

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

佳作

030211

晶聲尖叫-探討聲波對硫酸銅結晶的影響

學校名稱：新竹縣立成功國民中學

作者： 國二 彭羿涵 國二 呂品柔 國二 陳亭安	指導老師： 蔡世慧 張君豪
---	-----------------------------

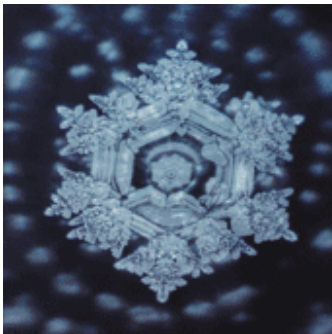
關鍵詞：硫酸銅、結晶、聲波

摘要

我們的實驗在探討聲波對硫酸銅結晶的影響。我們探討了頻率、振幅及音源個數對結晶的影響。頻率的實驗中，使用頻率 500 Hz、1000 Hz、1200 Hz、1500 Hz、1800 Hz、2000Hz 及 2100Hz，振幅皆為 100cm 的聲波進行實驗。我們發現頻率為 3 的倍數時，結晶長度會比其他頻率音源下的結晶長，且結晶形狀大多為平行四邊形偏長條形，其餘頻率音源下的結晶形狀則大多為平行四邊形，不規則形結晶比頻率為 3 的倍數音源下的結晶多。振幅的實驗中，使用振幅為 100 cm、200 cm、300 cm、400 cm 及 500cm，頻率皆為 500Hz 的聲波進行實驗。我們發現振幅越大，結晶越大，但振幅到 300cm 以上所結出來的結晶長度和 300cm 下的結晶無太大差別。多方音源中，音源越多，結晶大小越大。長晶過程部分，結晶會隨著能量前進方向依序長晶。

壹、研究動機

七年級時，曾做過結晶的實驗（磁力對結晶的影響），今年想要把它做延伸，後來發現一個有趣的研究報導：「言語會對水結晶造成影響，若對結晶說你好棒，或給結晶聽美妙的音樂，結晶會長的既完整且結構漂亮；反之，若對結晶說你好噁心、我要殺了你等詞語，結晶則會長的零散不完整。」看到這篇報導，我們對聲音的力量感到好奇，動手去查詢資料後，發現了兩件作品，皆是以聲音來影響結晶，確定聲音對結晶的大小有影響，我們看到這個結果，感到十分興奮，經過討論，決定使用七年級時使用的藥品—硫酸銅進行實驗。



↑ 聽到優美音樂的水結晶



↑ 聽到汙穢詞語的水結晶

貳、研究目的

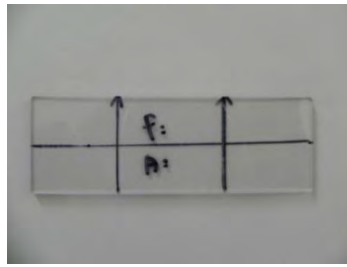
- 一、探討同振幅、不同頻率的聲波對硫酸銅結晶形狀、大小、方向性的影響。
- 二、探討同頻率，不同振幅的聲波對硫酸銅結晶形狀、大小、方向性的影響。
- 三、探討音源個數對硫酸銅結晶形狀、大小、方向性的影響。

參、研究設備及器材

- 一、研究器材：解剖顯微鏡、硫酸銅、喇叭、Dino-Eye(數位顯微鏡轉接器)、玻片、微量滴管、保麗龍盒、濾紙、漏斗、隔音棉、酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架、燒杯、網路攝影機、手電筒。



↑ 圖 3-1 微量滴管



↑ 圖 3-2 玻片(已做好標記)



↑ 圖 3-3 Dino-Eye

二、使用軟體: Dino-capture(測量軟體)、Audacity(聲音軟體)、Photoshop(影片截圖軟體)。

肆、研究過程及方法

- 一、擺設實驗裝置：將喇叭、攝影機、手電筒、玻片皆放至保麗龍盒內擺設好，外接上電腦；將黃色盒子裝五分之一的冰水，在燒杯內裝半杯常溫水，以控制溫度、濕度（溫度控制在 $28.4\sim 28.8^{\circ}\text{C}$ ，濕度控制在 72%），放進保溫箱內。（如圖 4-1）
- 二、將硫酸銅加熱攪拌至 60°C ，使其達飽和狀態。（如圖 4-2）
- 三、用濾紙過濾飽和水溶液中的殘留晶核。（如圖 4-3）



圖 4-1



圖 4-2



圖 4-3

- 四、以微量滴管在玻片上的左右兩個位置各滴一滴飽和硫酸銅水溶液，兩滴溶液到音源距離皆為 4cm（如圖 4-4）。
- 五、開啟喇叭，同時錄影，使其靜置至結晶完畢。
- 六、觀察在不同變因下結晶形狀、大小及方向性的差異。

(一)探討同振幅、不同頻率的聲波對硫酸銅結晶形狀、大小、方向性的影響：使用單一音源，振幅固定為 100cm(80db)，頻率分別為 500Hz、1000Hz、1500Hz、2000Hz。

(二)探討同頻率，不同振幅的聲波對硫酸銅結晶形狀、大小、方向性的影響：使用單一音源，頻率固定為 500Hz，振幅分別為 100cm (80db)、200cm (91db)、300cm (110db)、400cm (124db)、500cm (134db)。(以下振幅皆以公分表示)

(三)探討音源個數對硫酸銅結晶形狀、大小、方向性的影響：頻率固定為 500Hz，振幅固定為 500cm，改變音源數為一個喇叭、兩個喇叭（如圖 4-5）、三個喇叭（如圖 4-6）。



圖 4-4



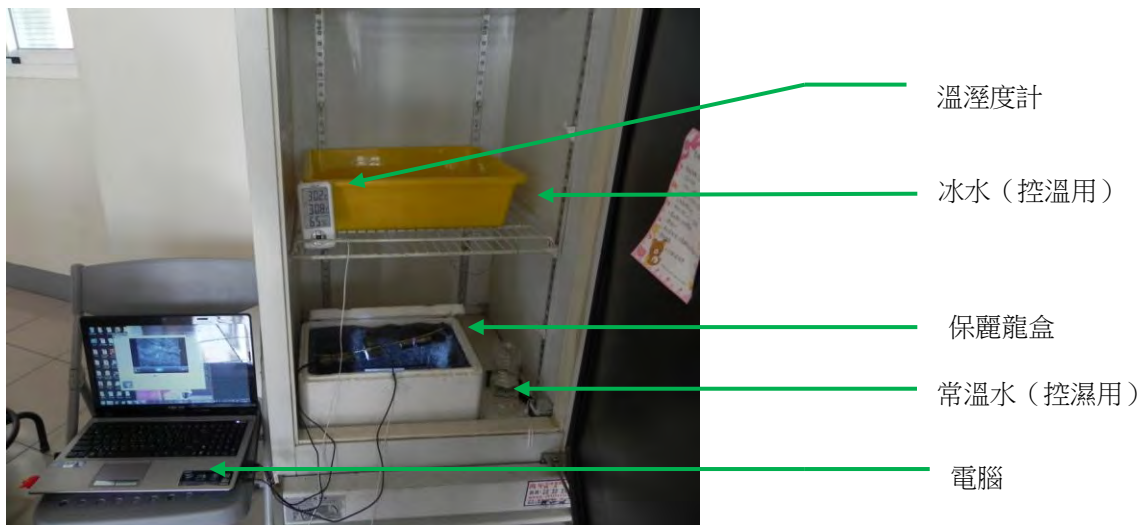
圖 4-5



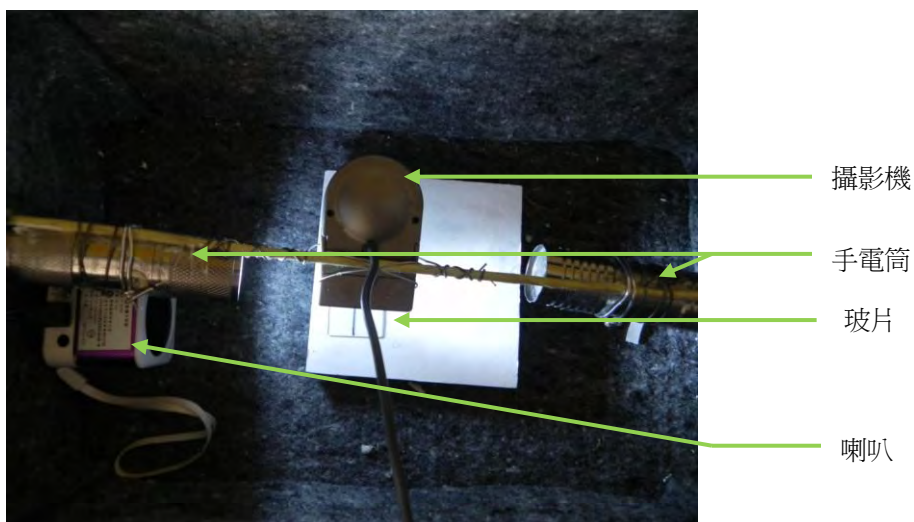
圖 4-6

八、結晶過程以攝影機錄影，再以 Photoshop 擷取六張圖片代表說明。

九、以 Dino-Capture 分別量出玻片上兩滴結晶所有完整結晶的長度(量最長邊)，取其平均值，用以代表該次結晶的結晶長度。

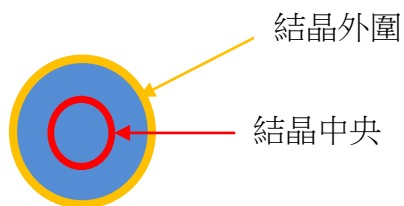


↑ 圖 4-7 實驗裝置圖



↑ 圖 4-8 實驗裝置圖 (保麗龍盒內)

伍、研究結果與討論



研究結果中，所指的「結晶」是一滴硫酸銅水溶液蒸發後組成結晶團的結晶顆粒。「結晶中央」指的是結晶團中心位置，「結晶外圍」指的是硫酸銅結晶團外側部分。

一、觀察結晶長晶過程

(一)對照組結晶長晶過程依序為圖 5-1-1~圖 5-1-6。對照組結晶剛開始會先由底部長晶，底部和表面可分為第一和第二層結晶，在第一層結晶尚還未完全成形之前，第二層結晶會不斷成長，和第一層結晶結為一層，因此最後完成的結晶只會有一層。(如圖 5-1-6)

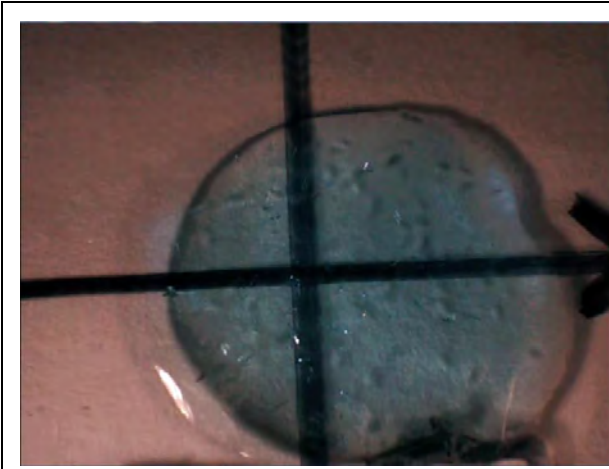


圖 5-1-1 結晶由底部開始長出。



圖 5-1-2 底部結晶成形，液滴表面長出零散的第二層結晶，結晶環繞偏外圍部分生長。

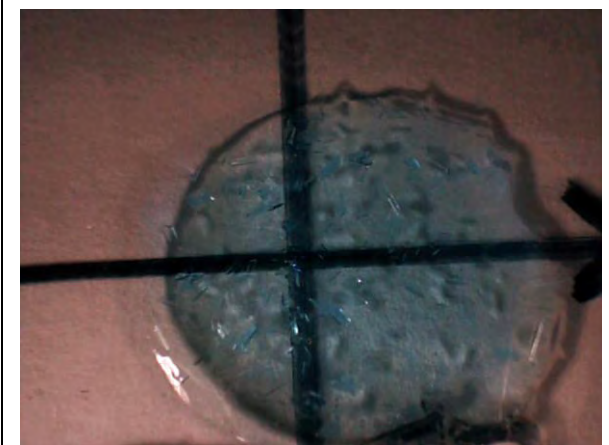


圖 5-1-3 第二層結晶開始向中心長出。

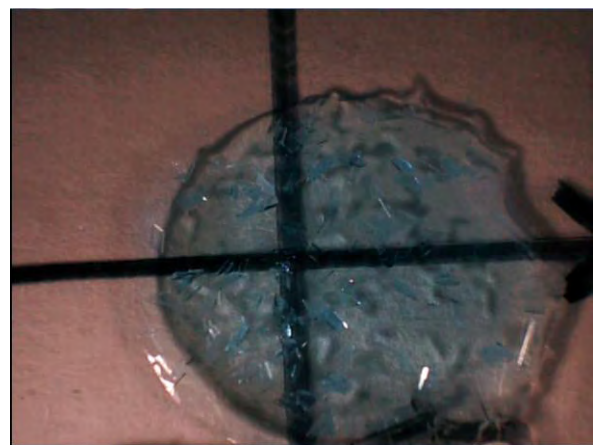


圖 5-1-4 第一、二層結晶都開始成長

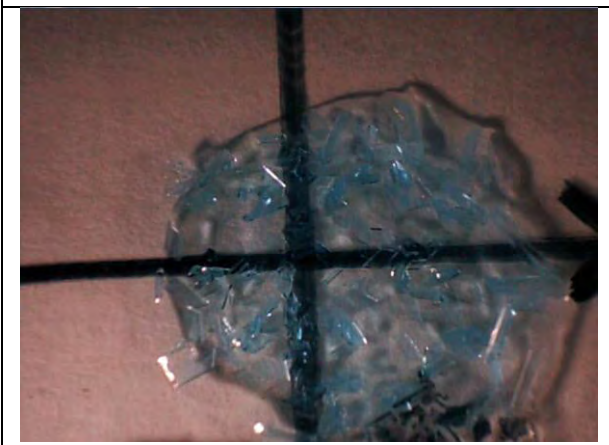


圖 5-1-5 第二層結晶不斷變大，結晶和未完全成形的第一層結晶結合成一層。



圖 5-1-6 結晶完成。

(二)單方音源結晶長晶方向依序為圖 5-2-1~圖 5-2-6。單方音源的結晶沒有分層，結晶直接由靠近音源處，且從液滴底部生長，接著便不斷地成長，由靠近音源處到較遠處；由外圍長到中心，隨著能量的傳送依序生長。

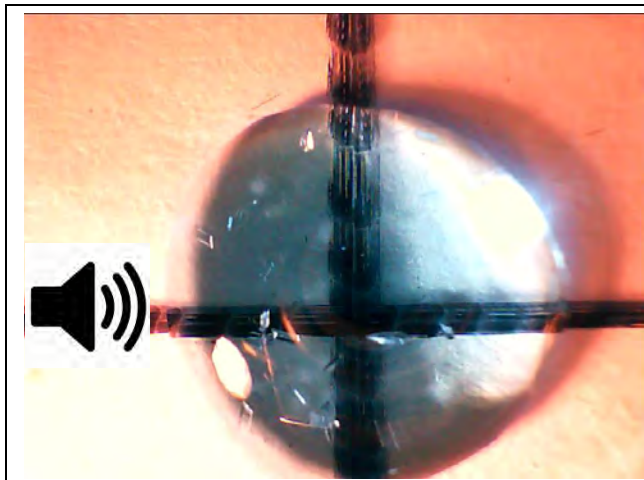


圖 5-2-1 結晶由接近音源處開始長晶。

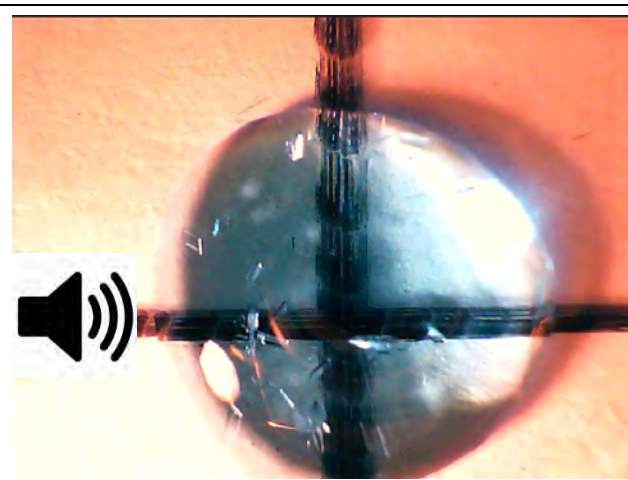


圖 5-2-2 結晶開始向外分布。

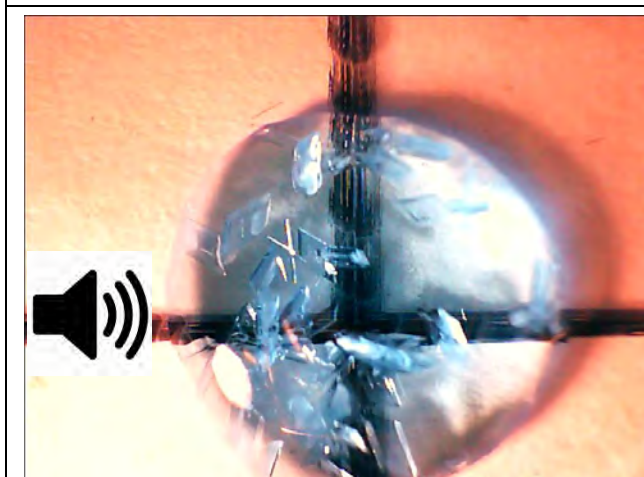


圖 5-2-3 結晶以環繞液滴外圍的方式生長。



圖 5-2-4 結晶漸漸往中心長出。

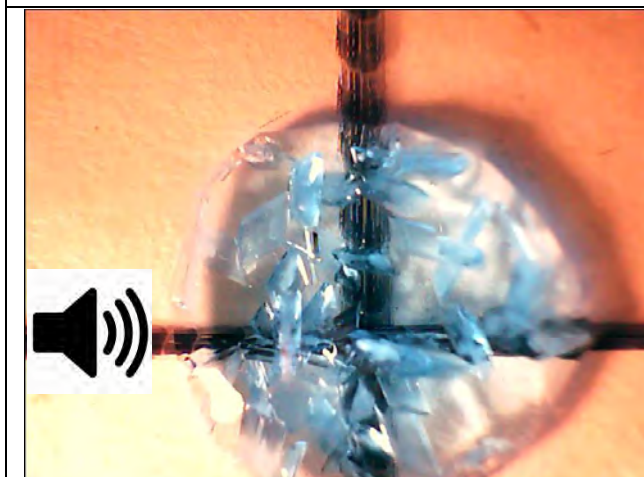


圖 5-2-5 結晶數量增多。

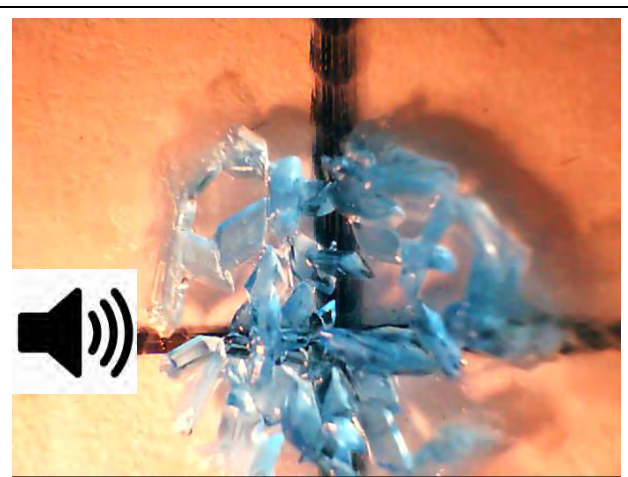


圖 5-2-6 結晶完成。

(三)雙方音源結晶長晶方向依序為圖 5-3-1~圖 5-3-6。雙方音源結晶也沒有分層，結晶從液滴左右兩邊（音源處）開始結晶，接著再往中心聚集，聲音也會推動由外圍生長出來的結晶，使它漸漸向中心聚集。

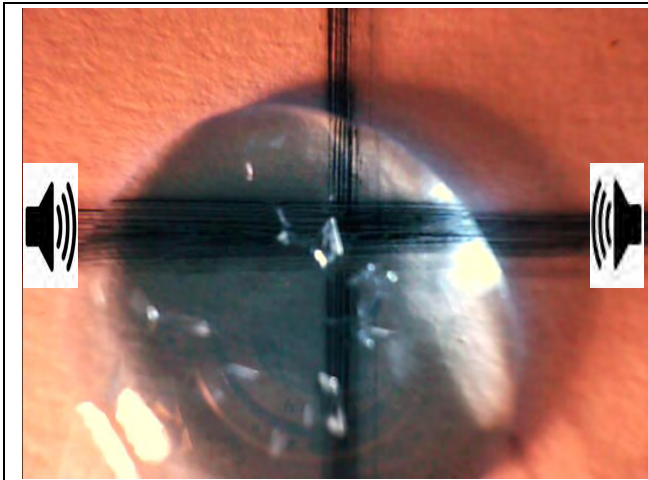


圖 5-3-1 結晶由液滴兩側（音源方向）偏中央位置開始生長。

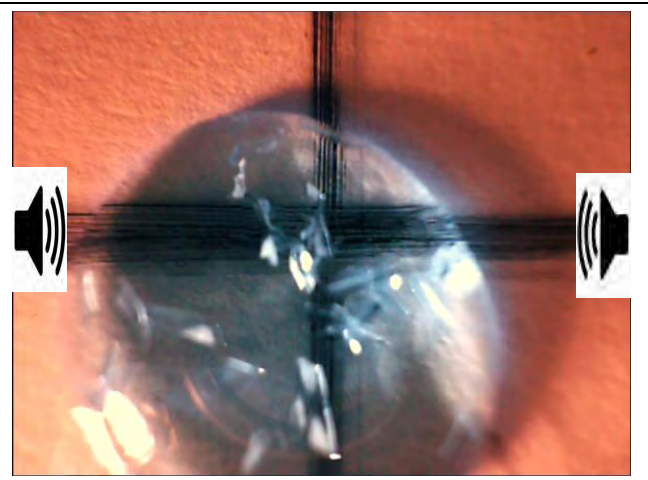


圖 5-3-2 結晶開始往中心生長。

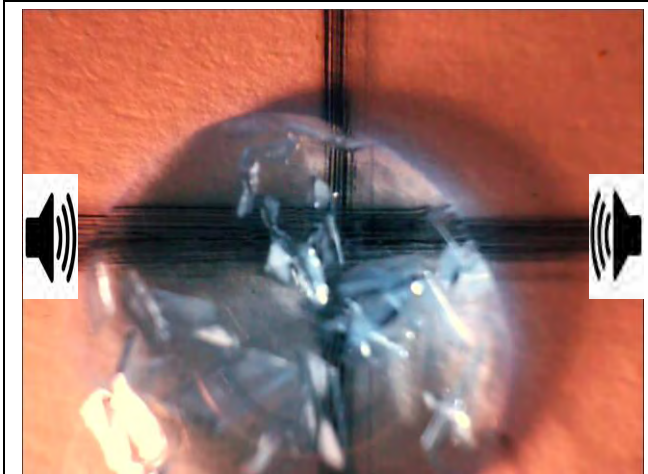


圖 5-3-4 外圍長出結晶。

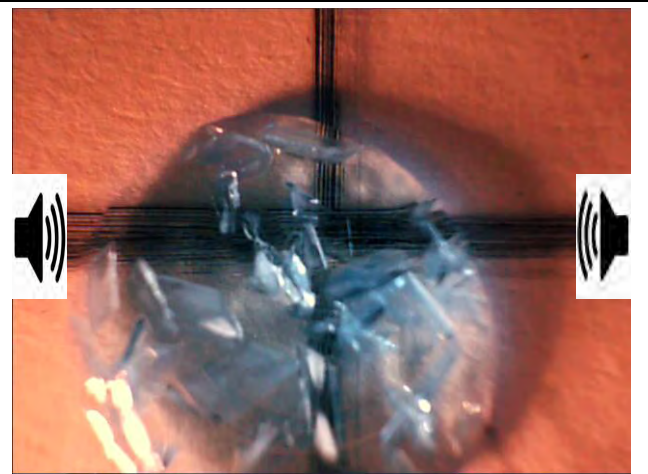


圖 5-3-5 外圍長滿結晶。



圖 5-3-6 外圍生長出來的結晶朝中心聚集。



圖 5-3-7 結晶完成。

(四) 三方音源結晶長晶方向依序為圖 5-4-1~圖 5-4-6。結晶沒有分層，結晶由靠近音源處開始生長，聲音推動結晶，圖中左方音源推動結晶向右，圖中右方音源推動結晶向左，圖中下方音源推動結晶向上，因此結晶被推往中心聚集。

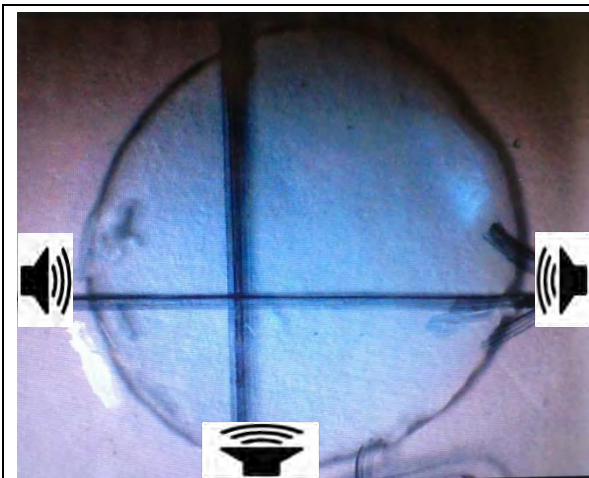


圖 5-4-1 結晶從液滴兩側開始長出。

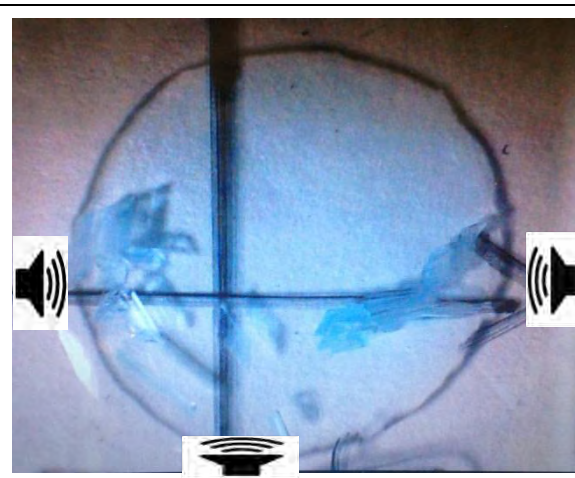


圖 5-4-2 下方結晶開始長出。

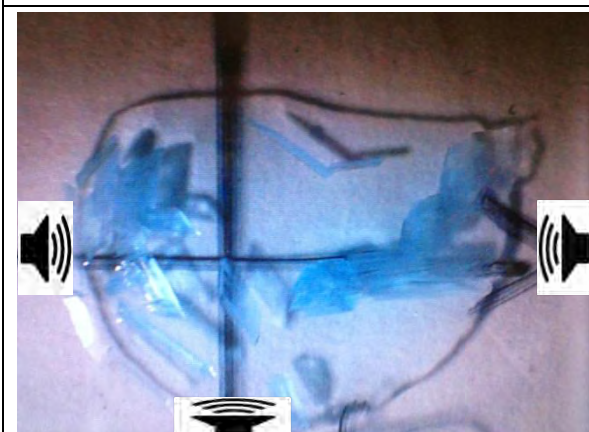


圖 5-4-3 左、右、下方結晶向中心生長。

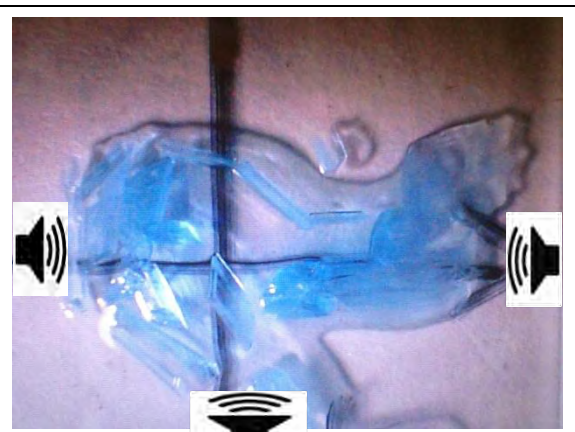


圖 5-4-4 所有結晶聚集在中央。



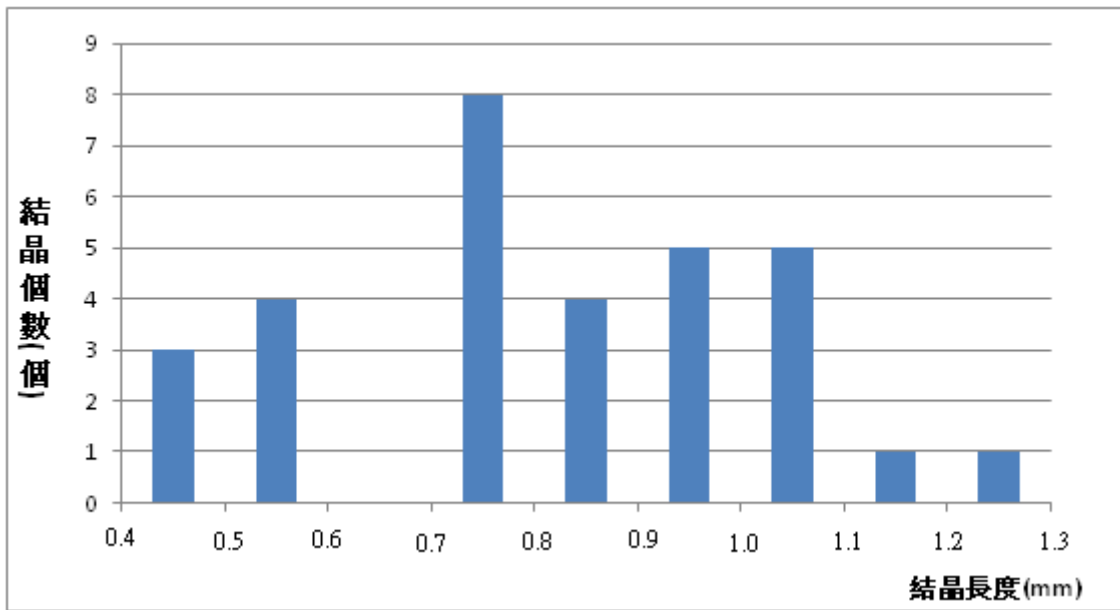
圖 5-4-5 持續向中心結晶。



圖 5-4-6 結晶完成。

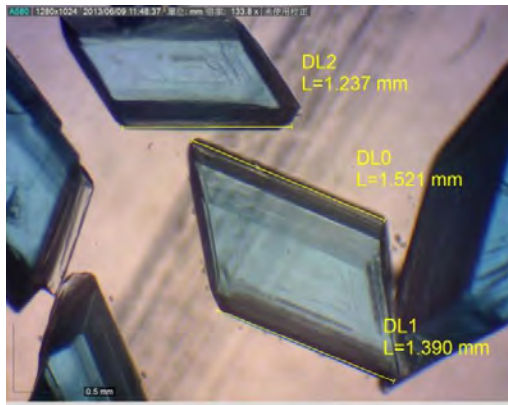
二、觀察結晶大小、形狀。

(一)對照組

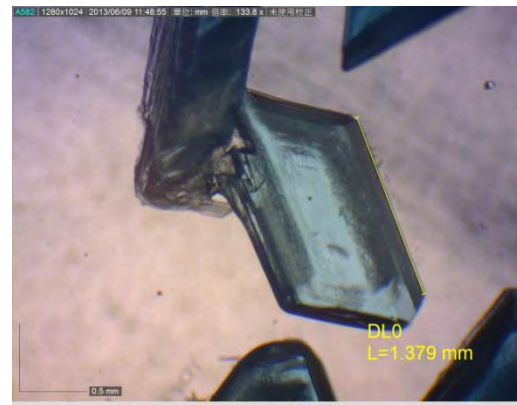


↑ 圖 5-5 對照組結晶大小分布狀況圖

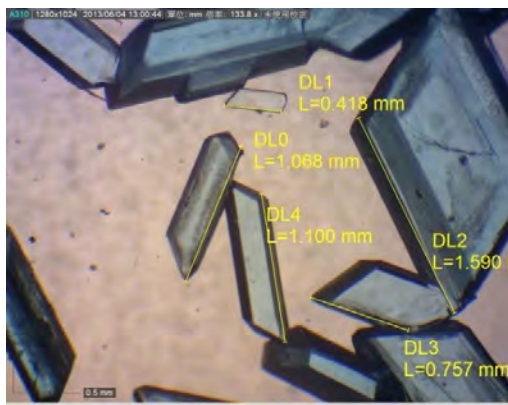
由圖 5-5 可看出，沒有音源的狀況下所長的結晶，其長度以 0.7mm~0.8mm 的數量最多。



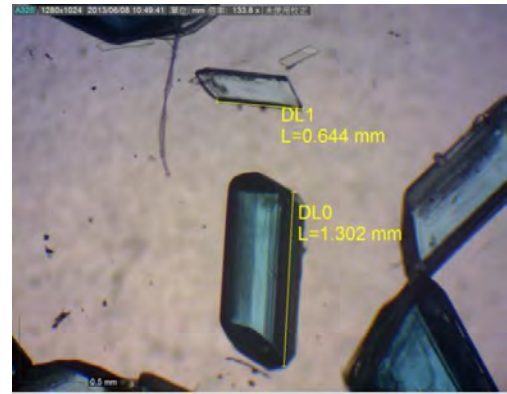
↑ 圖 5-6 對照組顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，結晶旁有些許重疊。



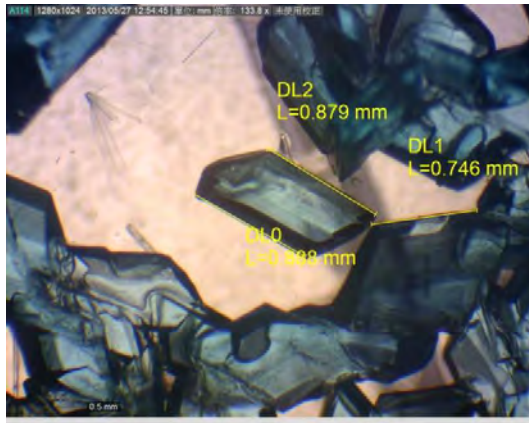
↑ 圖 5-7 對照組顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有和其他結晶連結。



↑ 圖 5-8 對照組顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，結晶旁有些許重疊和連結。



↑ 圖 5-9 對照組顯微鏡下結晶。結晶為長條形，並且有互相連結的情形。

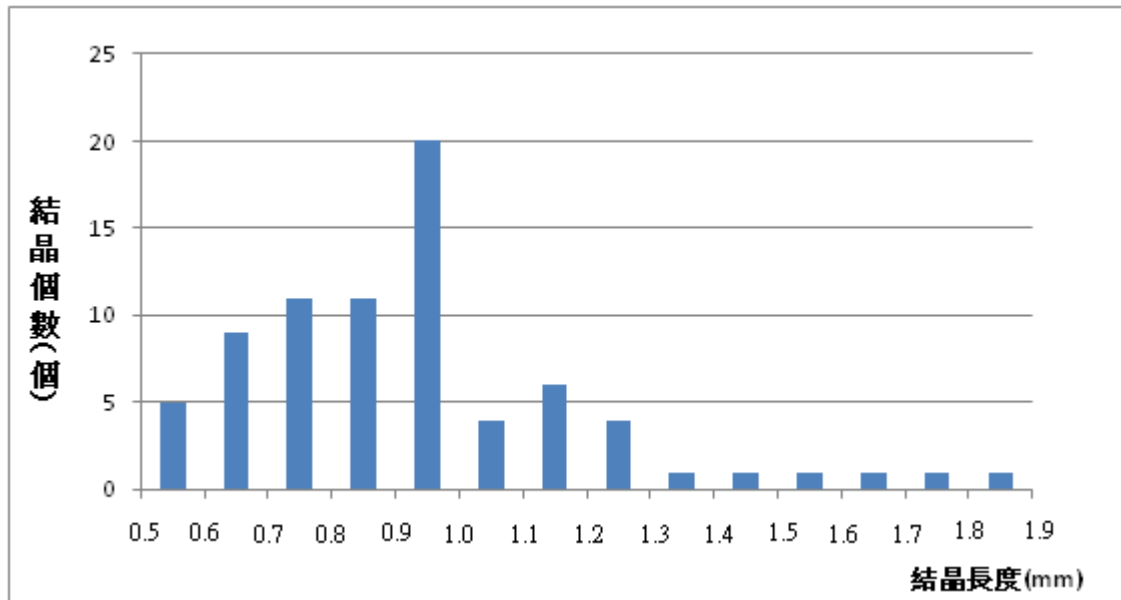


↑圖 5-10 對照組顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有不規則結晶與其重疊。



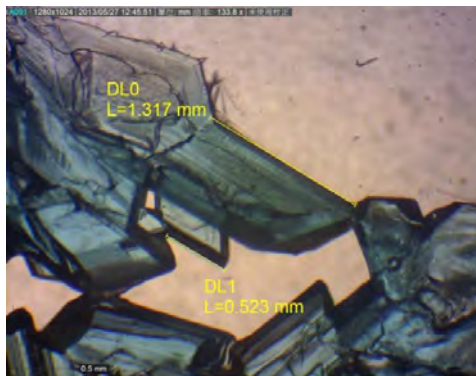
↑圖 5-11 對照組顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，並且互相重疊。

(二)振幅 100cm，頻率 500Hz

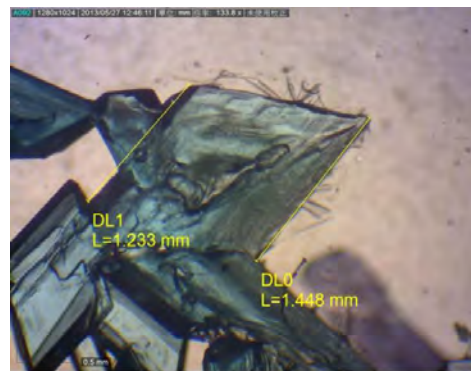


↑圖 5-12 振幅 100cm，頻率 500Hz 結晶大小分布狀況圖

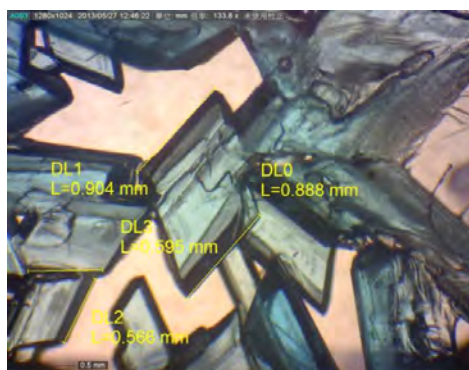
由圖 5-12 可看出，在振幅 100 公分，頻率 500Hz 的音源下所生長的結晶，其長度範圍大多分布在 0.6mm 到 1.0mm 之間。



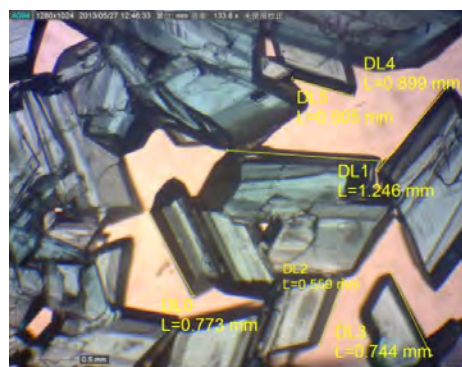
↑圖 5-13 振幅 100 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為長條形及平行四邊形，有些重疊的平行四邊形結晶，成為聚集的一團結晶。



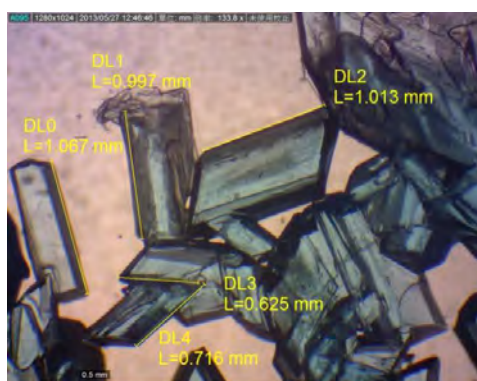
↑圖 5-14 振幅 100 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，周圍有少數的結晶與其重疊。



↑圖 5-15 振幅 100 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為結構完整的平行四邊形，上面也有一些不規則的結晶交疊。



↑圖 5-16 振幅 100 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶大多為平行四邊形及偏長柱狀的平行四邊形，結晶有些許重疊。旁邊也可看到許多結晶交疊的結晶。

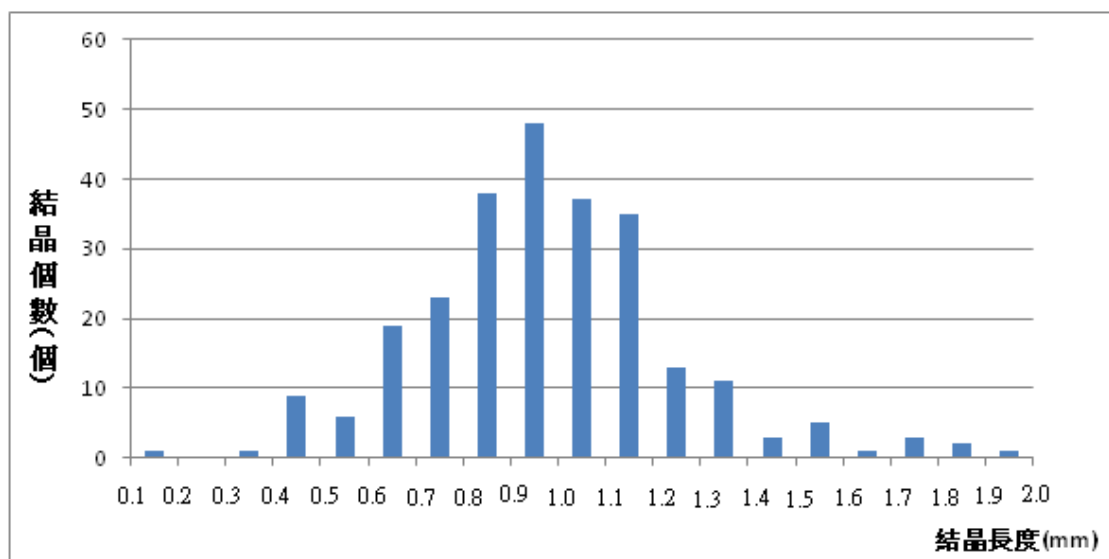


↑圖 5-17 振幅 100 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及偏長柱狀的平行四邊形，且結晶大量重疊。



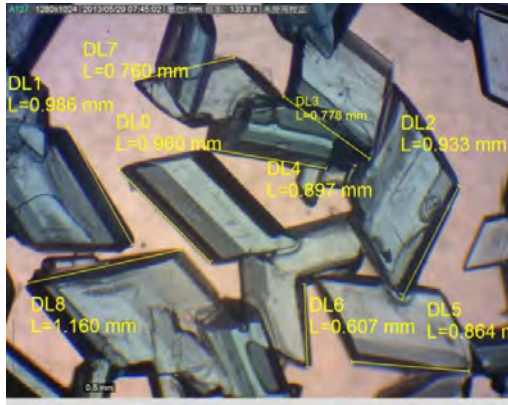
↑圖 5-18 振幅 100 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，但有不規則形的結晶重疊。

(三) 振幅 200cm，頻率 500Hz

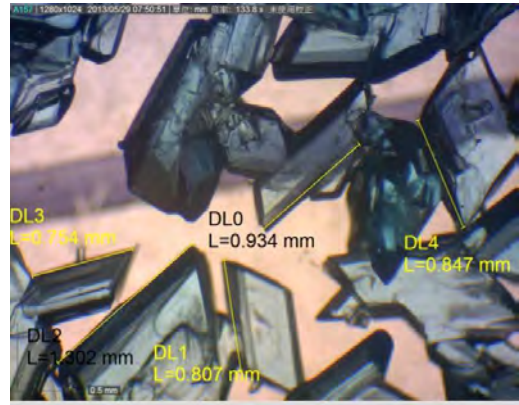


↑圖 5-19 振幅 200cm，頻率 500Hz 結晶大小分布狀況圖

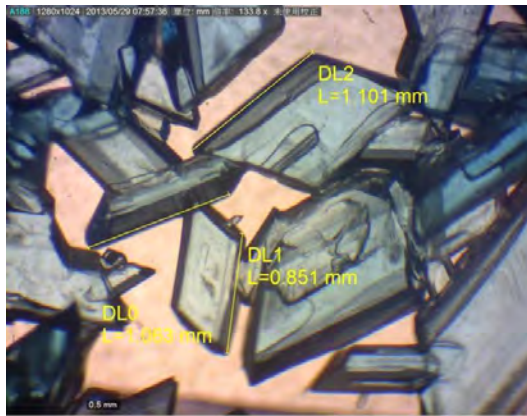
由上圖 5-19 可看出，在振幅 200 公分，頻率 500Hz 的音源下所生長的結晶，其長度範圍大多分布在 0.6mm 到 1.2mm 之間。



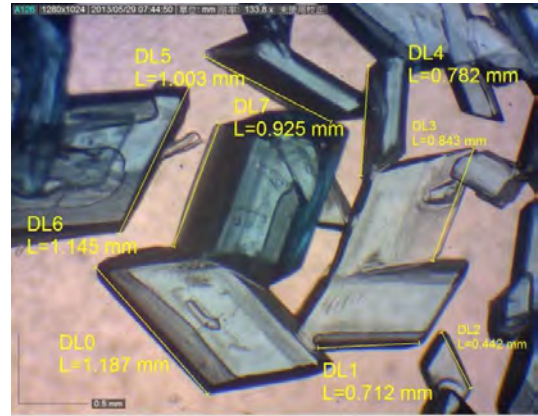
↑圖 5-20 振幅 200 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為結構清楚的平行四邊形，雖然有些許重疊，但仍可分辨清楚結晶形狀。



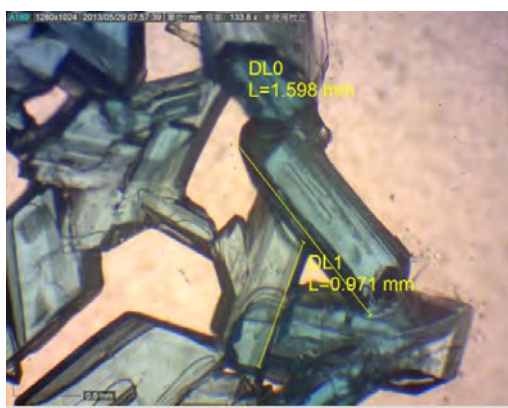
↑圖 5-21 振幅 200 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶有平行四邊形，以及長條形。有少數的不規則形結晶生長在旁。



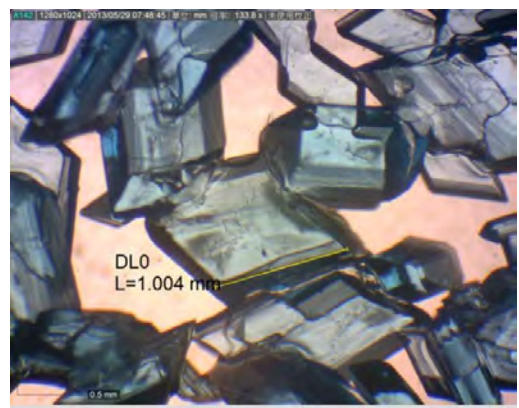
↑圖 5-22 振幅 200 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，結晶有相互交疊的情況。



↑圖 5-23 振幅 200 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及較小的長條形，結晶的邊緣也有些許重疊。

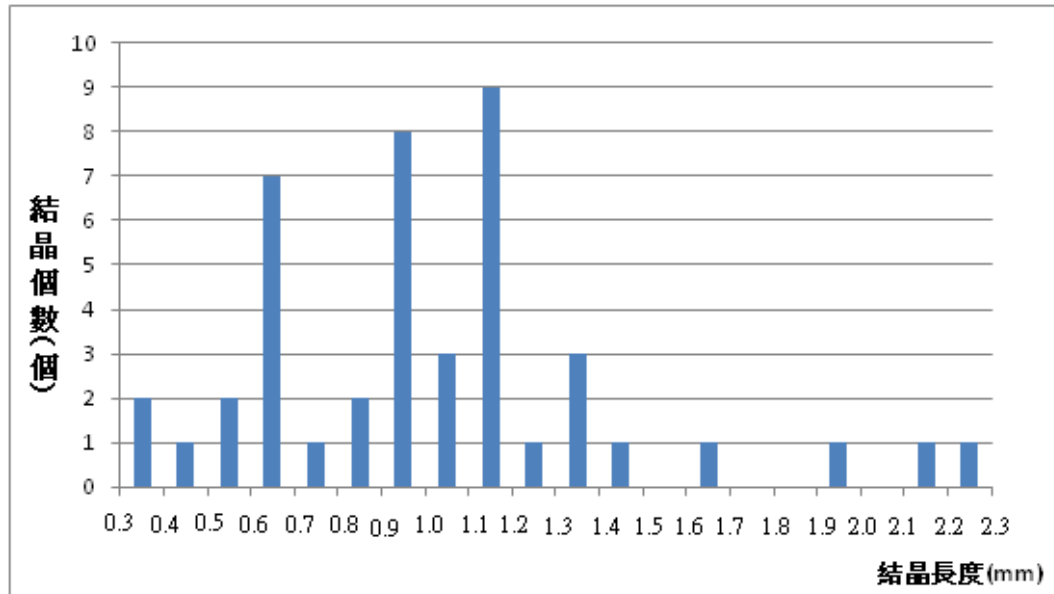


↑圖 5-24 振幅 200 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及長條形，有較小顆的平行四邊形結晶重疊。



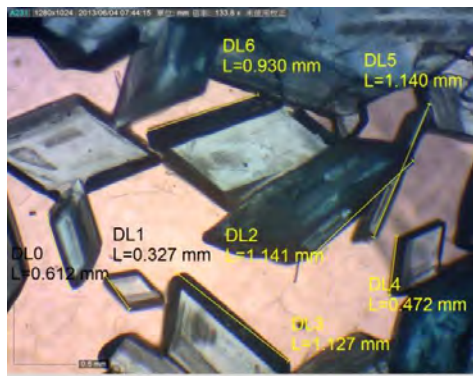
↑圖 5-25 振幅 200 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶生長密集，而且有相當多的重疊，不過仍可看出結晶大部分為平行四邊形。

(四)振幅 300cm，頻率 500Hz

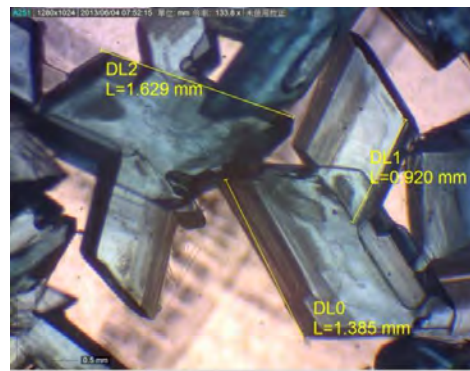


↑圖 5-26 振幅 300cm，頻率 500Hz 結晶大小分布狀況圖

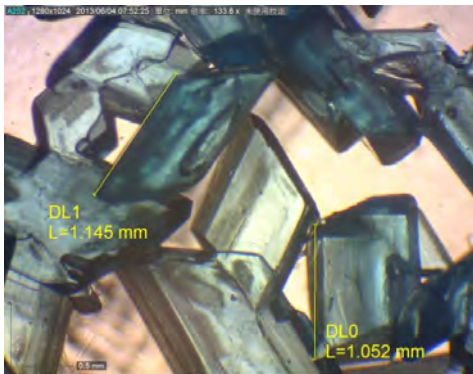
由上圖 5-19 可看出，在振幅 300 公分，頻率 500Hz 的音源下所生長的結晶，其長度大多為 0.6mm~0.7mm、0.9mm~1.0mm 和 1.1mm~1.2mm 的數量較多。



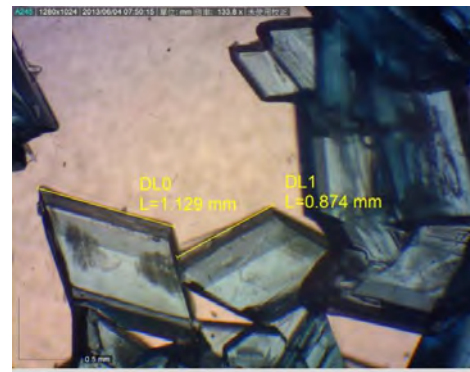
↑圖 5-27 振幅 300 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，周圍有一些重疊，也可看到較小的平行四邊形結晶。



↑圖 5-28 振幅 300 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，在結晶的邊緣有一些重疊。



↑圖 5-29 振幅 300 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，雖有些重疊但仍可看出其形狀。



↑圖 5-30 振幅 300 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，也可看出旁邊有一些重疊。

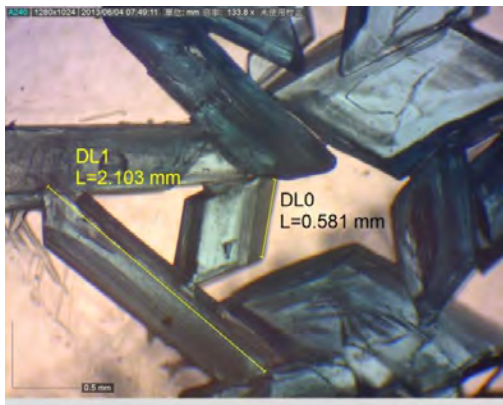


圖 5-31 振幅 300 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及長條形，也有較小結晶與其重疊。

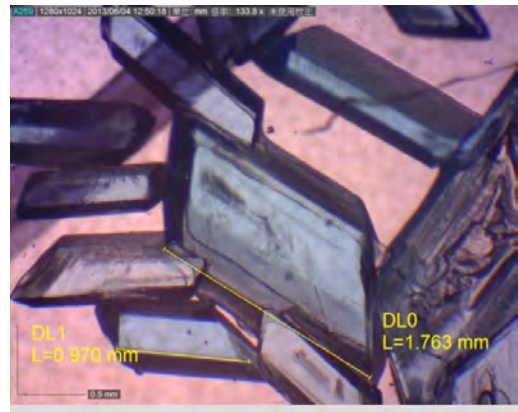
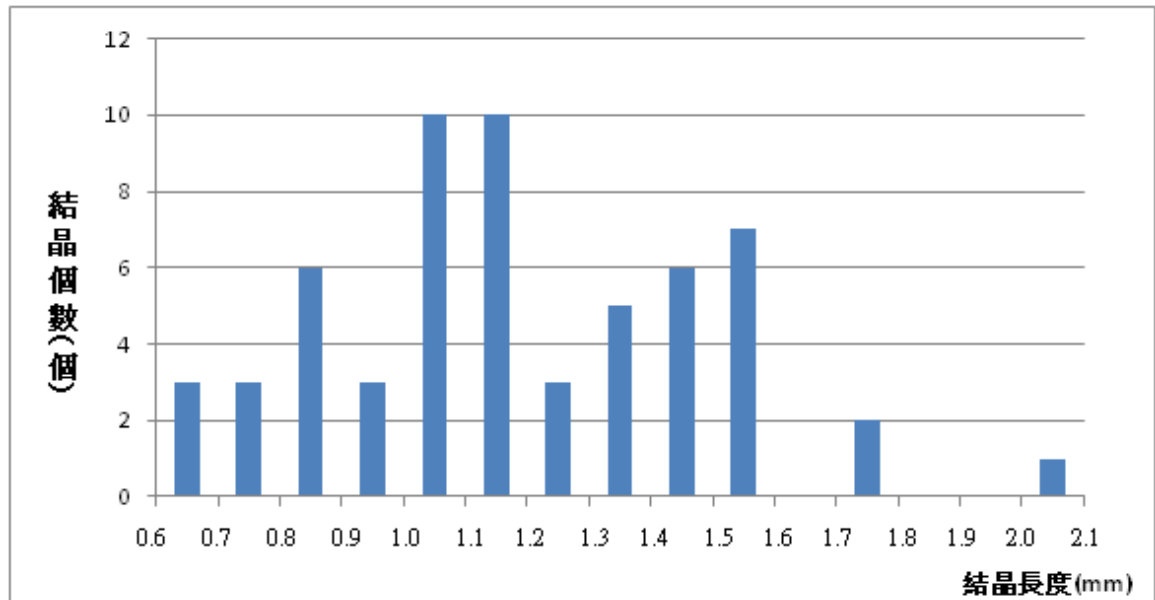


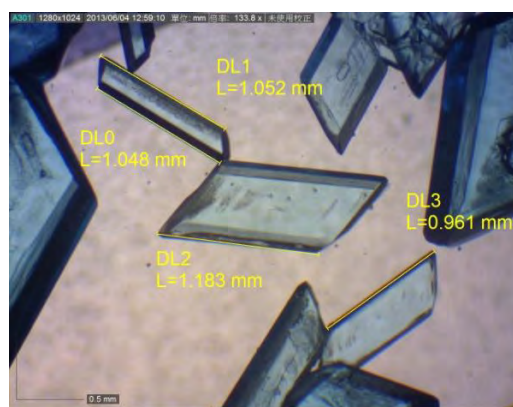
圖 5-32 振幅 300 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶皆為偏長柱狀的平行四邊形結晶，有些微重疊狀況。

(五)振幅 400cm，頻率 500Hz

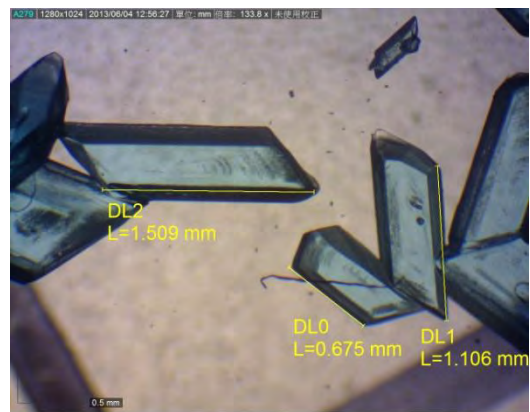


↑圖 5-33 振幅 400cm，頻率 500Hz 結晶大小分布狀況圖

由上圖 5-33 可看出，在振幅 400 公分，頻率 500Hz 的音源下所生長的結晶，其長度以 1.0mm 到 1.2mm 數量最多。



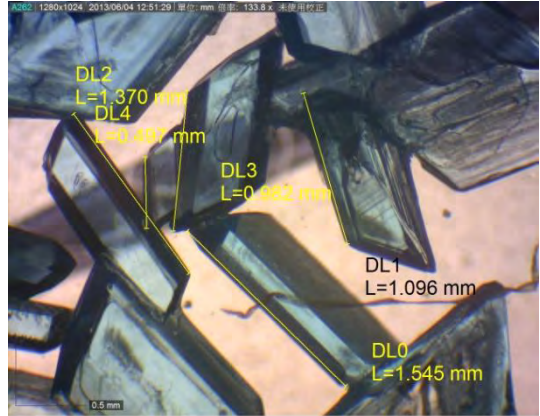
↑圖 5-34 振幅 400 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和長柱形，有互相連結和重疊的結晶。



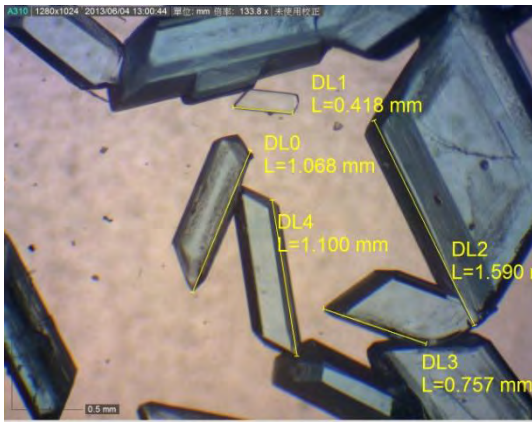
↑圖 5-35 振幅 400 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶有平行四邊形和偏長條的平行四邊形，其大小不一。



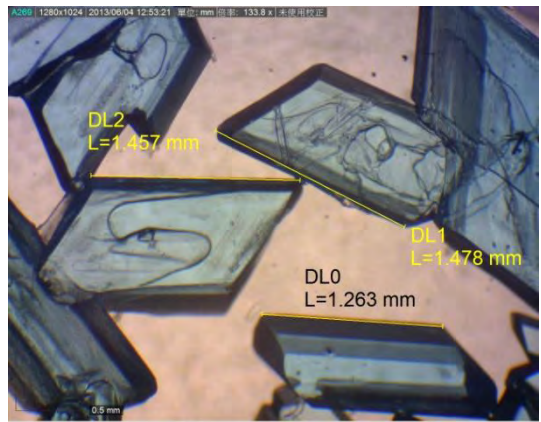
↑圖 5-36 振幅 400 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有些較小的結晶與其重疊。



↑圖 5-37 振幅 400 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有互相連結且輕微重疊狀況。

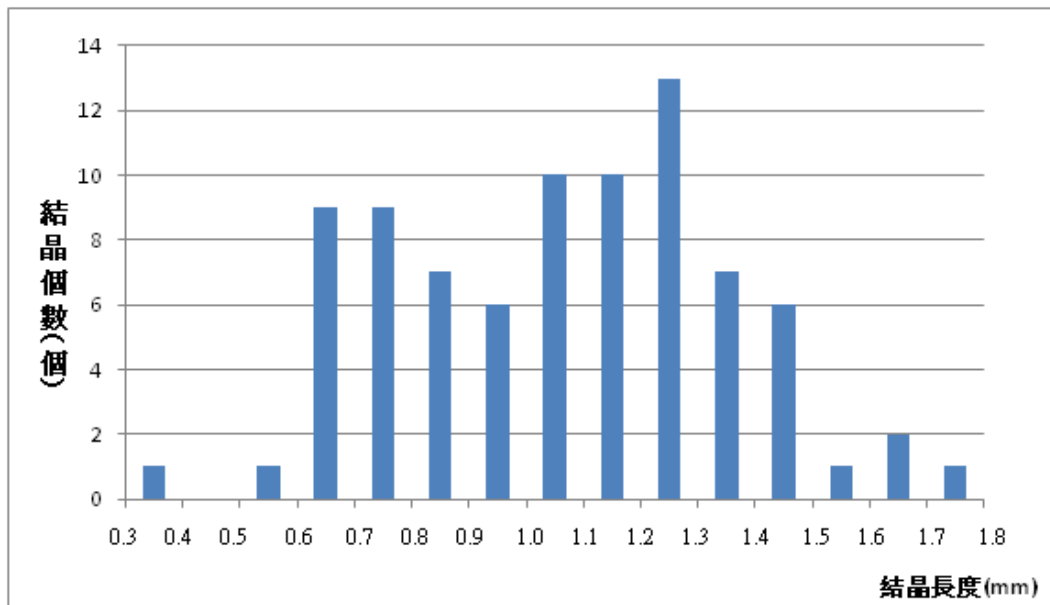


↑圖 5-38 振幅 400 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，也有些較小的結晶與其重疊。



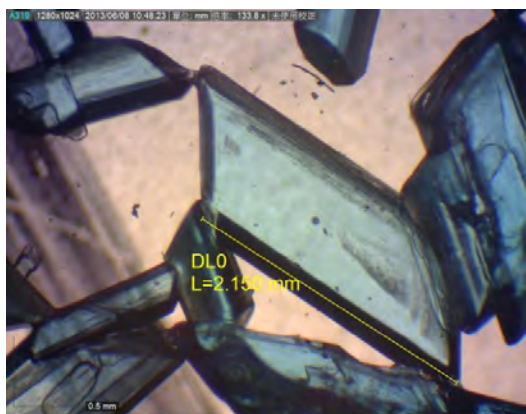
↑圖 5-39 振幅 400 公分，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶有平行四邊形和偏長條的平行四邊形，還有一些不規則的結晶與其重疊。

(六) 振幅 500cm，頻率 500Hz

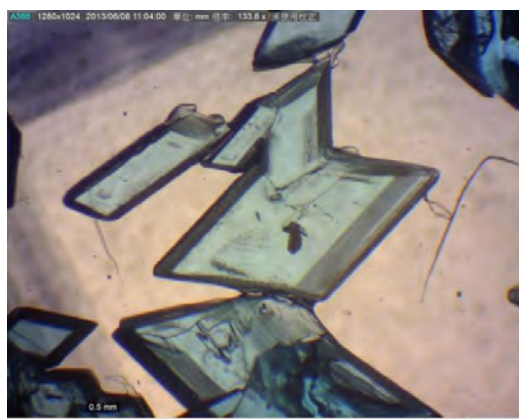


↑圖 5-40 振幅 500cm，頻率 500Hz 結晶大小分布狀況圖

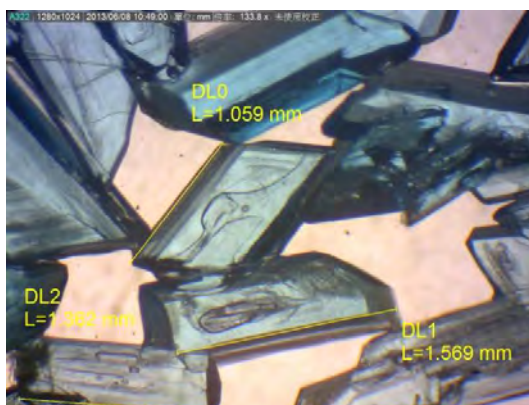
由圖 5-40 可看出，在振幅 500 公分，頻率 500Hz 的音源下所生長的結晶，其長度範圍大多分布在 0.6mm 到 1.5mm 之間。



↑圖 5-41 振幅 500cm，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，也有些許長條形結晶與其重疊。



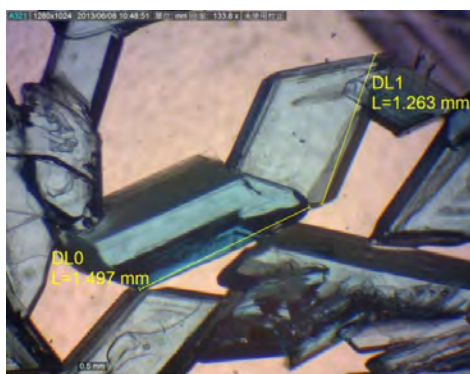
↑圖 5-42 振幅 500cm，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和長條形，結晶邊緣也有些許重疊。



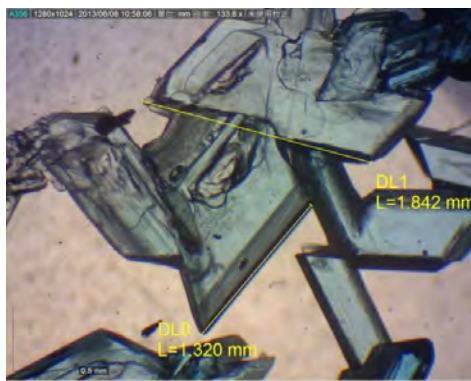
↑圖 5-43 振幅 500cm，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，還有一些不規則的結晶與其重疊。



↑圖 5-44 振幅 500cm，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有互相連結且輕微重疊狀況。

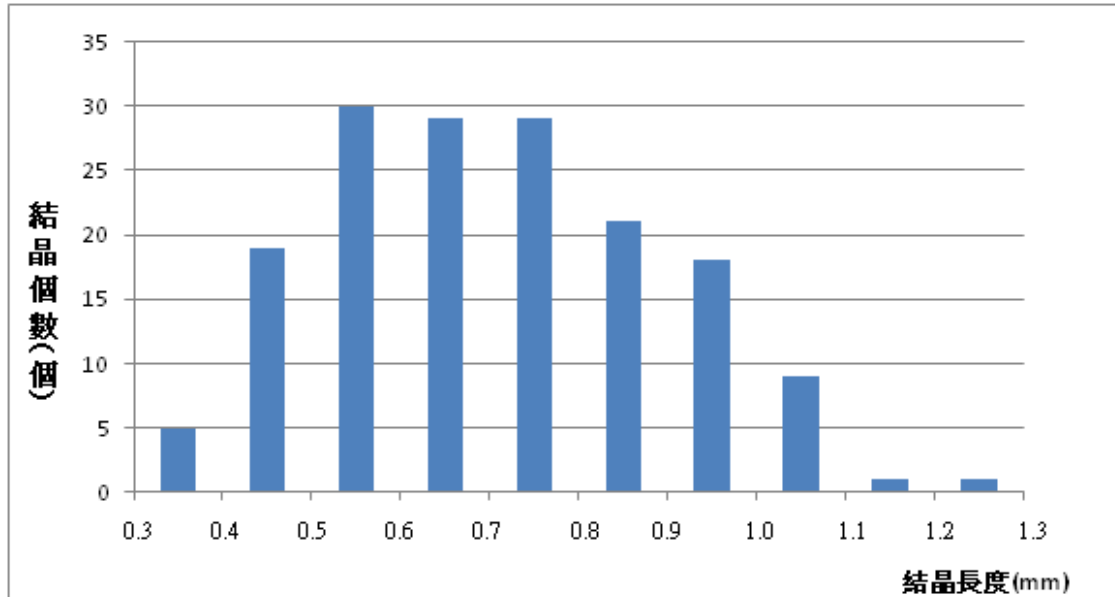


↑圖 5-45 振幅 500cm，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，還有些不規則結晶與其重疊。



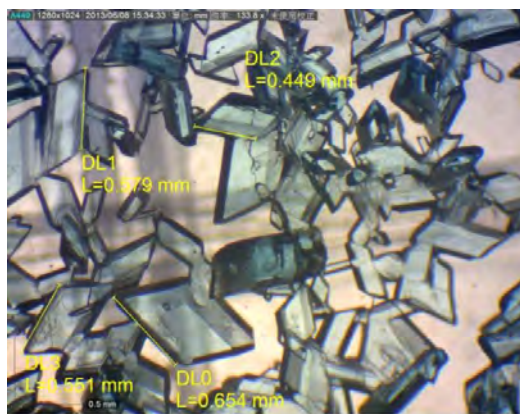
↑圖 5-46 幅 500cm，頻率 500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和長條形，還有些不規則的結晶與其重疊。

(七)振幅 100cm，頻率 1000Hz

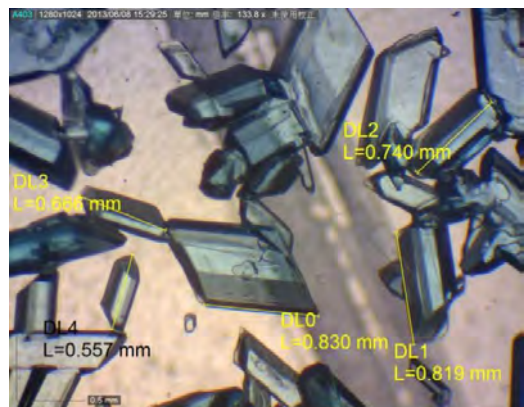


↑圖 5-47 振幅 100cm，頻率 1000Hz 結晶大小分布狀況圖

由上圖 5-47 可以看出，在振幅 100cm，頻率 1000Hz 的音源下所生長的結晶，長度分布在 0.5mm 到 0.8mm 之間。



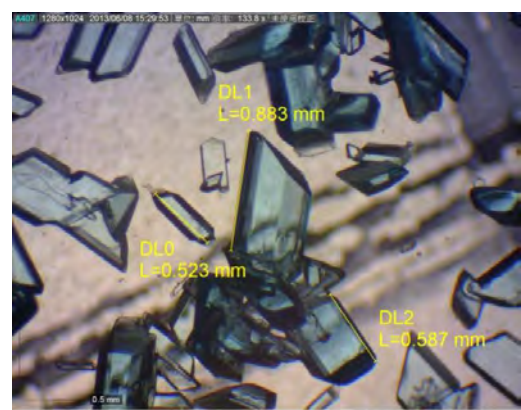
↑圖 5-48 振幅 100cm，頻率 1000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為較小的平行四邊形，並且互相重疊。



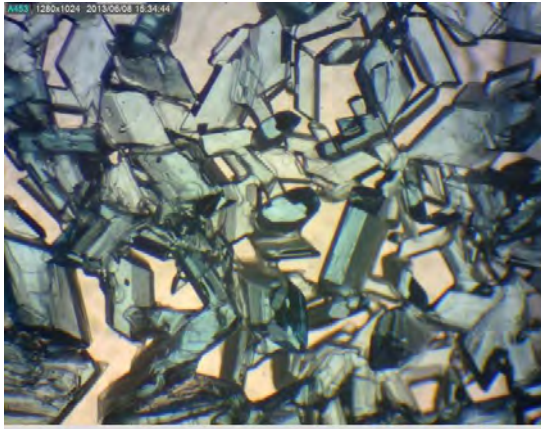
↑圖 5-49 振幅 100cm，頻率 1000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為較小的平行四邊形，還有不規則的小結晶與其重疊。



↑圖 5-50 振幅 100cm，頻率 1000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及長條形，並且互相重疊。

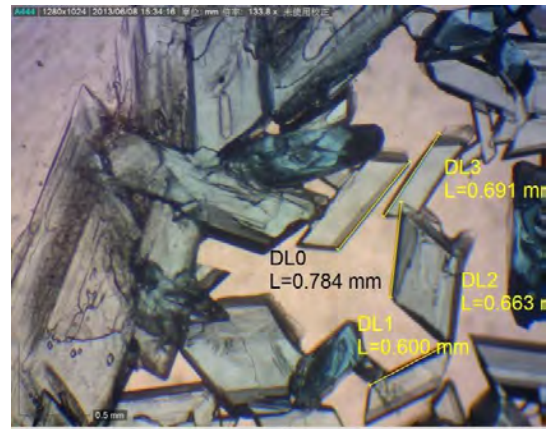


↑圖 5-51 振幅 100cm，頻率 1000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及較小的長條形，並且會重疊成結晶團。

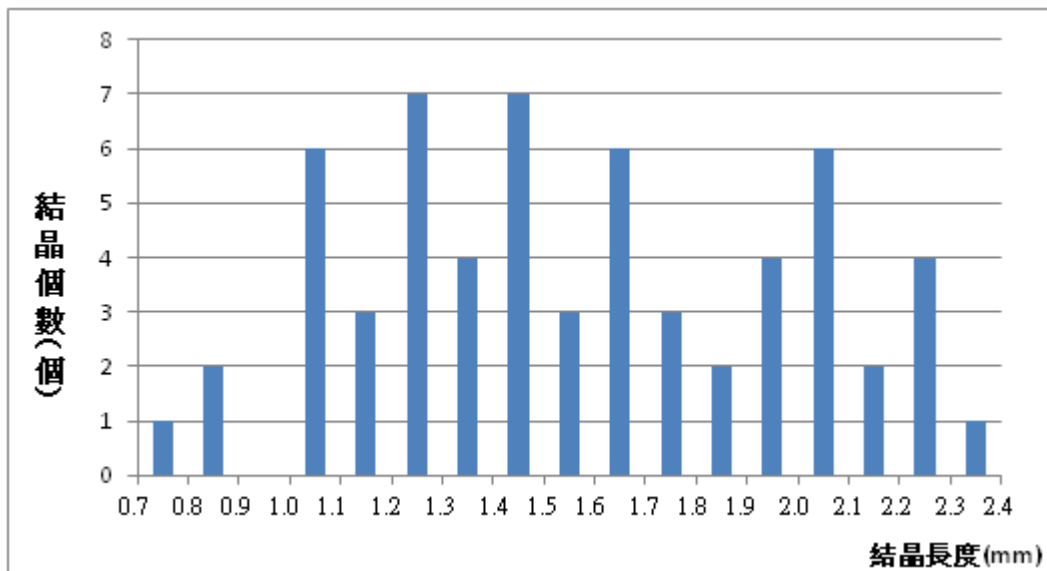


↑圖 5-52 振幅 100cm，頻率 1000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為較小的平行四邊形和長條形，並且有互相重疊的狀況。

(八)振幅 100cm，頻率 1500Hz

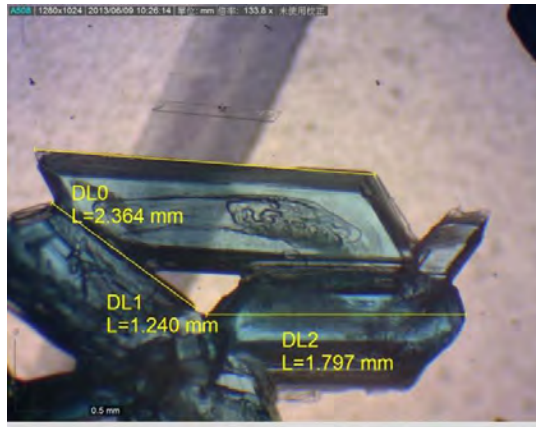


↑圖 5-53 振幅 100cm，頻率 1000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，還有一些較小的長條形結晶和不規則結晶與其重疊。

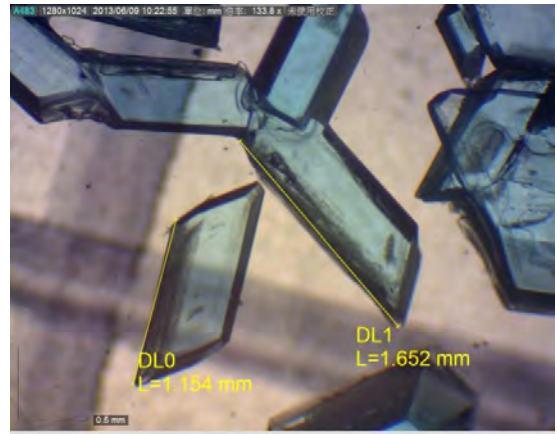


↑圖 5-54 振幅 100cm，頻率 1500Hz 結晶大小分布狀況圖

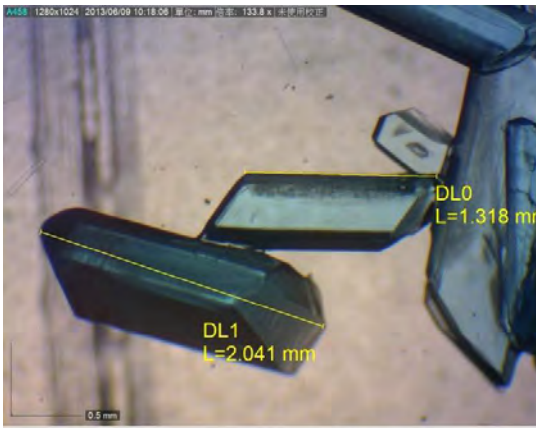
由圖 5-54 可看出，在振幅 100 公分，頻率 1500Hz 的音源下所生長的結晶，其長度以 1.0mm~1.1mm、1.2mm~1.3mm、1.4mm~1.5mm、1.6mm~1.7mm 和 2.0mm~2.1mm 的數量較多。



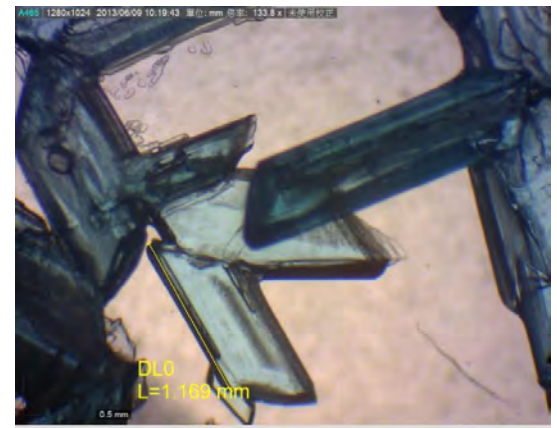
↑圖 5-55 振幅 100cm，頻率 1500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，還有重疊的情況。



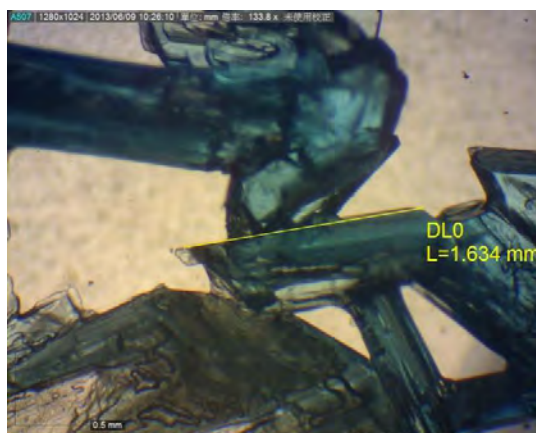
↑圖 5-56 振幅 100cm，頻率 1500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊和偏長柱狀的平行四邊形，結晶會連結或重疊。



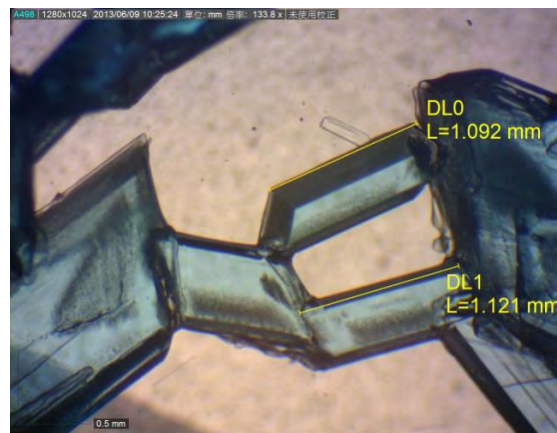
↑圖 5-57 振幅 100cm，頻率 1500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊和偏長柱狀的平行四邊形，結晶會連結或重疊。



↑圖 5-58 振幅 100cm，頻率 1500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和長條形，結晶會連結或重疊。

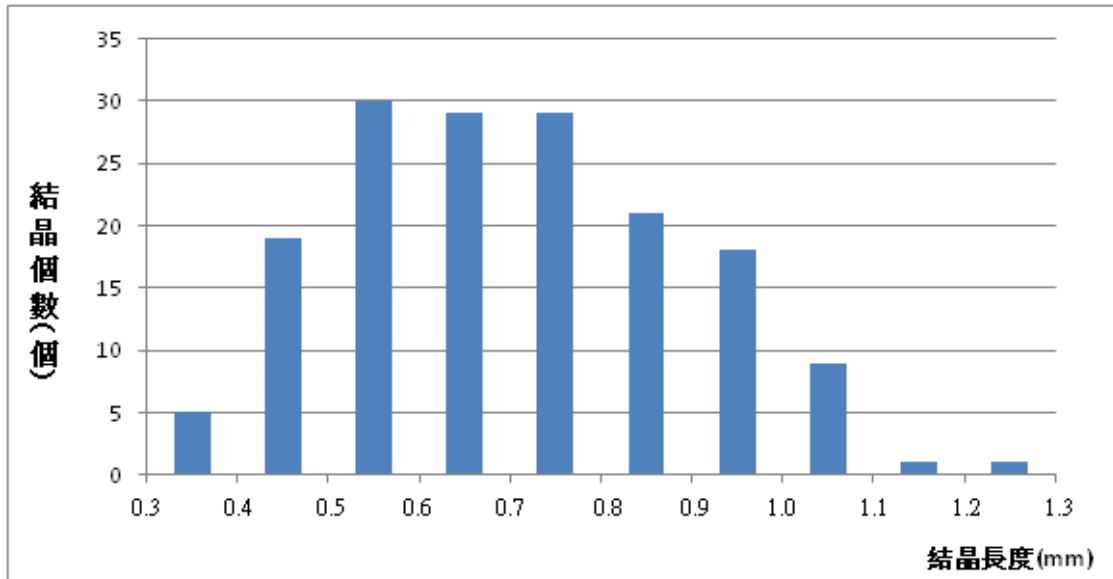


↑圖 5-59 振幅 100cm，頻率 1500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和不規則形，並且會重疊和連結。



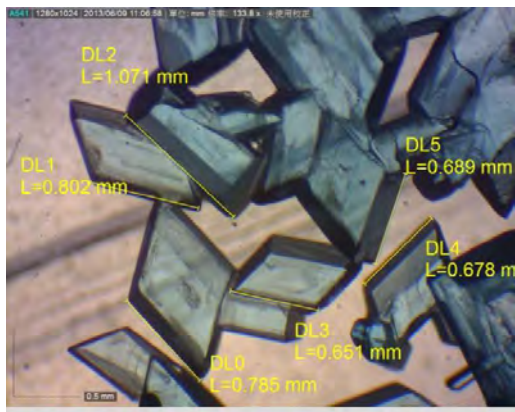
↑圖 5-60 振幅 100cm，頻率 1500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，結晶會連結或重疊。

(九)振幅 100cm，頻率 2000Hz

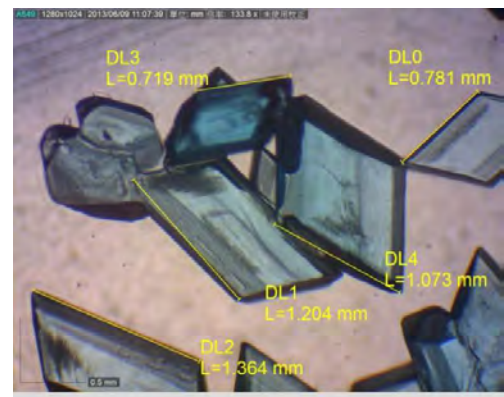


↑圖 5-61 振幅 100cm，頻率 2000Hz 結晶大小分布狀況圖

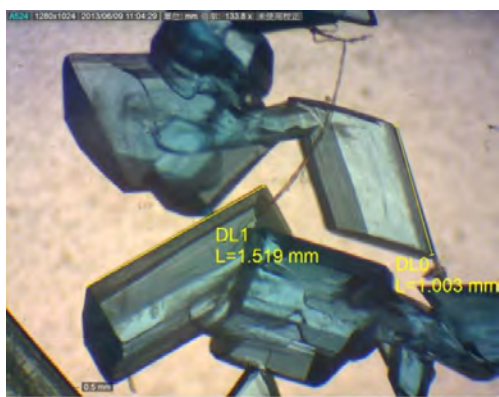
由圖 5-61 可看出，在振幅 100 公分，頻率 2000Hz 的音源下所生長的結晶，其長度範圍大多分布在 0.5mm 到 0.8mm 之間。



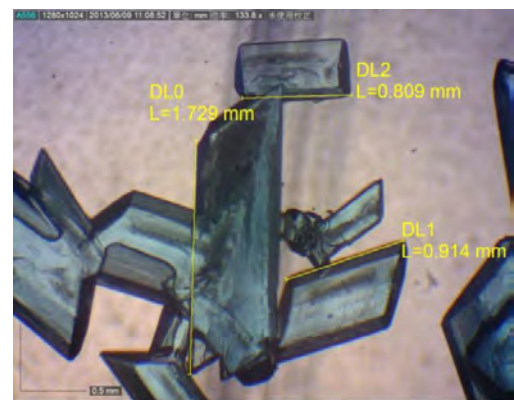
↑圖 5-62 振幅 100cm，頻率 2000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，而且連結和重疊。



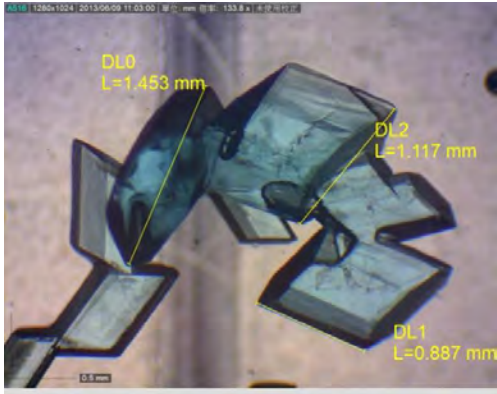
↑圖 5-63 振幅 100cm，頻率 2000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有少許的不規則結晶與其重疊。



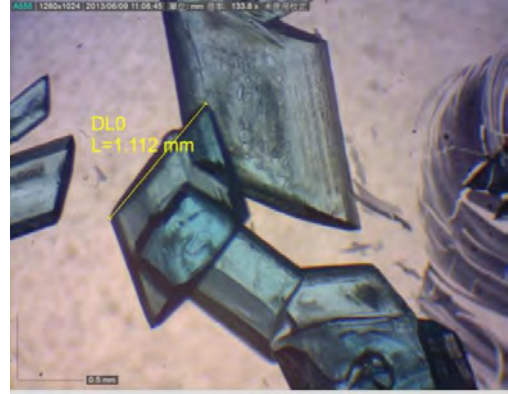
↑圖 5-64 振幅 100cm，頻率 2000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有一些不規則結晶與其重疊。



↑圖 5-65 振幅 100cm，頻率 2000Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，會互相重疊和連結。

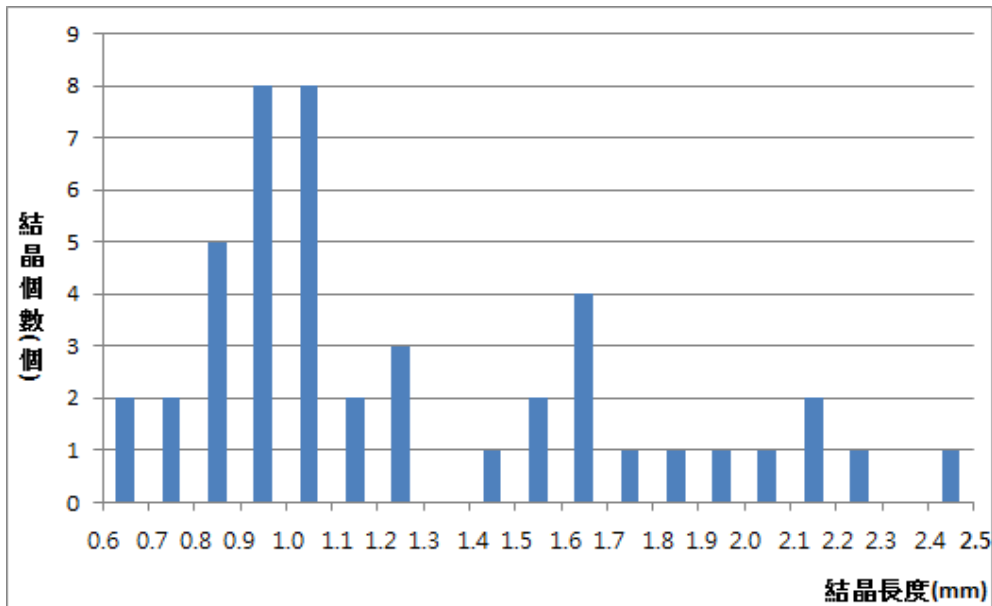


↑圖 5-66 振幅 100cm，頻率 1500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，會互相重疊和連結。



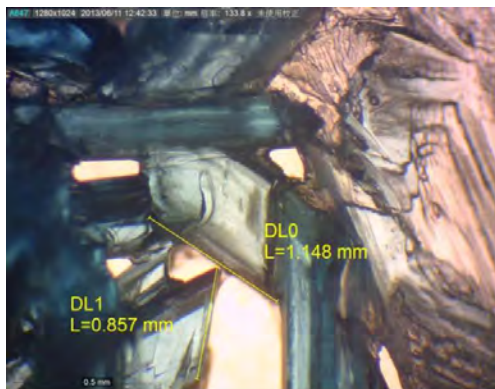
↑圖 5-67 振幅 100cm，頻率 1500Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，會互相重疊。

(十) 振幅 100cm，頻率 1200Hz

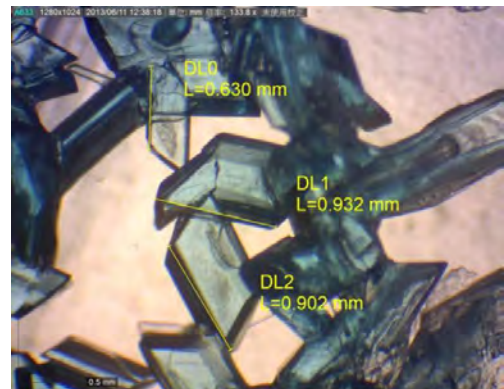


↑圖 5-68 振幅 100cm，頻率 1200Hz 結晶大小分布狀況圖

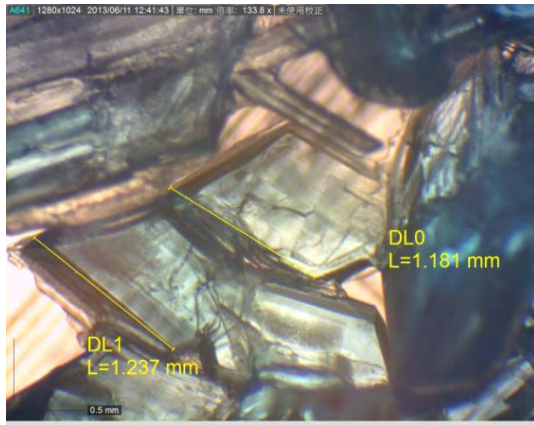
由圖 5-68 可看出，在振幅 100 公分，頻率 1200Hz 的音源下所生長的結晶，其長度範圍大多分布在 0.8mm 到 1.1mm 之間。



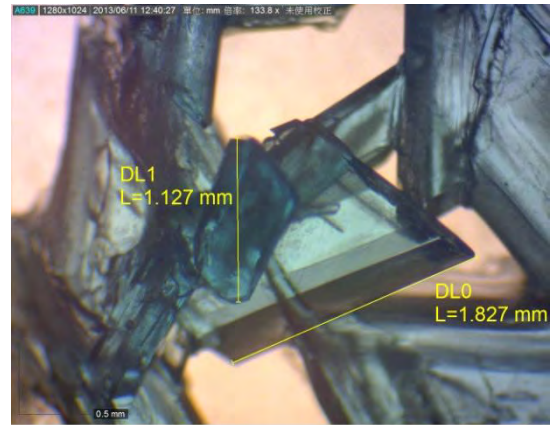
↑圖 5-69 振幅 100cm，頻率 1200Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，並且會重疊。



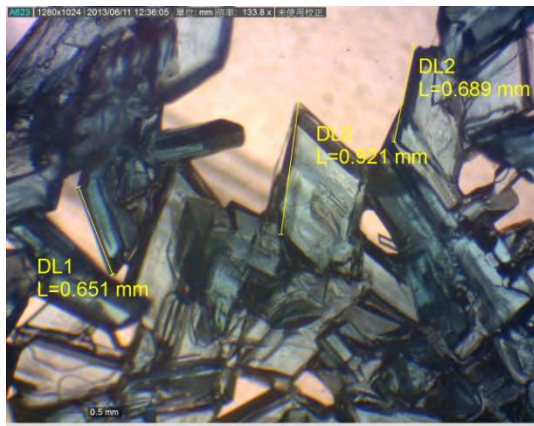
↑圖 5-70 振幅 100cm，頻率 1200Hz 顯微鏡下結晶。結晶為較小平行四邊形和長條形，並且會重疊和連結。



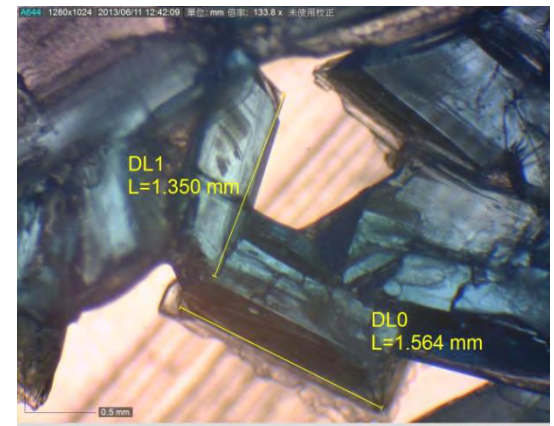
↑圖 5-71 振幅 100cm，頻率 1200Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，並且會重疊及連結。



↑圖 5-72 振幅 100cm，頻率 1200Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，並且會重疊。

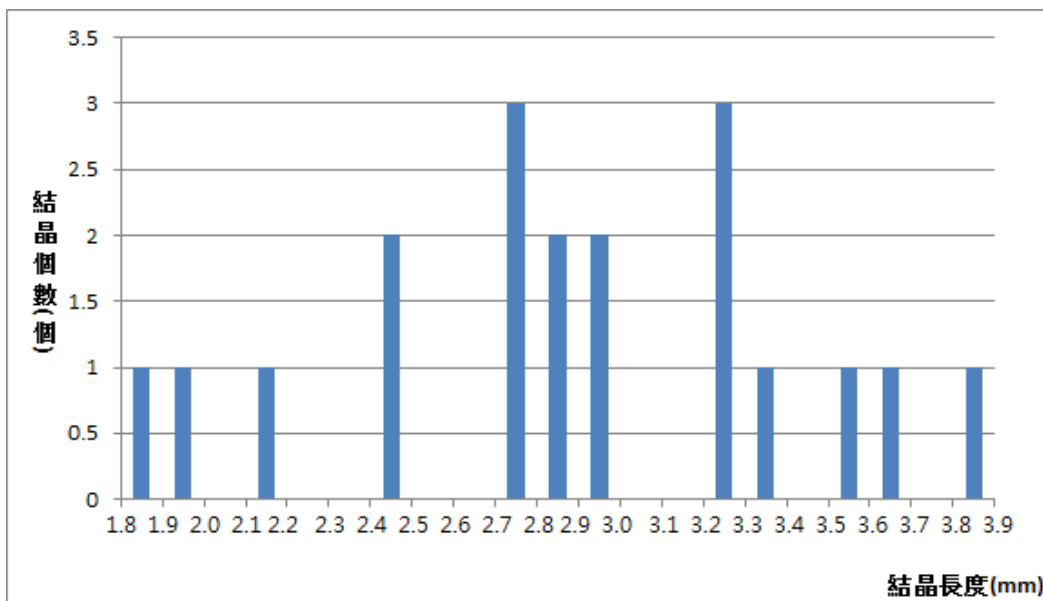


↑圖 5-73 振幅 100cm，頻率 1200Hz 顯微鏡下結晶。結晶為較小的平行四邊形，並且會重疊。



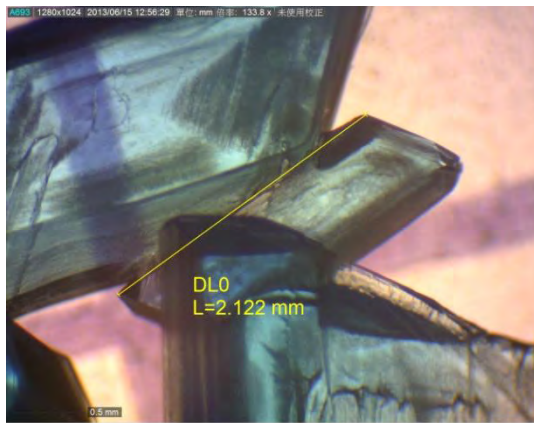
↑圖 5-74 振幅 100cm，頻率 1200Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，並且會重疊及連結。

(十一) 振幅 100cm，頻率 1800Hz

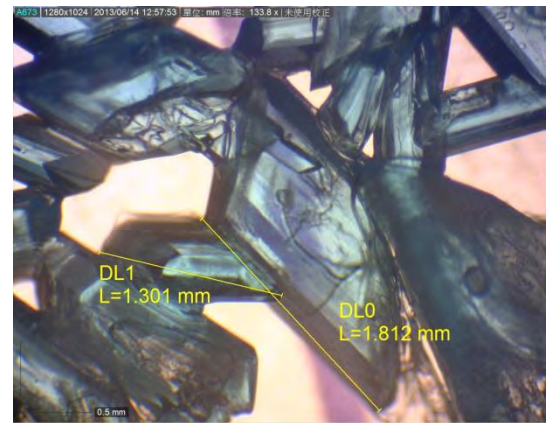


↑圖 5-75 振幅 100cm，頻率 1800Hz 結晶大小分布狀況圖

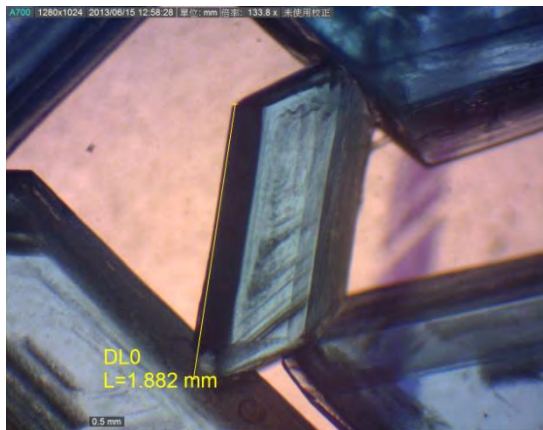
由上圖 5-75 以看出，在振幅 100cm 頻率 1800Hz 的音源下所生長的結晶，長度分布在 2.7mm~2.8mm、3.2mm~3.3mm 之間。



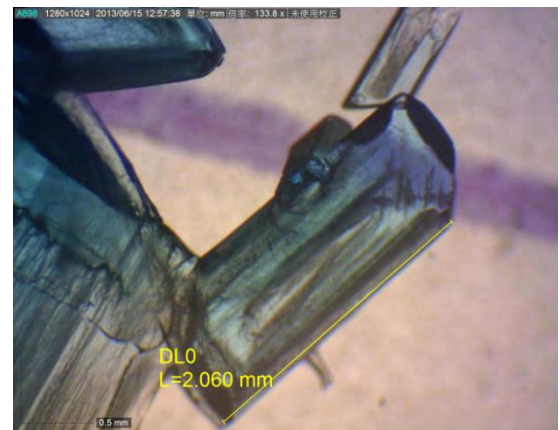
↑圖 5-76 振幅 100cm，頻率 1800Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，並且會重疊及連結。



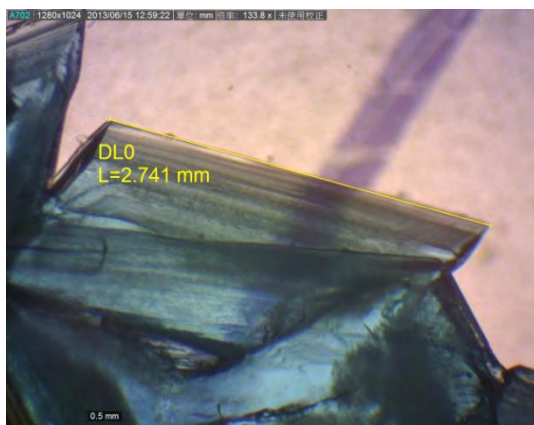
↑圖 5-77 振幅 100cm，頻率 1800Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及長柱形，有互相重疊的狀況。



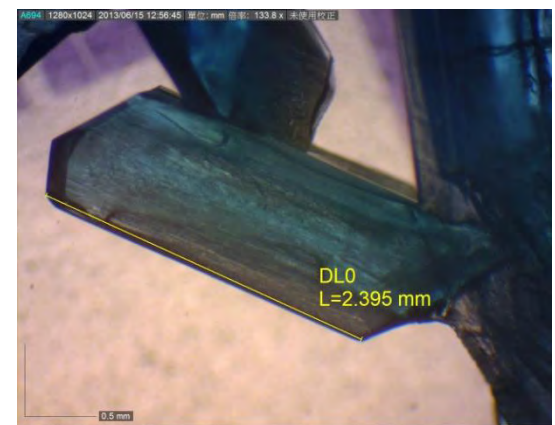
↑圖 5-78 振幅 100cm，頻率 1800Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，並且會連結。



↑圖 5-79 振幅 100cm，頻率 1800Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和偏長柱狀的平行四邊形，並且會重疊及連結。

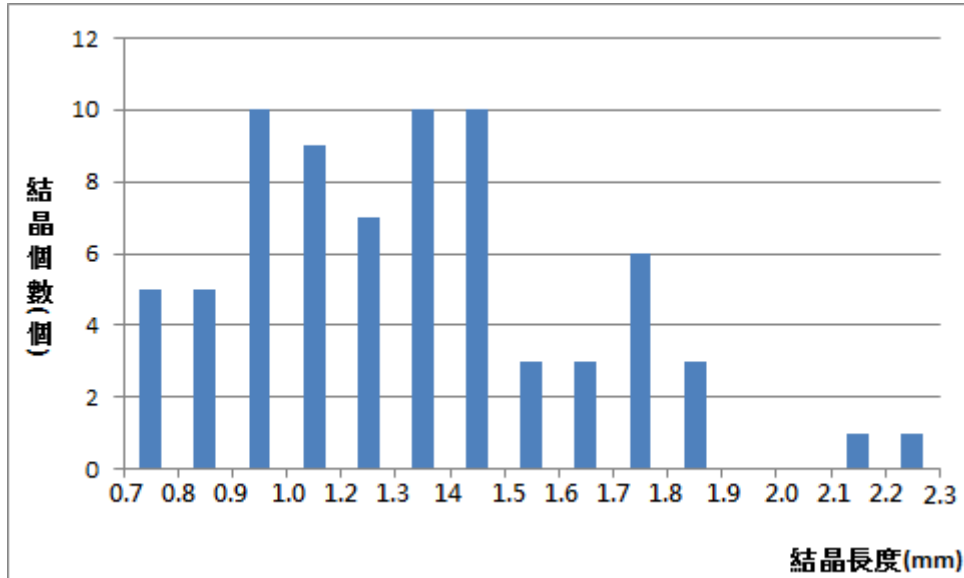


↑圖 5-80 振幅 100cm，頻率 1800Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，並且會重疊。



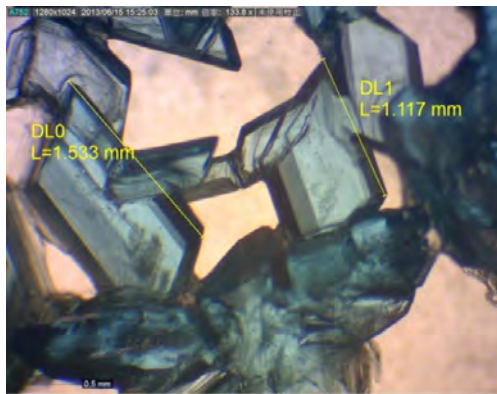
↑圖 5-81 振幅 100cm，頻率 1800Hz 顯微鏡下結晶。結晶為偏長柱狀的平行四邊形，並且會重疊。

(十二) 振幅 100cm，頻率 2100Hz

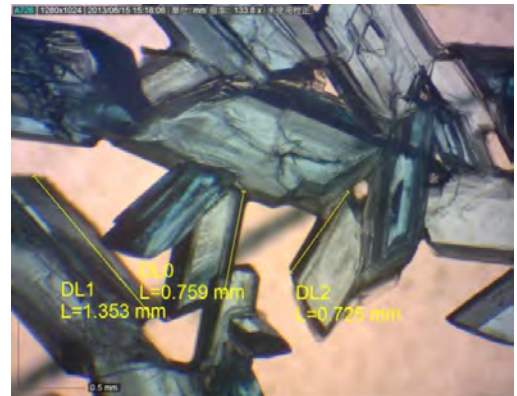


↑ 圖 5-82 振幅 100cm，頻率 2100Hz 結晶大小分布狀況圖

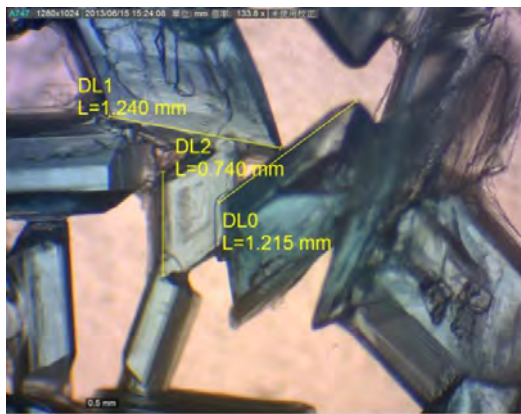
由上圖 5-82 可以看出，在振幅 100cm 頻率 2100Hz 的音源下所生長的結晶，長度分布在 0.9mm 到 1.5mm 之間。



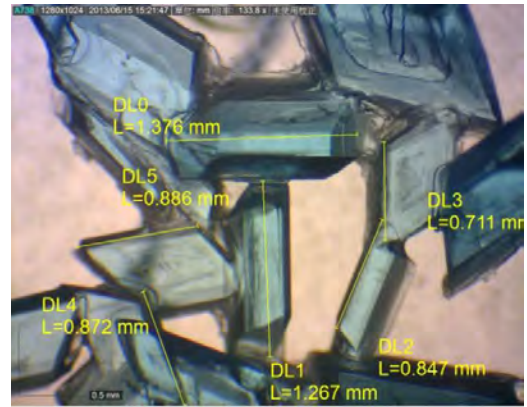
↑ 圖 5-83 振幅 100cm，頻率 2100Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有些許不規則結晶與其重疊。



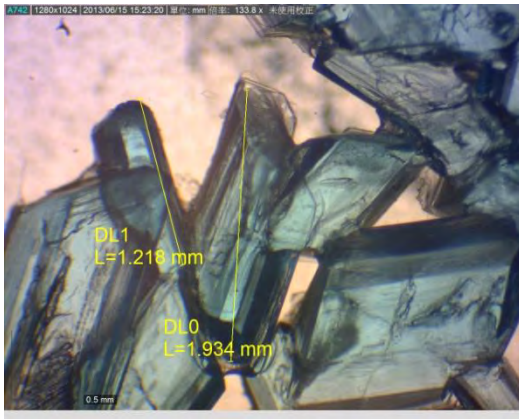
↑ 圖 5-84 振幅 100cm，頻率 2100Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及偏長柱狀的平行四邊形，有互相重疊的狀況。



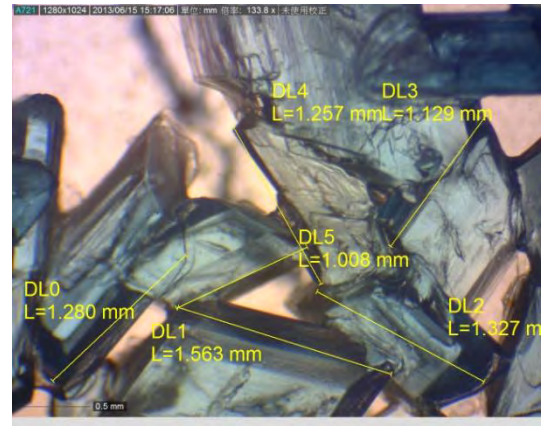
↑ 圖 5-85 振幅 100cm，頻率 2100Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及偏長柱狀的平行四邊形，會互相連結或重疊。



↑ 圖 5-86 振幅 100cm，頻率 2100Hz 顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及偏長柱狀的平行四邊形，會互相連結或重疊。

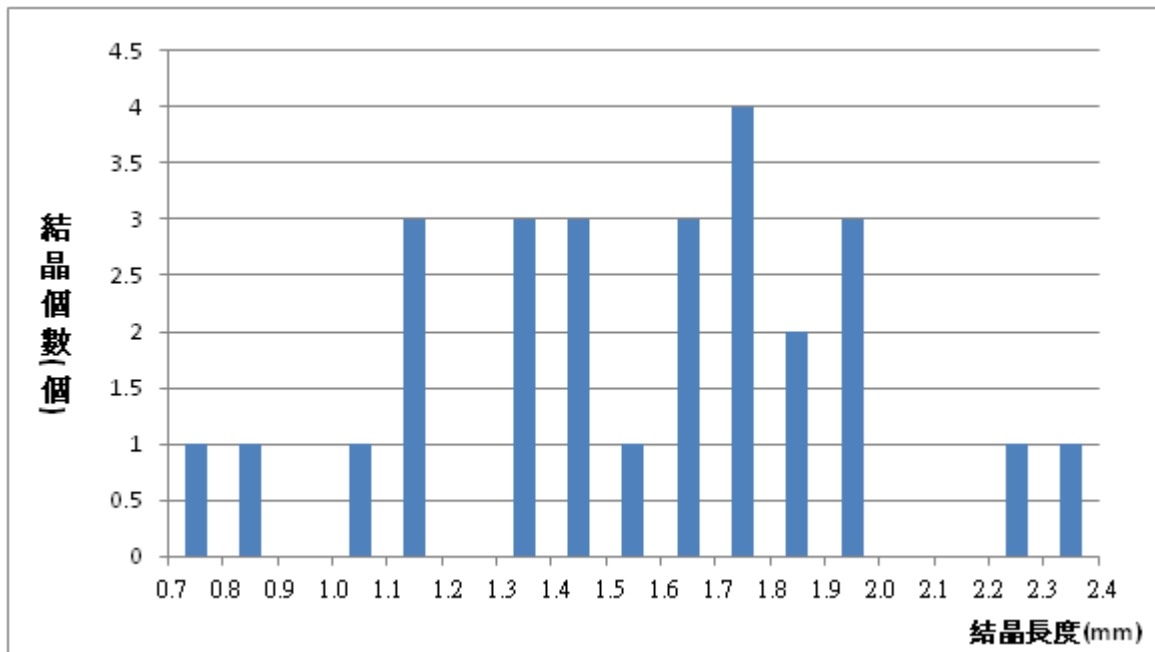


↑圖 5-87 振幅 100cm，頻率 2100Hz
顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，有些許不結晶與其重疊。



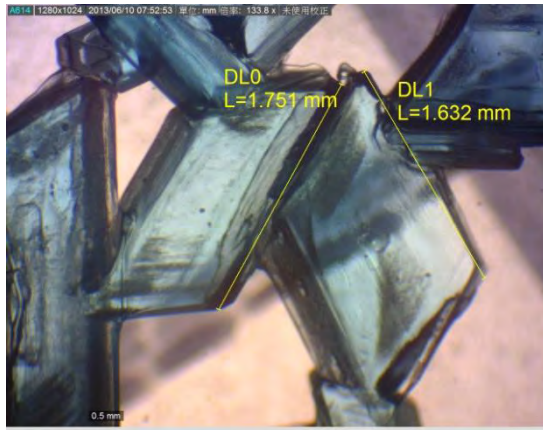
↑圖 5-88 振幅 100cm，頻率 2100Hz
顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及偏長柱狀的平行四邊形，會互相重疊。

(十三) 雙方音源：振幅 500cm，頻率 500Hz。

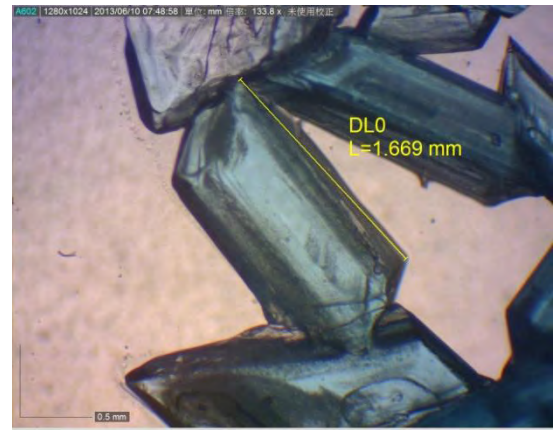


↑圖 5-89 振幅 500cm，頻率 500Hz，雙方音源結晶大小分布狀況圖

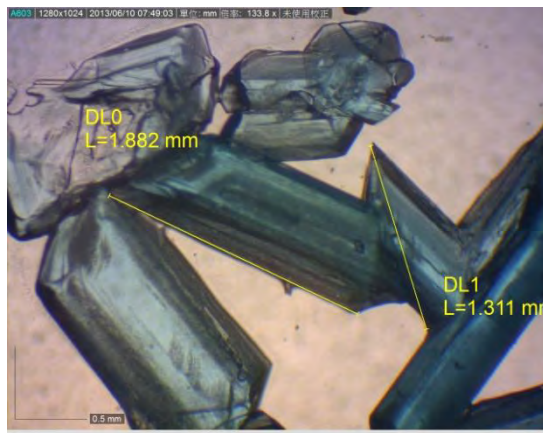
由圖 5-89 可看出，在振幅 100 公分，頻率 500Hz 的音源下所生長的結晶，其長度以 1.7mm~1.8mm 數量最多。



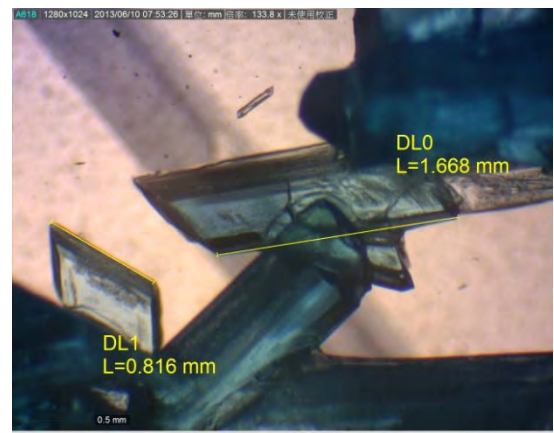
↑圖 5-90 振幅 500cm，頻率 500Hz 雙方音源顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，且邊緣會重疊。



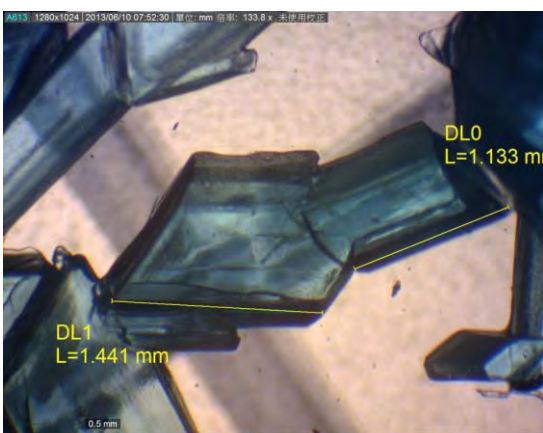
↑圖 5-91 振幅 500cm，頻率 500Hz 雙方音源顯微鏡下結晶。結晶為偏長柱形的平行四邊形，且邊緣會重疊。



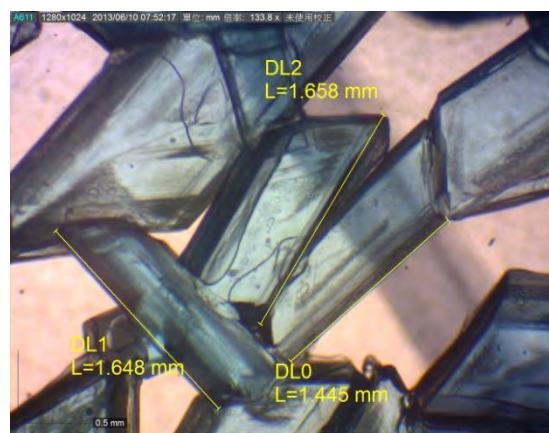
↑圖 5-92 振幅 500cm，頻率 500Hz 雙方音源顯微鏡下結晶。結晶為偏長柱形的平行四邊形，有不規則的結晶與其重疊。



↑圖 5-93 振幅 500cm，頻率 500Hz 雙方音源顯微鏡下結晶。結晶為偏長條形的平行四邊形，且會互相重疊。

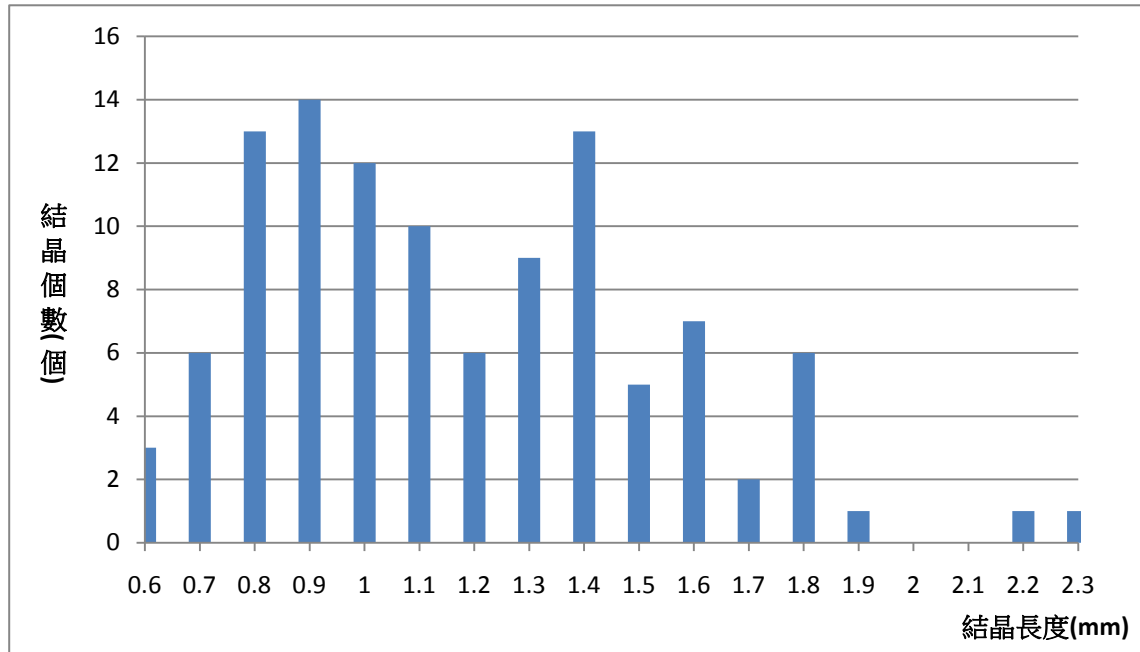


↑圖 5-94 振幅 500cm，頻率 500Hz 雙方音源顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及長條形，會互相連結或重疊。



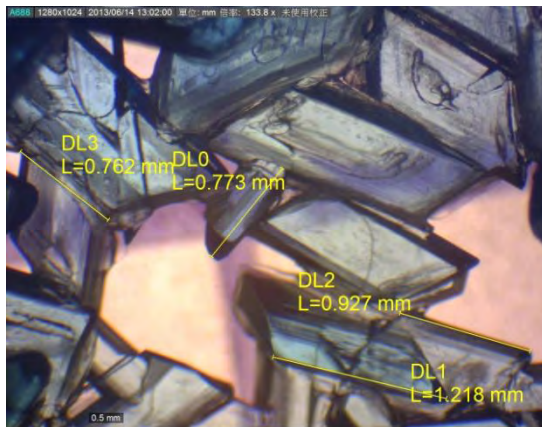
↑圖 5-95 振幅 500cm，頻率 500Hz 雙方音源顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及長條形，有重疊的情形。

(十四) 三方音源：振幅 500cm，頻率 500Hz。

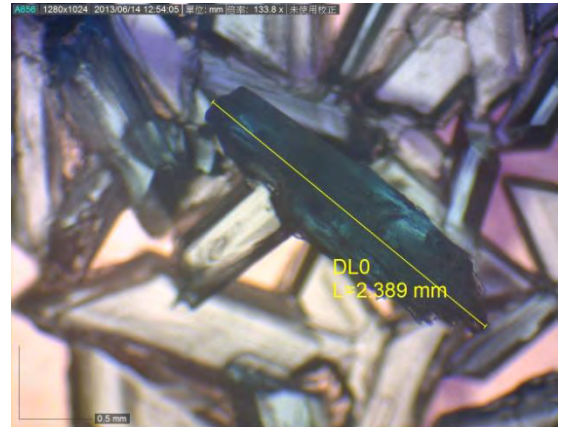


↑ 圖 5-96 振幅 500cm，頻率 500Hz，三方音源結晶大小分布狀況圖

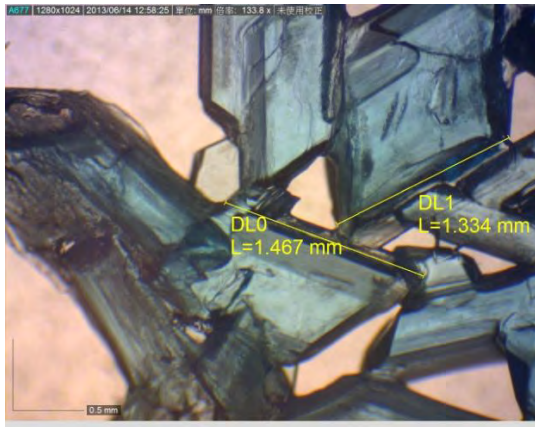
由圖 5-96 可看出，在振幅 500 公分，頻率 500Hz 的三方音源下所生長的結晶，其長度範圍大多分布在 0.8mm 到 1.5mm 之間。



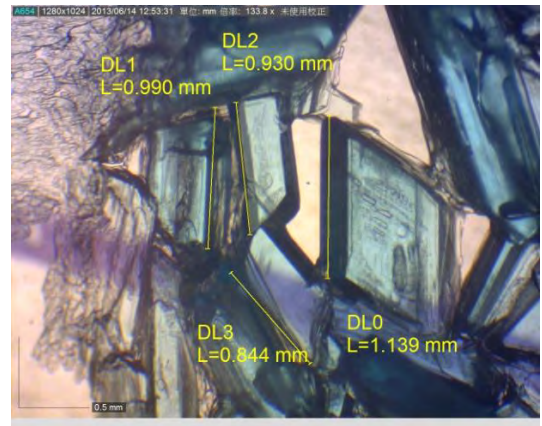
↑ 圖 5-97 振幅 500cm，頻率 500Hz 三方音源顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，並且會互相重疊。



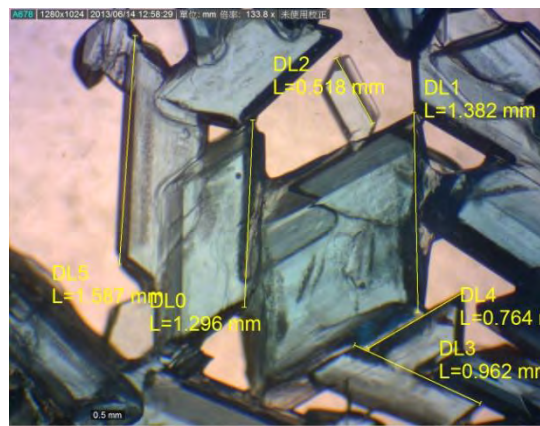
↑ 圖 5-98 振幅 500cm，頻率 500Hz 三方音源顯微鏡下結晶。結晶為長條形，有重疊的狀況。



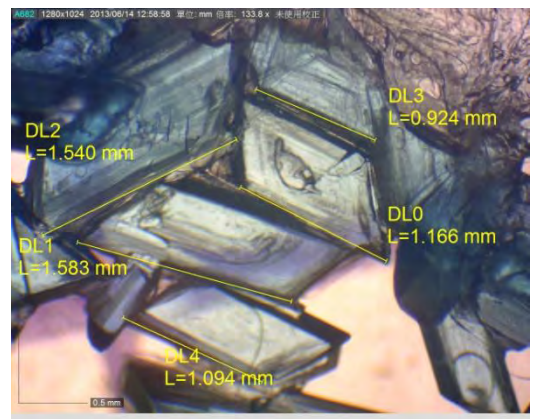
↑圖 5-99 振幅 500cm，頻率 500Hz 三方音源顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及長條形，並且會重疊及連結。



↑圖 5-100 振幅 500cm，頻率 500Hz 三方音源顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形和長條形，且會重疊及連結。



↑圖 5-101 振幅 500cm，頻率 500Hz 三雙方音源顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形及偏長柱狀的平行四邊形，並且會重疊及連結。

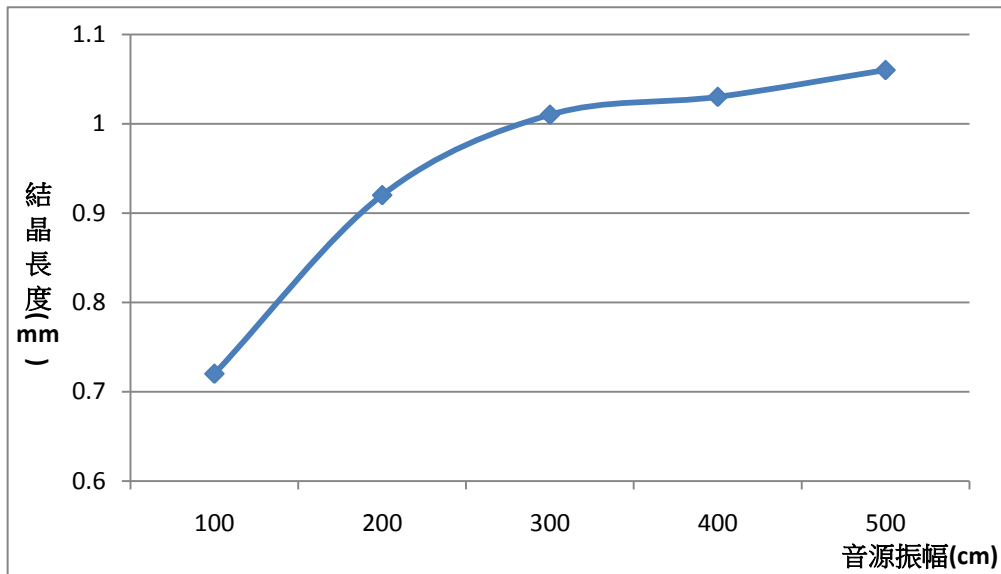


↑圖 5-102 振幅 500cm，頻率 500Hz 三方音源顯微鏡下結晶。結晶為平行四邊形，並且會重疊及連結。

陸、討論

一、振幅對結晶的影響

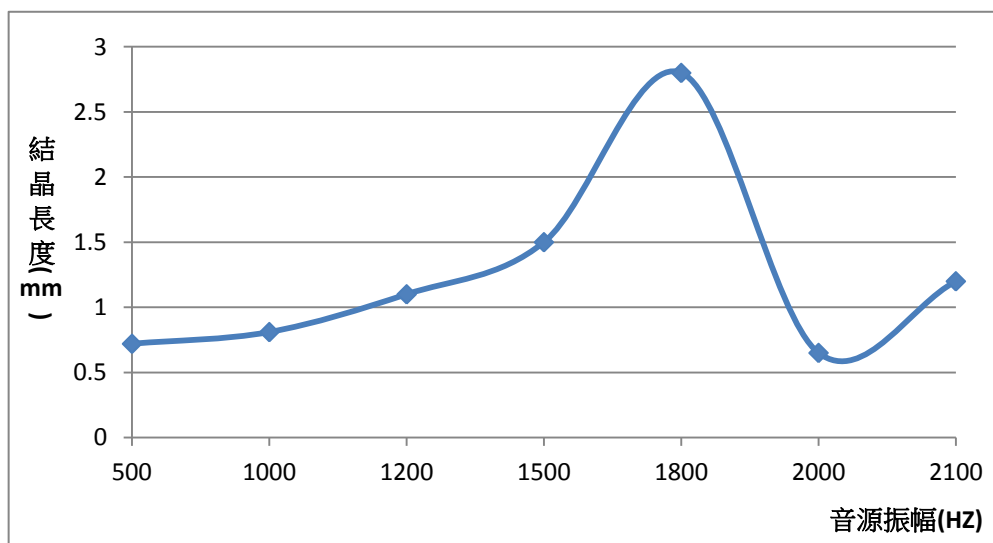
- (一) 由圖 6-1 可以得知，音源的振幅越大，結晶長度會越長，我們認為聲音負責提供能量，促使結晶增大，而振幅愈大，聲音所提供的能量就越大，因此振幅愈大結晶長度會愈長。
- (二) 振幅在 100cm~300cm 之間，結晶長度明顯隨著振幅增加而增大，而振幅在 300cm~500cm 之間，雖然結晶長度會隨著振幅增加而增大，但幅度趨於平緩。
- (三) 雖然振幅的能量能夠幫助結晶生長，振幅愈大長出的結晶愈大，但當振幅超過 300cm 時，再增加振幅對幫助結晶生長的效果有限。因此若要以聲音的振幅影響結晶，振幅 300cm 應該就已足夠。



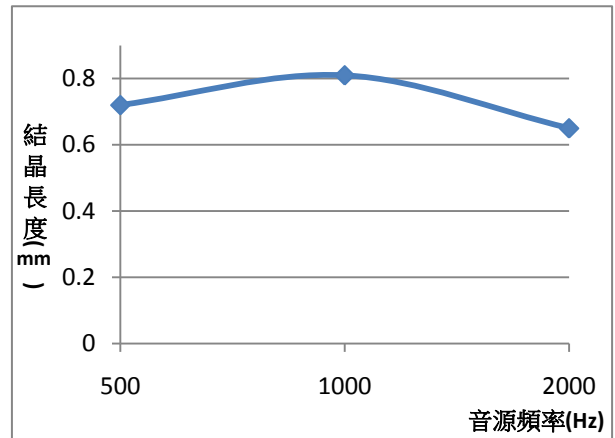
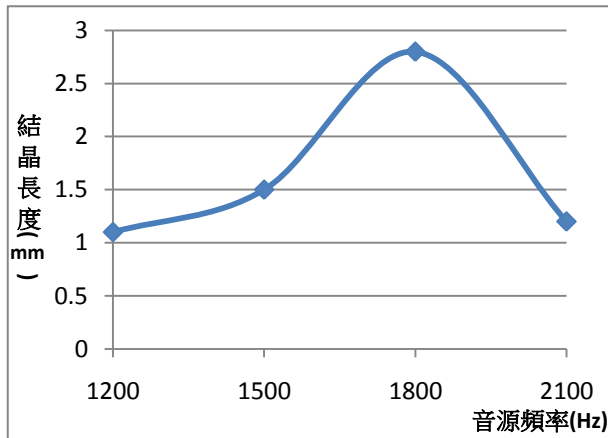
↑圖 6-1 不同振幅音源對結晶長度的影響。

二、頻率對結晶的影響

- (一) 我們一開始的實驗只做了音源頻率為 500Hz、1000Hz、1500Hz、2000Hz，發現 500Hz、1000Hz、2000Hz 之間結晶的大小沒有太大差異，唯獨 1500Hz 的結晶長度較長，為了找出規律，前後又各做了 1200Hz、1800Hz 的音源，結果發現 1800Hz 的結晶長度又較長，於是再加了一組 2100Hz，結果發現結晶大小較小。
- (二) 從圖 6-2 可以得知，1800Hz 下的結晶長度特別長，而且 3 的倍數頻率下的結晶長度較其它長，將圖 6-2 依照 3 的倍數及非 3 的倍數分為圖 6-3 及圖 6-4。
- (三) 由圖 6-3 可以看出，當音源頻率為 1200Hz、1500Hz、1800Hz、2100Hz(頻率皆為 3 的倍數)時，結晶長度隨著音源頻率的增加而變長，在音源頻率為 1800Hz 時達到最大值，當音源頻率為 2100Hz 結晶長度隨即又下降，因此可以得知，頻率 1800Hz 是最適合結晶生長，使結晶長度最長的頻率。
- (四) 由圖 6-4 可以得知，當音源頻率為 500Hz、1000Hz、2000Hz(頻率不是 3 的倍數)時，結晶大小並沒有太大的差異，我們認為頻率為 3 的倍數是較適合結晶的，若不是適合結晶的頻率，即使頻率加大，也未必會使結晶變大。



↑圖 6-2 不同頻率音源對結晶的影響。

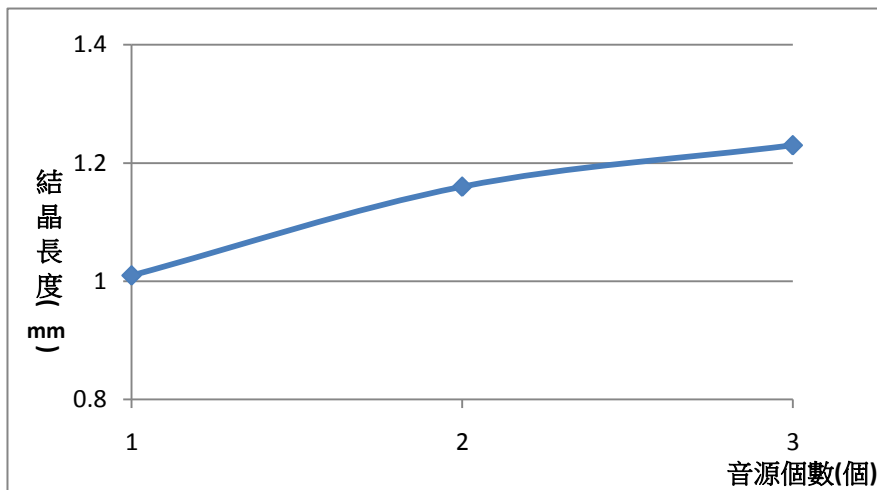


↑ 圖 6-3 音源頻率為 3 的倍數結晶長度。

↑ 圖 6-4 音源頻率非 3 的倍數結晶長度。

三、音源個數對結晶的影響

由圖 6-5 可以得知，音源個數愈多，所結出的結晶會愈大。我們認為是因為較多音源能增加能量，增加音源數等於增加助力，促使結晶生長。



柒、結論

由研究結果可得知：

一、長晶方向：結晶會隨著音源能量前進的方向依序長晶，由靠近音源處順著音源方向長晶。

二、結晶形狀、大小：

(一) 頻率：頻率的部分可分為兩點來說明。

1. 頻率為 3 的倍數時：結晶形狀大部分為偏長條形的平行四邊形，重疊狀況較輕微，結晶大小比其他頻率下的結晶大，且頻率 1800Hz 的結晶長度最長。
2. 頻率非 3 的倍數時：結晶形狀大部分為平行四邊形，不規則結晶比頻率為 3 倍數下的結晶多，結晶互相重疊的情況較嚴重，結晶大小較 3 的倍數下的結晶小，頻率的大小對結晶的影響不大。

(二) 振幅：振幅愈大，結晶形狀較多為平行四邊形，結晶互相重疊狀況較輕微；振幅愈小，結晶形狀較多不規則形，重疊狀況嚴重。振幅愈大，因為提供的能量愈多，所長出來的結晶會愈大，但到振幅 300cm 後，多餘的能量對結晶的成長效果有限。

(三)音源個數：音源個數愈多，結晶形狀愈接近平行四邊形，音源個數少形狀則較接近長條形，無論音源多寡重疊狀況都不嚴重，不過較多互相連結的結晶。音源數愈多，傳遞出的能量愈大，所長出來的結晶愈大。

未來展望

我們這學期延續了上次的結晶實驗(磁力對結晶的影響)，選擇探討了聲波對硫酸銅結晶的影響，未來我們希望能克服更多的問題，把聲音對硫酸銅結晶的影響作更深入的探討，更進一步找出聲波能量和結晶間的關係，還有它在生活上的應用。除了聲音之外，也想嘗試其它不同變因，目前有個想法，希望下次能以電流干擾結晶。我們也想加入其他不同的藥品(像氯化鈉、碘化鉀等)來觀察聲波或電流對結晶的影響。也會試著用不同的方法結晶並觀察和記錄(這次是使用懸滴在玻片上的方式，觀察長晶方向、形狀等。下次可能嘗試在試管裡或在燒杯中使其結出單顆的結晶等方法)以後期望能夠更深入了解我們很感興趣的結晶這一塊，完成結晶的三部曲、四部曲…能夠找出小小的結晶中更多有趣的新發現！

捌、參考資料及其他

葉宗儒、蔡耀瑠(民 100)。第 51 屆全國科展。水滴中的「晶」靈。取自：
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/030201.pdf>

熊若含、蕭宇珊(民 98)。第 49 屆全國科展。「晶」益求精—探討不同聲波、溫度、濃度、離子等對其影響。取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030201.pdf>

康軒版二上自然與生活科技課本第三章

良善的訊息可以產生美麗的水結晶。取自：
<http://www.amtb.org.tw/pdf/water.pdf>

【評語】 030211

本篇探討聲波對硫酸銅結晶的影響，聲波的方向、振幅、頻率對結晶的方向、形狀與長度等均有影響，作者可進一步探討聲波為何會有影響，是否為聲音產生的壓力造成結晶的影響，或者，晶體是否有內部機械的震動，若有，是否與聲音的頻率有關？