還有固定的自我組成模式( Self-assembly pattern); 而且也發現在磁場中的冷凝小水珠的尺寸比電場中的小，可是電場中的小水珠則表現出較大的均勻特質。



圖(一) Standard 30°C , 200cc/min, 0.4sec

圖(二) Magnetic Field 30°C , 200cc/min,

## 實驗動機

在一個偶然機會，在車窗上發現 6x6 矩陣的小水珠。於是便有想研究水珠的生長情形。因此我們設計了一個基礎實驗—將水蒸氣導到清潔過後的蓋玻片上，以不同的水溫當作變因，在開放的環境(氣壓、氣溫、濕度維持定值)，用顯微鏡觀察。發現在低溫時，水珠易出現均勻排列；但是，規則排列是隨機性或區域性的。

隨後，我們想要深入探討水珠排列均勻的機制，在顯微鏡上外加電場及磁場；固定水溫。

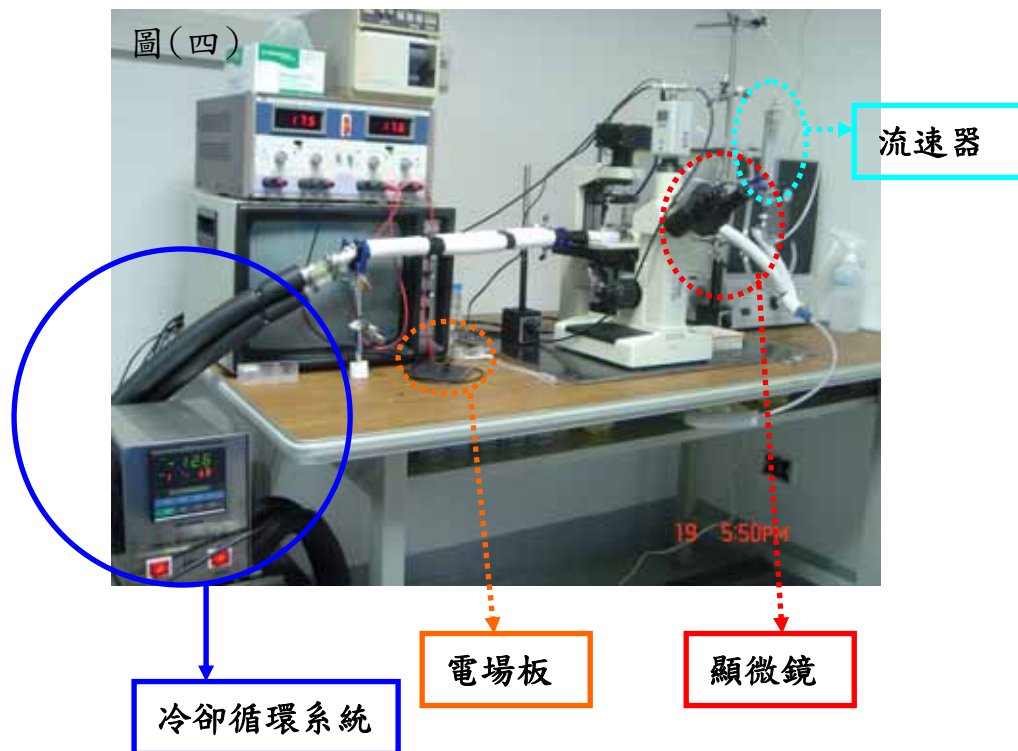
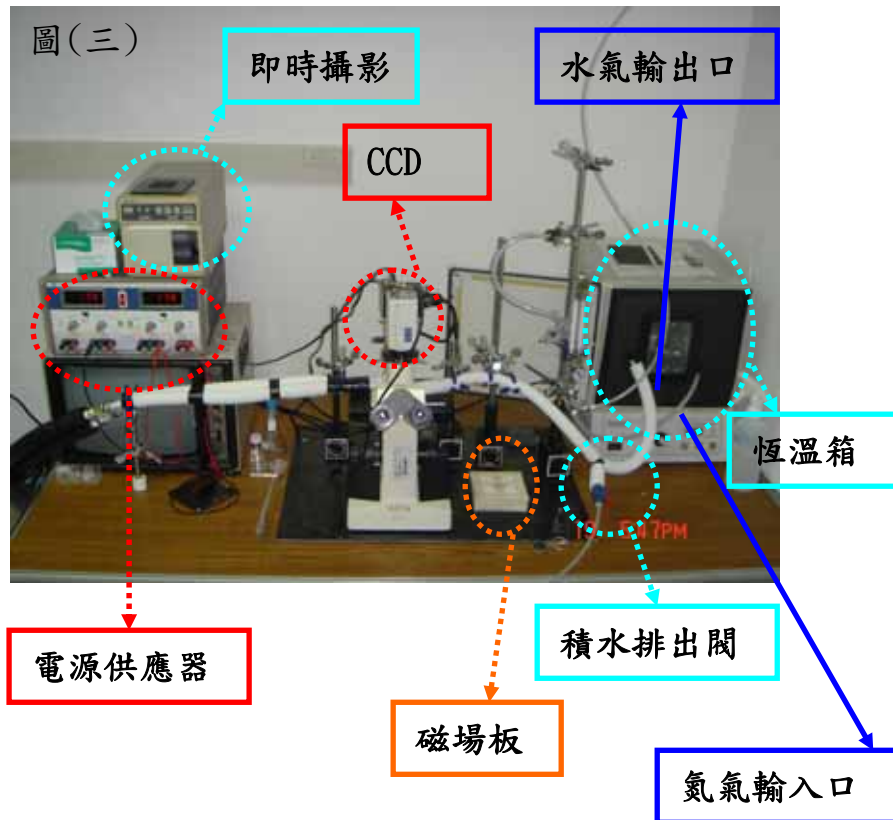
## 研究目的

- ★找出自然冷凝水珠的自我組成模式
- ★研究影響冷凝水珠排列的自然機制
- ★討論電磁場對冷凝過程的影響

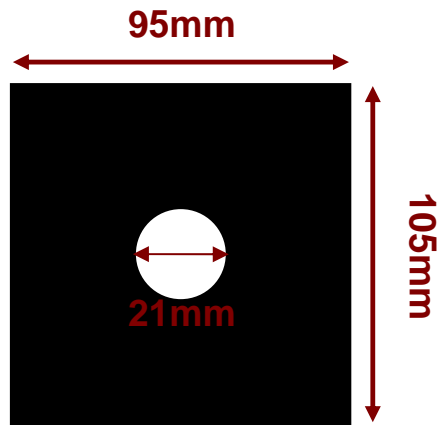
## 實驗方法

將清潔過的蓋玻片(選用蓋玻片是為了透光性的良好和擺置的便利性)放於不同變因的載台上(standard、magnetic Field、electric Field; standard 是無外加電場及磁場的潔淨蓋玻片)，用油鏡觀察。為了將載玻片的溫度固定於較低的溫度，載臺上裝了 Liquid cooling system，有助於水珠的導入。

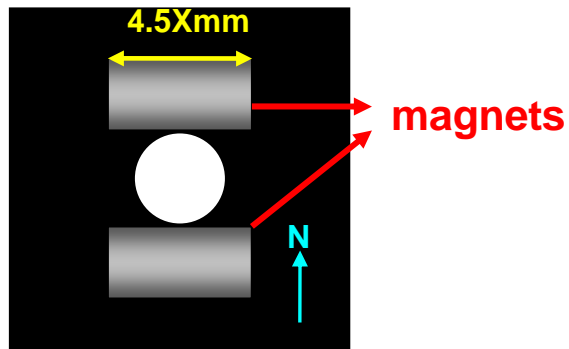
## 貳. 實驗設備



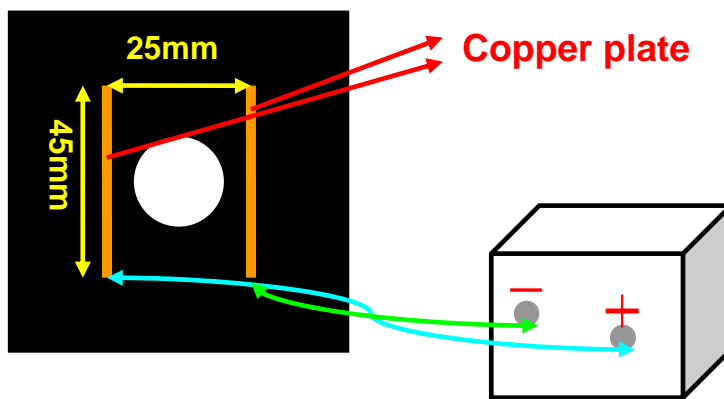
圖(三)圖(四) 實驗設備



圖(五) Standard

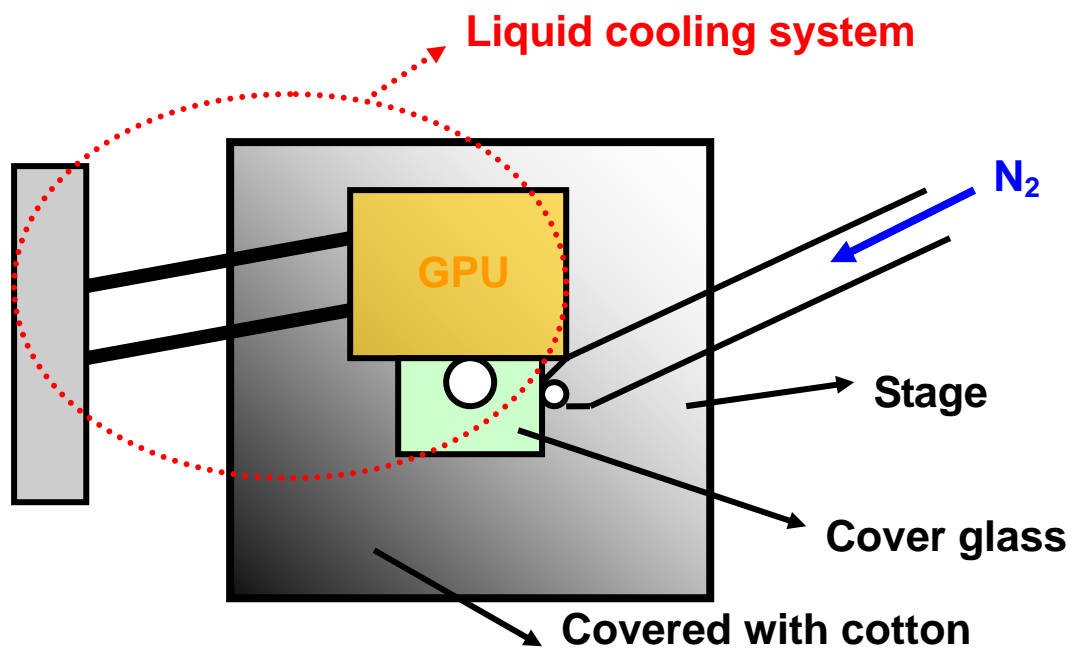


圖(六) Magnetic Field

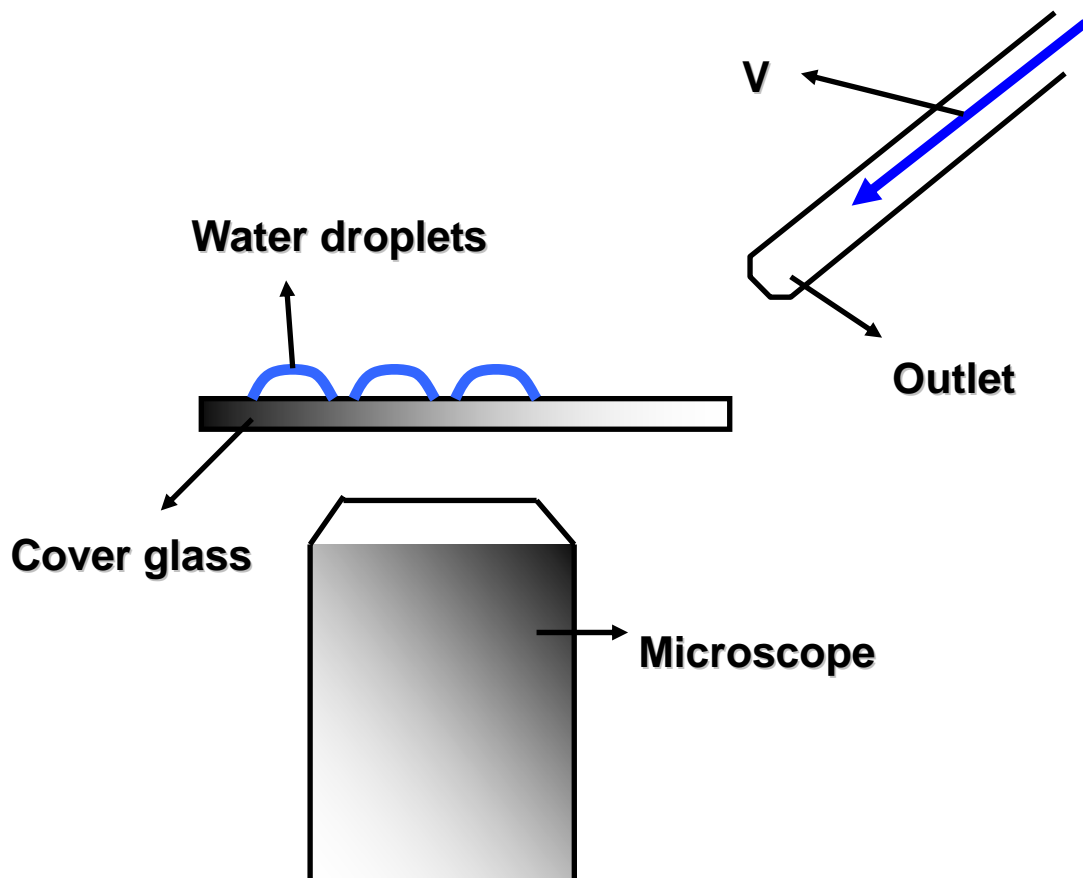


圖(七) Electric Field

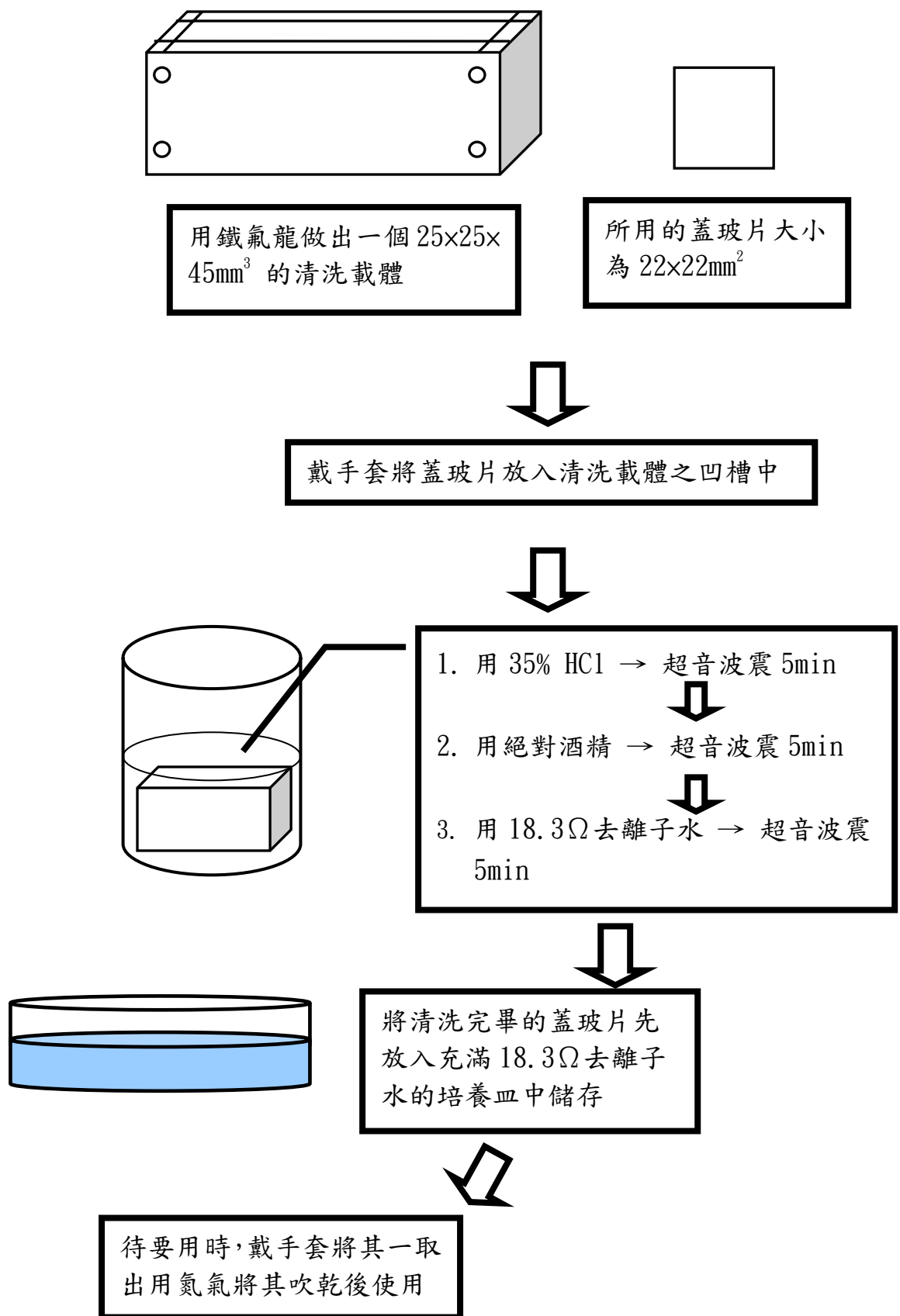




圖(八) 冷卻系統



圖(九) 水氣吹送示意圖

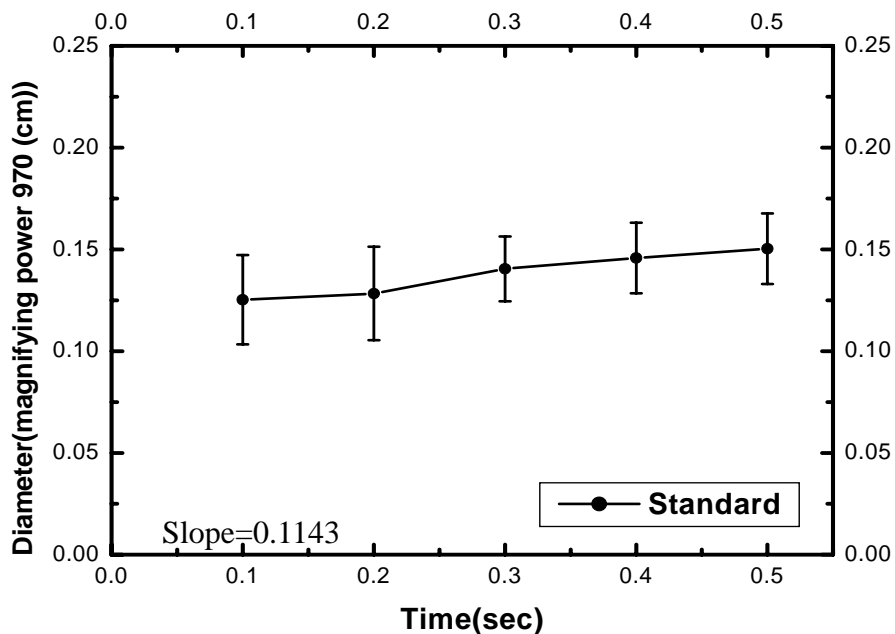


圖(十) 清洗流

## 參. 分析與討論

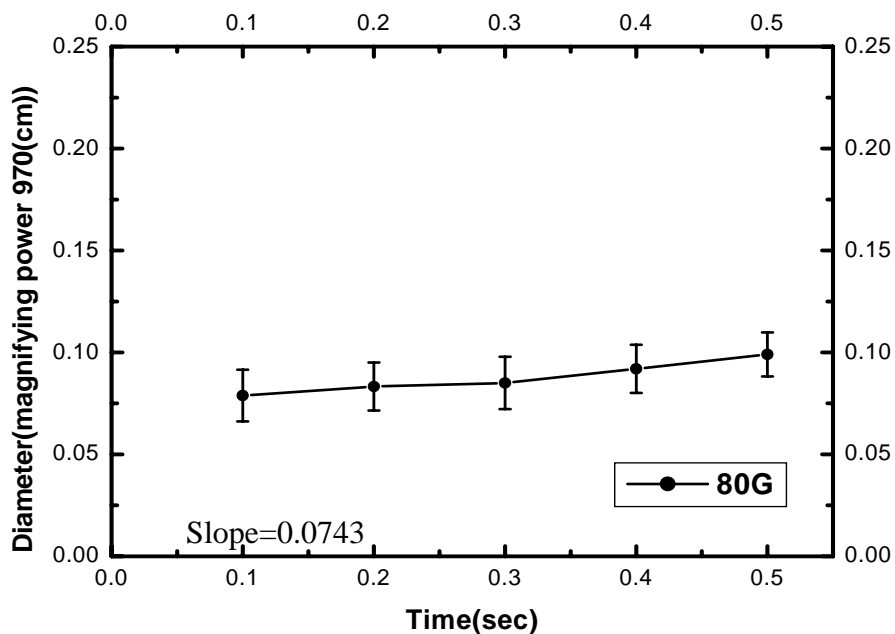
### 前言

這部分只討論未合併前的水珠，換句話說，是針對用堆疊(pile up →Aggregate)來成長的水珠。將所觀測、錄製下來的每一種高斯數值的動畫，用影像切割軟體處理後，從每個影格中採樣本(未合併的小水珠)，並追蹤 0.1 秒到 0.5 秒的定格畫面(每格畫面相隔 0.1 秒)，將樣本每 0.1 秒的直徑紀錄下，最後用 Excel 統計，再用 Origin 畫圖。這部分的實驗，我們皆把溫度控制在 30°C，氮氣吹送水蒸氣的速度則是控制在 200cc/min。

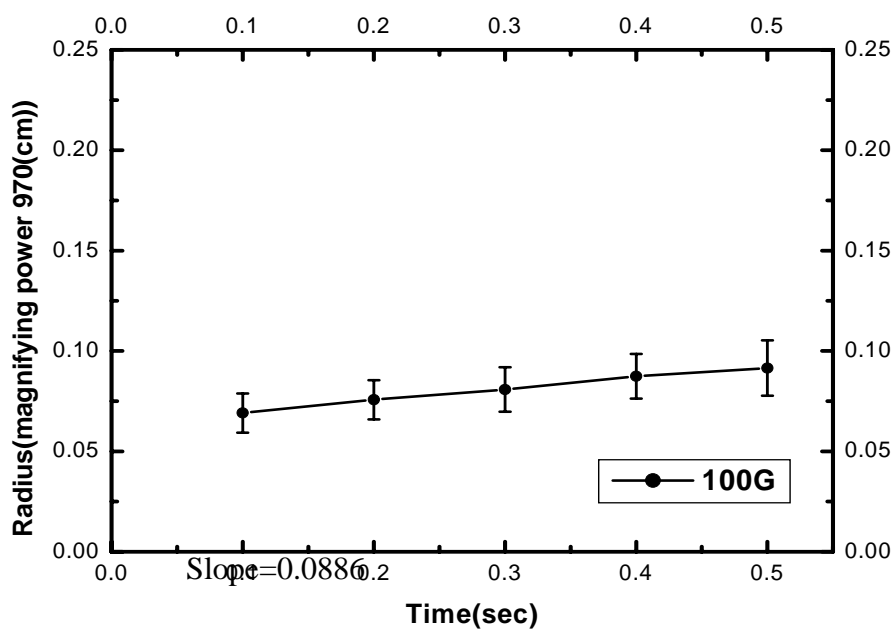


圖(十一) 無外加電場及磁場(Standard)的直徑變

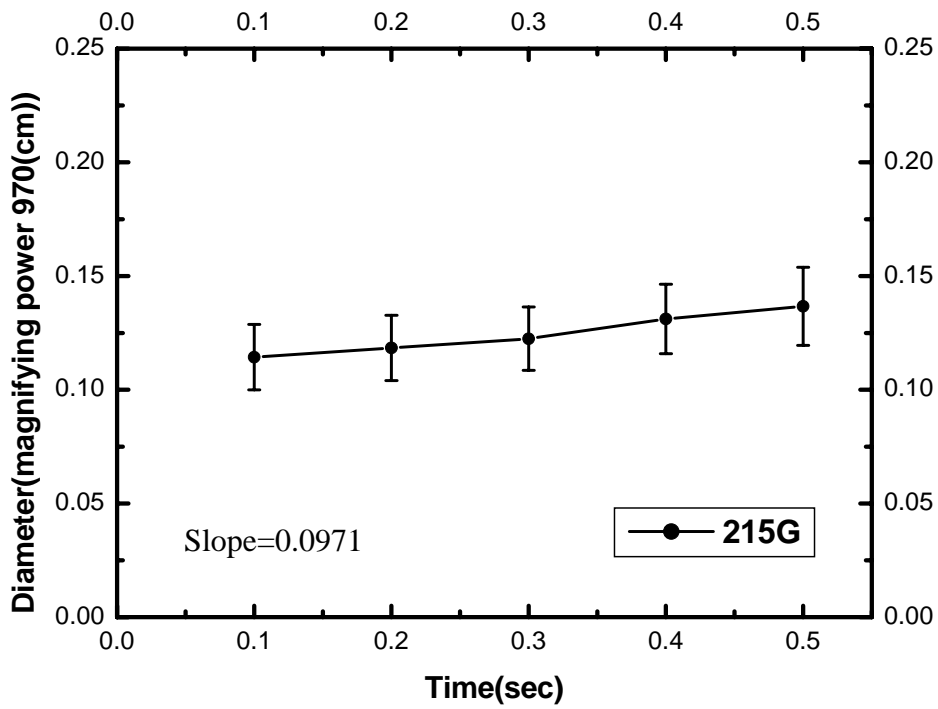
1. 磁場是否會影響水珠的成長？



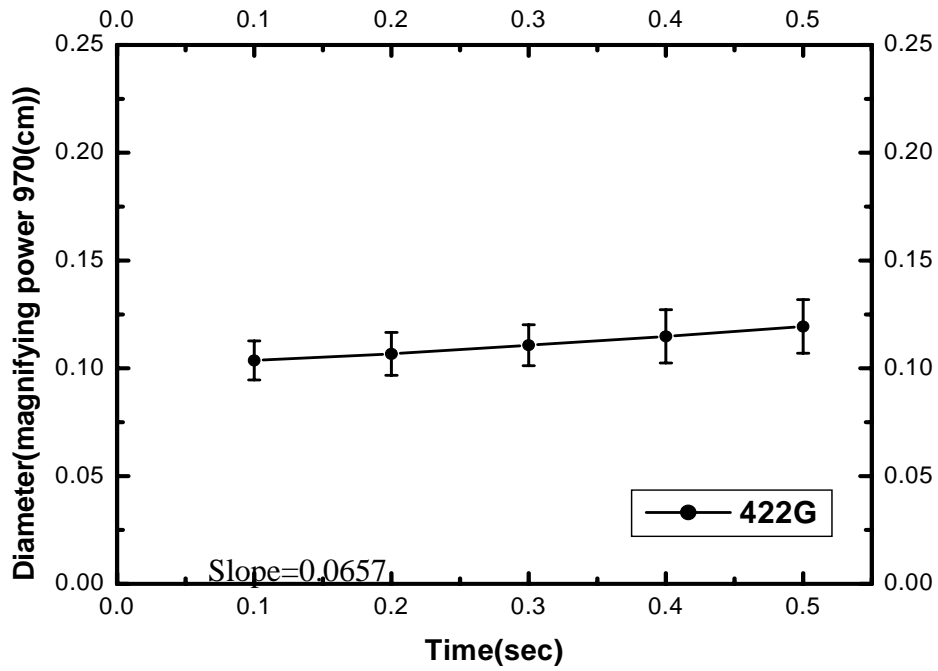
圖(十二) 外加磁場 80 G



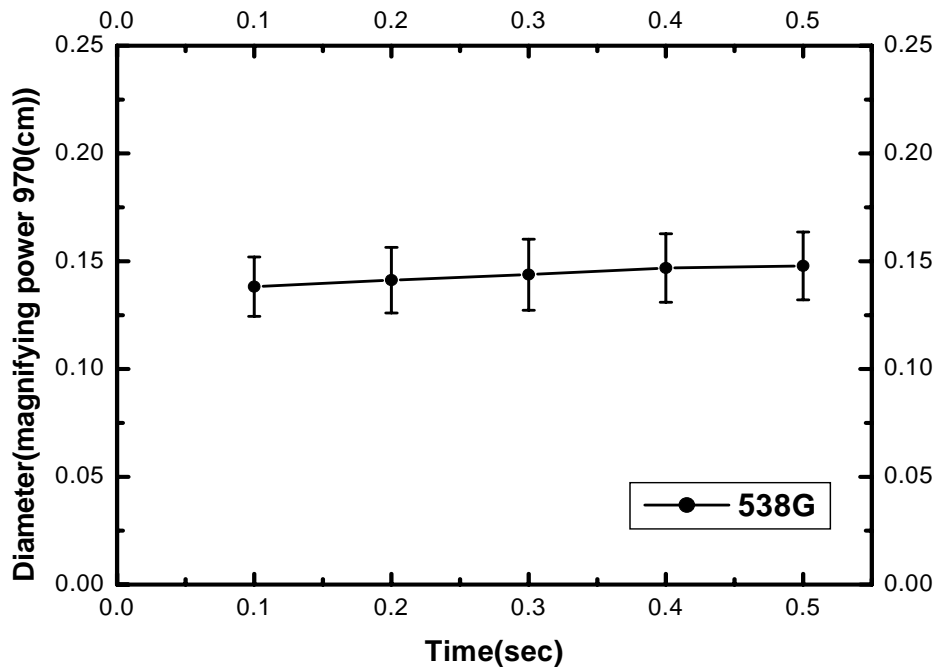
圖(十三) 外加磁場 100 G



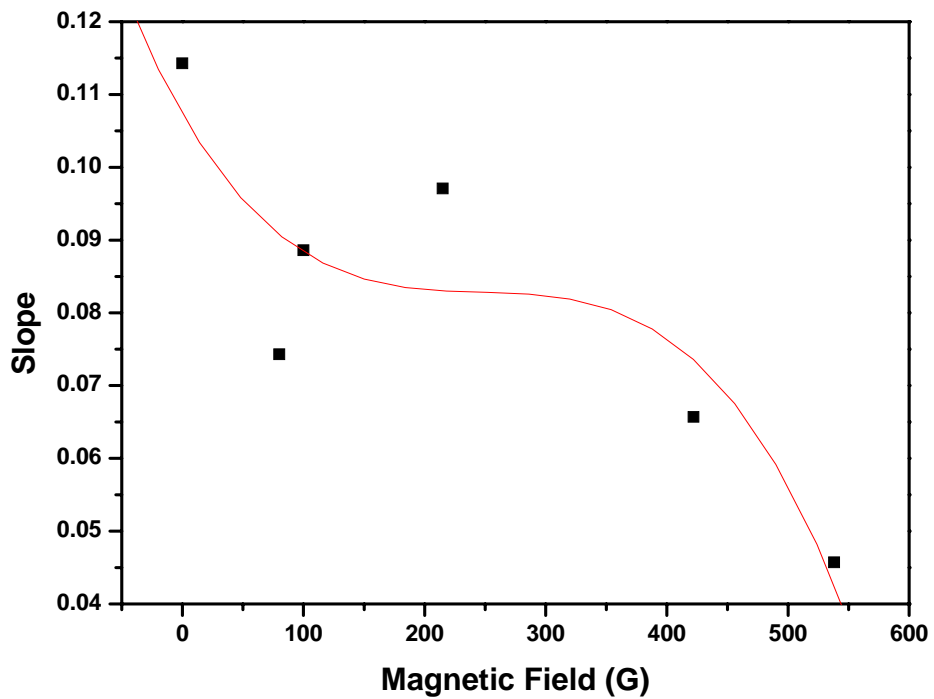
圖(十四) 外加電磁場 215 G



圖(十五) 外加磁場 422 G



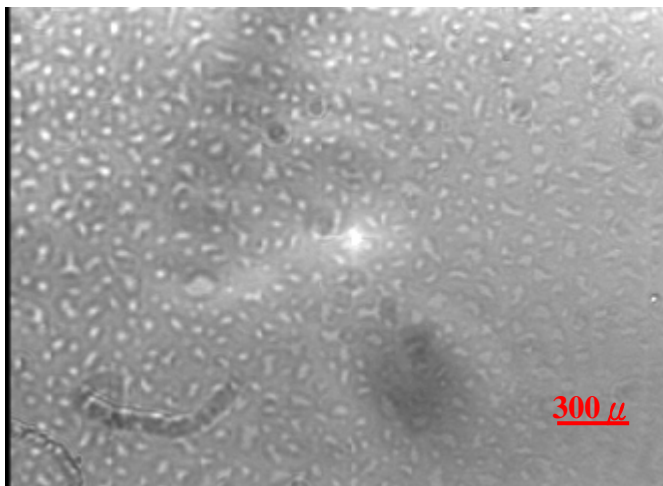
圖(十六) 外加磁場 538 G



圖(十七) 無外加磁場與 80 G, 100 G, 215 G, 422 G, 538 G 斜率

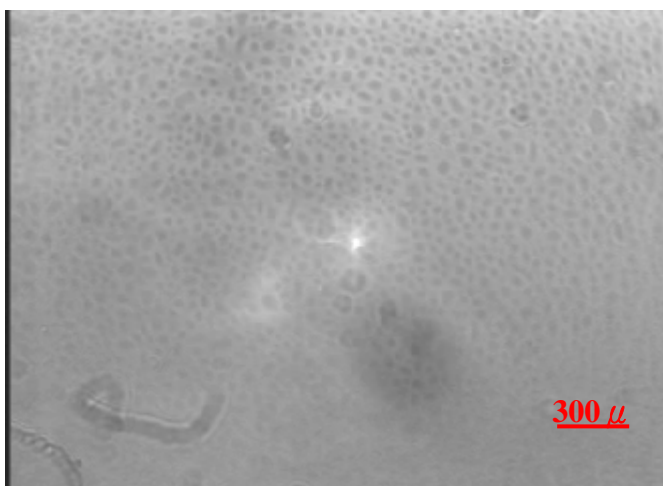
圖(十七)可以看出磁場整體上是抑制水珠成長的；這一點可以從

下面三張圖看出：



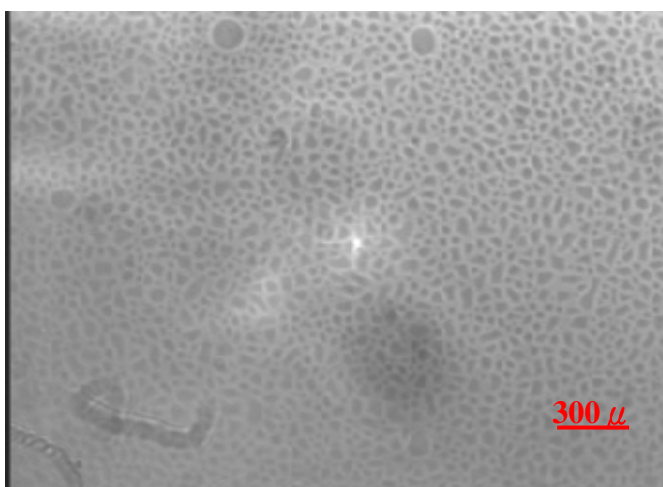
圖(十八)

Standard 0.810 sec



圖(十九)

Magnetic Field 0.810 sec



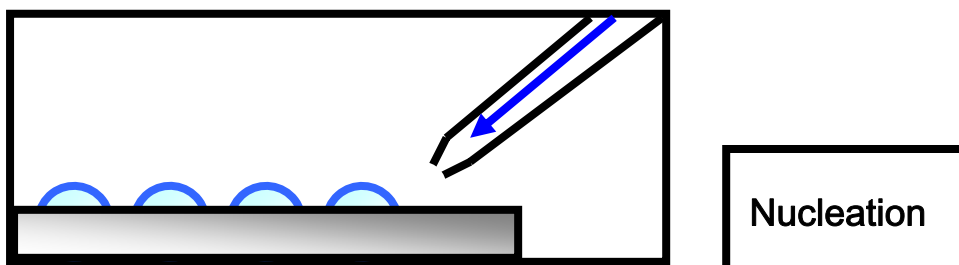
圖(二十)

Electric Field 0.810

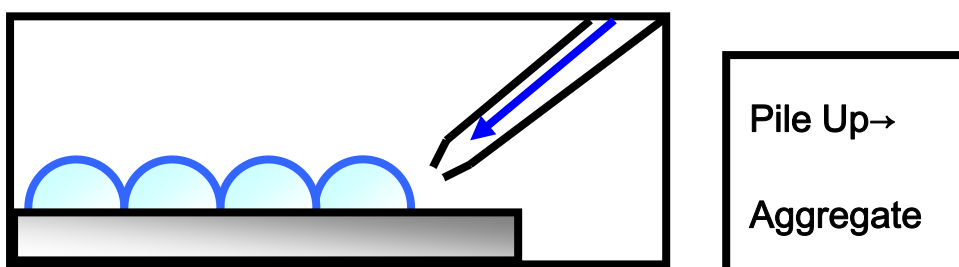
前一頁的三張畫面是同秒的 Standard、Magnetic Field、Electric Field。我們可以很清楚的看見磁場的顆粒較多、較密，所以水珠的尺寸較 Standard 的小。整體證明磁場會抑制水珠的成長。

## 2. 冷凝水珠的成長分析

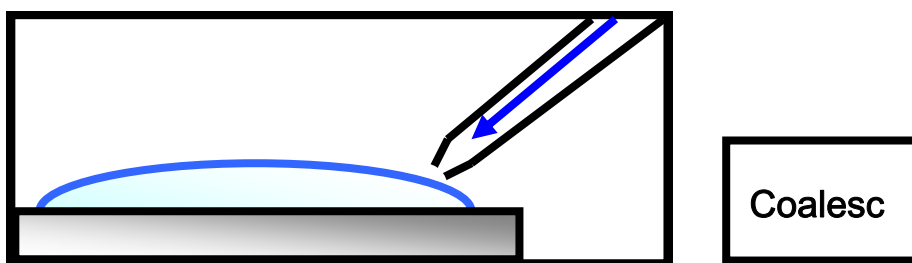
我們在觀察中發現水珠的成長共有二部分，分別為—最初的水珠 (Nucleation) 先做堆疊 (Pile up → Aggregate) 再合併 (Coalescence)。下為示意圖：



我們以固定流速用氮氣將水蒸氣吹送至固定面積的蓋玻片上



水珠持續被吹送於蓋玻片上，體積不斷上升，但是顆粒數不變



最後堆疊到達一定高度，無法再堆疊時，便會向下攤，面積加大，

若相連的水珠較近，則會被合併 (Coalesce)



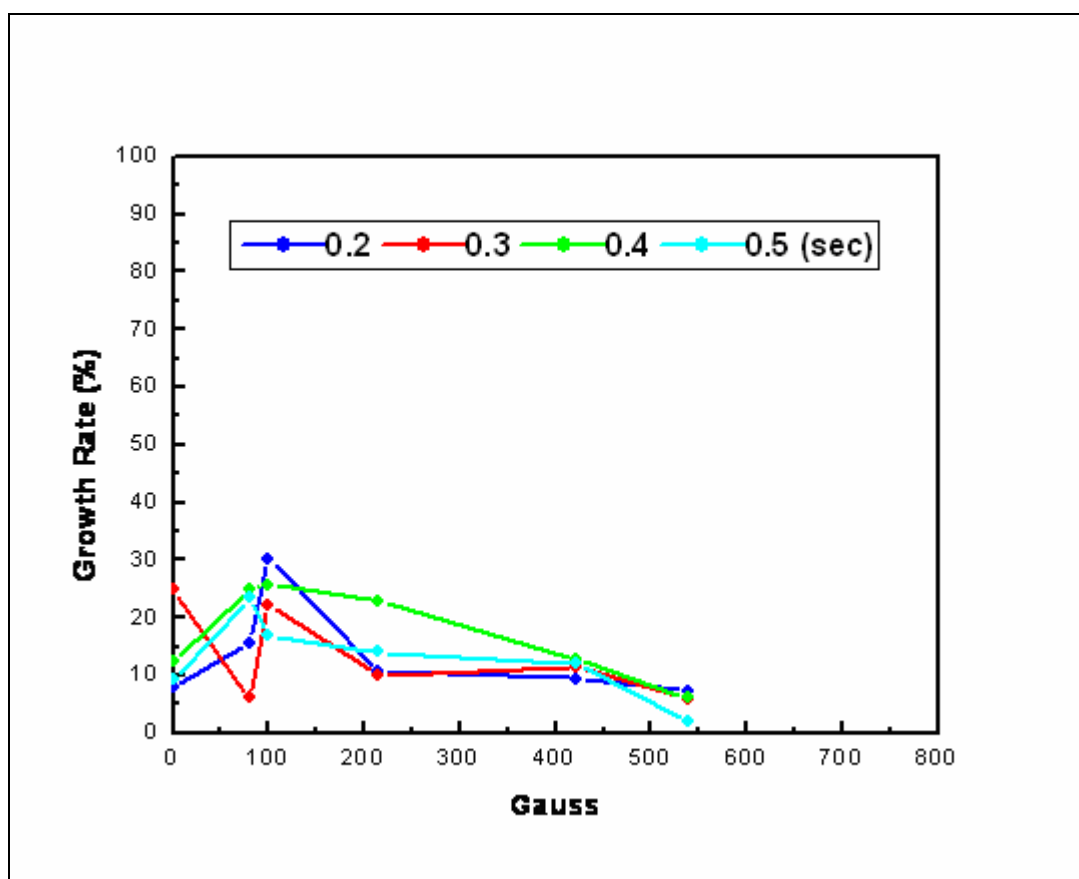
### 3. 水中的堆疊速率與成長速率

利用前一頁所敘述的成長方式，我們也可以用堆疊速率來比較 Standard 和 Magnetic Field、Electric Field 的不同。

$$\text{堆疊速率(Aggregation Rate)} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_2^3}{\frac{4}{3}\pi r_1^3} = \frac{V_2}{V_1}$$

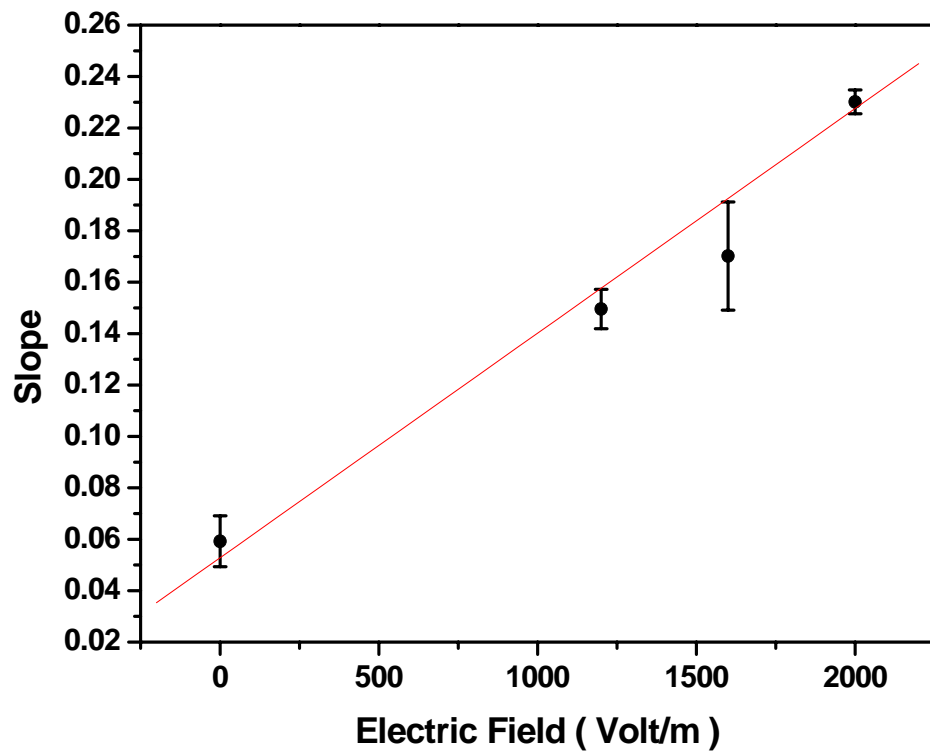
$$\text{成長速率(Growth)} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\%$$

我們將堆疊速率換成成長速率的原因，是為了能呈現出更加敏感的數據，如下：



圖(二十一)無外加磁場和 80 G, 100 G, 215 G, 422 G, 538 G 的成長速

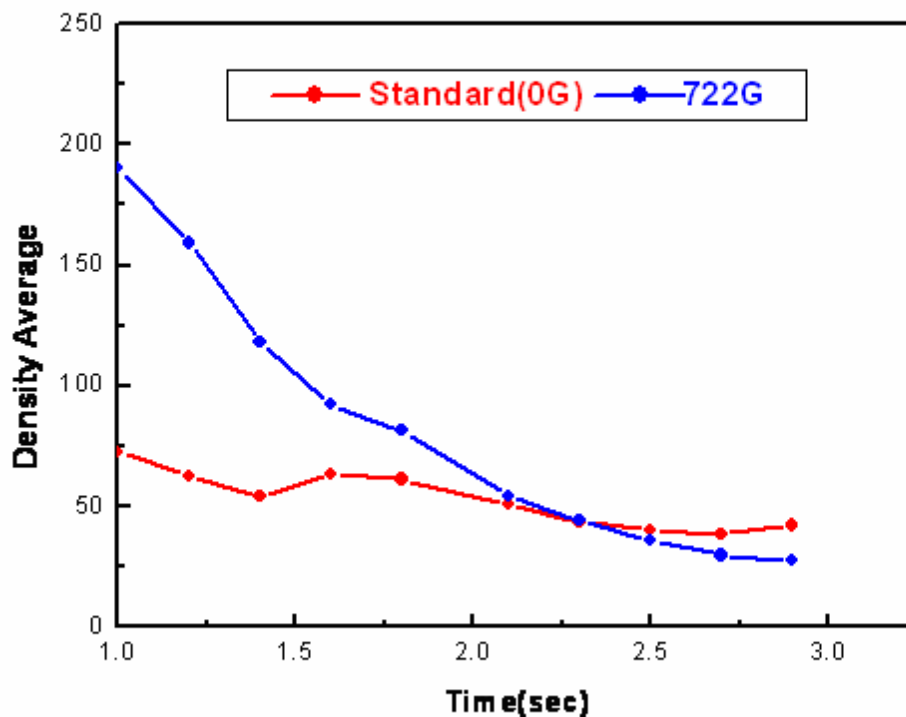
#### 4. 電場是否會影響水珠的成長？



圖(二十二) 無外加電場與電場斜率

用斜率可以比較出：電場強度越強，水珠成長的速率越快。

## 5. Uniformity Analysis



圖(二十三) 無外加電場及磁場和 722 G 水珠顆粒比較

發現，Standard 的水珠顆粒數最多時，並不是在 Nucleation 階段所產生的，而是在水珠初次合併過後才有；但是 Magnetic Field 的水珠顆粒數在 Nucleation 時，就達最多。

## 肆. 結論

本實驗最大的意義，在於兩項證明：

1. 成核 (Nucleation) 水珠的成長過程主要是由二部分組成的：  
先堆疊 (Pile up → Aggregate) 後合併 (Coalescence)  
水珠的成長方式不會因所處的環境和所接觸的表面而改變
2. 本實驗證明：附加磁場會抑制 Aggregation；而附加電場會促進 Aggregation
3. 堆疊持續的時間有長有短水珠，在磁場的堆疊持續時間較 Standard 長；而在電場反之
4. 水蒸氣的速度、附加磁場強度、附加電場強度不同時，影響成核尺寸 (Nucleation size)
5. 推測凝結水珠散佈於物體表面可能的方式：
  - (1) 接受對流機制的影響
  - (2) 趨向最低能量
  - (3) 趨向最大亂度
  - (4) 電場因素影響
  - (5) 磁場因素影響
6. 影響水珠尺寸的重要因素：
  - (1) 水蒸氣與凝結表面的溫度差距
  - (2) 水蒸氣導引的速率
  - (3) 水蒸氣每秒達凝結表面的數量
  - (4) 附加電場
  - (5) 附加磁場
7. 磁場越強，成核水珠的數量越多，堆疊持續時間越短；但是卻提早完成水珠之成長，變為一灘水。
8. 電場伏特值越大，堆疊對於水珠的最大高度越小。