

第 28 屆(1997 年)國際物理奧林匹亞競賽實驗競賽

物理奧林匹亞代表團提供

答卷時間：五小時

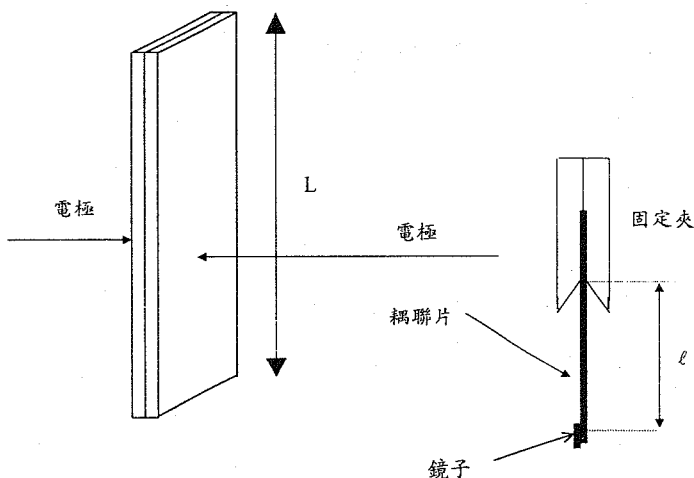
請先仔細閱讀以下規定

1. 你只能用所提供之筆書寫。
2. 你只能使用答題紙的正面頁作答。
3. 在你接觸任何儀器裝置之前，先讀第四頁。特別在操作耦聯片時必須極為小心。
4. 答題時文字敘述儘量精簡，答案以方程式、數字和圖形為主。
5. 在答題紙首頁註明你所使用的總頁數。
6. 測驗結束時請將答題紙與曲線圖依序排列整齊。

耦聯片的特性

警告：不要直視雷射光或由鏡面反射的雷射光束。因為可能會損傷你的視覺。

耦聯片是由兩片壓電材料相互黏貼所成。耦聯片的兩外表面已經先用金屬蒸鍍成電極(參見圖一)。這兩片壓電材料事先經過挑選，當外加電場垂直於外表面時。其中一片會因而伸長(沿圖中長度 L 的方向)，而另外一片則會收縮(同樣沿圖中長度 L 的方向)。但當外加電場反向時，原先伸長的一片會變為收縮，而原先收縮的另一片會變為伸長。假設耦聯片在施加電場後，會彎曲成圓弧形



圖一

【註】：當壓電材料受到外加電場作用時，其長度會因而改變；反之，當受到外力作用產生應變時，則會使壓電材料產生電位差。一已知長度的壓電材料，受電場作用時，其長度的變化量可近似地正比於外加電場。但是由於壓電材料具有電滯現象，也就是說當外加電場強度減少為零時，受外加電場影響而變化的長度尺寸，不會恢復原狀，必須另外施加一反向的小量電場，才能使壓電材料恢復為原來的尺寸。使壓電材料收縮或伸長的力，可近似地看成與外加電場成正比。

實驗說明：

1. 測量耦聯片自由端長度變化量和外加電壓之間的關係，施加電壓範圍從+36V 降到-36V，然後再回升至+36V。在測量時，按照既定的方向改變電壓（例如當你在測量-36V 到+36V 範圍時，必須一直增加電壓，絕不可以回降。如果你遺漏了某一測量點，就跳過此點）。將此關係繪成實驗曲線。

當外加電壓由+36V 降到-36V，再回復至+36V 的一循環過程中，有部分能量消耗於耦聯片內部。辨認並計算與此損耗能量成正比的物理量。

2. 對一給定的耦聯片而言，如果忽略電滯效應時，耦聯片自由端的位移可以用方程式 $d = AV^m \ell^n$ 表示之，式中 V 為外加電壓，（為耦聯片自由端的長度（從耦聯片固定夾的接觸邊算起），m、n、和 A 是常數。進行必要的測量和計算，求出常數 m、n、和 A 的數值。

3. 測量耦聯片的電容。

儀器：

- 一長度為 (38 ± 1) mm 的耦聯片，其一端黏有一小鏡子，在另一邊則用夾子（衣服夾）順著長度方向夾住，夾子上附有接頭和導線。你可以鬆開夾子移動耦聯片，以改變自由端的長度。注意：要小心操作！耦聯片是很脆弱的。
- 一具雷射指示器（纏繞在上面的橡皮筋是用來使雷射維持在開的狀態）。
- 黑色模型膠泥用來固定耦聯片的夾子和桌面上的雷射指示器。
- 屏幕（用作圖紙 貼在桌邊四周的隔間板上）。
- 附有接線的三用電表（用此電表測量 DC 電壓時將旋鈕調至標示 200 DCV 的位置。電壓測量時的輸入阻抗為 $1M \Omega$ ，測量準確度為 $\pm 0.1V$ ）。
- 一個有三個接頭的可變電阻（電位計） $2.5M \Omega$ （用以控制耦聯片的電壓），紅色接頭接到電位計的中央接頭。

- 一組附有接線的四個 9V 電池組 (電池組的一個接頭串接了一個 $5k \Omega$ 的電阻。這是以限制電流，以保護線路)。
- 一個 $(1.00 \pm 0.05)G \Omega$ 的電阻器(注意:不要碰觸該電阻器，因為來自你皮膚的殘餘物會影響該電阻器的電阻。你僅可碰觸金屬導線)。
- 停錶一只。
- 直尺一支。
- 膠帶。

答案卷

第一部份：

- 1.1 繪出用來決定耦聯片自由端的位移和外加電壓關係的電路圖。(1分)
- 1.2 繪出此實驗裝置圖，顯示各物品的外形和名稱，注意各部分之間的相對位置，並標示所有相關的物理量。(1分)。
- 1.3 寫出耦聯片自由端的位移和所測得相關物理量之間的關係式。參考 1.2 小題中所示的圖，清楚說明公式中的所有物理量，並且把含有推導該關係式的詳細過程的那一頁頁碼寫下來。(2分)。
- 1.4 在所附的繪圖紙上，繪出耦聯片自由端位移與電壓的關係。標示出那些點是增加電壓過程時所測得的，那些點是在降壓過程中所測得的。在標示縱軸和橫軸時，記住要把數值和單位一起標示清楚，並且寫下你所畫的圖的圖號。(2分)。
- 1.5 辨識那一個量是正比於耦聯片所消耗的能量。(1分)。
- 1.6 寫出正比於耦聯片中所消耗能量的量值，並寫出它的誤差和單位。(1.5分)。

第二部份：

- 2.1 寫下 m 值並把用來決定此值的數據表、作圖以及計算過程的那些頁的頁碼，寫在下面。(1分)。
- 2.2 寫下 n 值並把用來決定此值的數據表、作圖以及計算過程的那些頁的頁碼，寫在下面。(1.5分)。
- 2.3 寫出常數 A 的數值、誤差以及單位。(3分)。

第三部份：

- 3.1 繪出你用來測量耦聯片電容的電路圖。(1分)。
- 3.2 寫下你量得的物理量及用來得到耦聯片電容的公式，寫出作圖及數據表的那些頁的頁數。(3分)。
- 3.3 寫出耦聯片的電容值，它的誤差及單位。(2分)。