

# 科技部補助

## 大專學生研究計畫研究成果報告

\* \*\*\*\*\*  
\* 計 畫  
\* : 導體材料於電場下電子傳輸行為影響探討  
\* 名 稱  
\* \*\*\*\*\*

執行計畫學生： 黃育哲  
學生計畫編號： MOST 103-2815-C-415-021-M  
研究期間： 103年07月01日至104年02月28日止，計8個月  
指導教授： 蘇炯武

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 國立嘉義大學電子物理學系（所）

中華民國 104年02月28日

# 行政院國家科學委員會補助

## 大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

\*\*\*\*\*  
\*  
\* 計畫 \*  
\*  
\* : 導體材料於電場下電子傳輸行為影響探討 \*  
\*  
\* 名稱 \*  
\*  
\*\*\*\*\*  
\*

執行計畫學生：黃育哲

學生計畫編號：NSC 103-2815-C-415-021-M

研究期間：2014年7月1日至2015年2月底止，計8個月

指導教授：蘇炯武 博士

執行單位：國立嘉義大學電子物理學系

中華民國 104 年 2 月 27 日

## 目錄

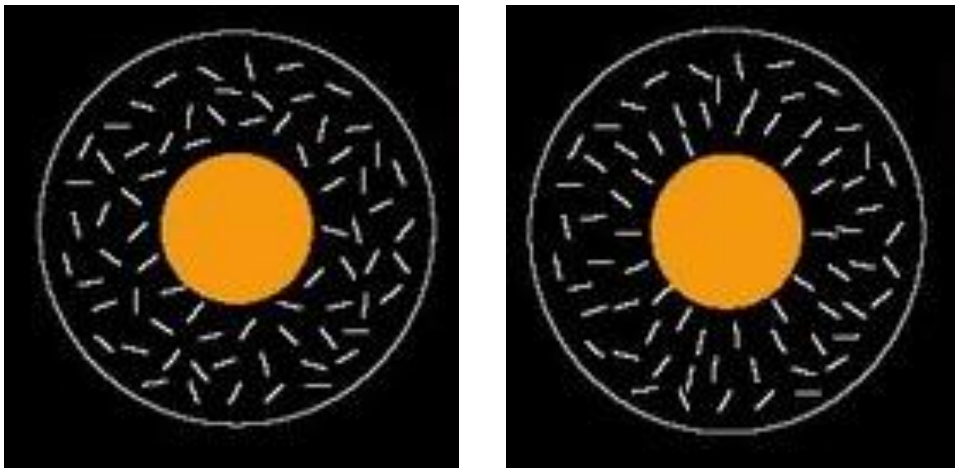
目錄.....	1	
第一章 簡介		
1-1 前言.....	2	
1-2 研究計畫摘要.....	3	
1-3 本文內容綱要.....	3	
第二章 儀器架構		
2-1 系統架構圖.....	4	
2-2 方形平行導電板.....	4	
2-3 螺旋金屬材料.....	5	
第三章 電路模型與資料擷取		
3-1 電路結構圖.....	6	
3-2 LabVIEW 程式設計.....	6	
第四章 實驗量測結果與討論		
4-1 正向電流流向時電阻值的變化		
正向電壓、正向電流情形 .....	9	
反向電壓、正向電流情形.....	14	
4-2 反向電流流向時電阻值的變化		
正向電壓、反向電流情形.....	19	
反向電壓、反向電流情形.....	24	
4-3 物理模型與推測原因.....	29	
第五章 結論.....		34
參考文獻.....	37	

# 第一章 簡介

## 1-1 前言:

在電磁學[1]上，電阻(resistance)是指一個物體對於電流通過的阻礙能力，其方程式定義為 $R = \frac{V}{I}$ ，其中 $R$ 為電阻， $V$ 為物體兩端的電壓， $I$ 為通過物體的電流。像電線一類的物體上，具有低電阻，可以有效傳輸電流，我們稱這類物體為導體。

介電質偏壓(Dielectric-Bias System)系統，簡稱 DBS 是 AudioQuest 公司的專利技術[2]，讓線材的絕緣體分子隨著 DBS 的電子磁場有秩序地排列，一個 48 V 或 72 V DBS 電池組透過線材內單獨的 DBS 內部和外部導體連接形成一個強大的且穩定的磁場。磁化的狀態會消除大多數這些信號失真，被極化（組織排列）的絕緣體可以消除幾乎所有因時間差產生的失真[3]。



(圖 1)靜電影響介電質排列之示意圖

左圖:介電質自由排列 右圖:受靜電影響之介電質排列

如果我們以同樣給予一偏壓電場的方式去改施加在導體上，去改變導體周圍的介電質，那麼對導體的電阻會產生出怎樣的影響。因此本計畫打算以橫向電場對具彈簧結構之縱向導體的影響作為計畫的探討核心。

## 1-2 研究計畫摘要：

本計畫為分析金屬材料在偏壓電場下的電場，由介電質偏壓(Dielectric-Bias System)系統的概念我們可以知道電場所產生的靜電會使絕緣體的介電質排列較為整齊。以兩平行電板提供一偏壓電場的環境。並在具有偏壓電場的環境中置入一個金屬待測物。並將金屬待測物接上另一個直流迴路中，給予金屬待測物一定電壓值，運用資料擷取卡(Data Acquisition) 來量測金屬待測物在偏壓電場下的電阻。並經由實驗室虛擬儀控平台(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) LabVIEW，來整合 DAQ 量測的數據並計算出待測物的電阻。並藉著調整偏壓電場來觀察金屬材料的電阻[4]。

## 1-3 本文內容綱要：

本報告主要分成五章：

第一章:簡介-本章簡單介紹本專題的研究計畫主題

第二章:實驗架構介紹-本章為介紹實驗器材以及實驗環境的架設

第三章: Labview 程式設計-本章主要為利用 LabVIEW 程式語言將 DAQ 測量的電壓質轉化成電阻值。

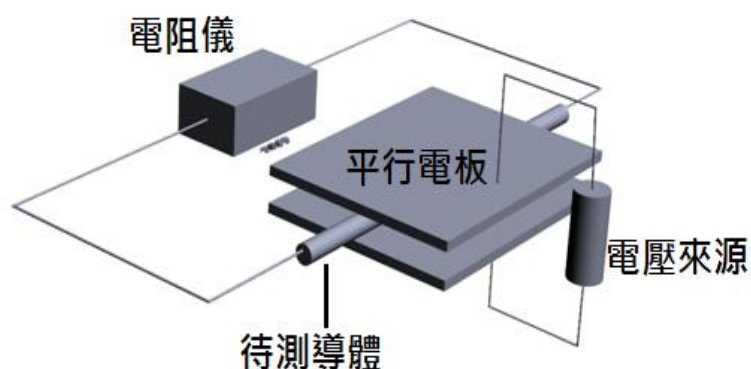
第四章:實驗量測之結果-本章為第三章的延續，將用 LabVIEW 所轉化完成做出統整。

第五章:結論

## 第二章 實驗架構分析

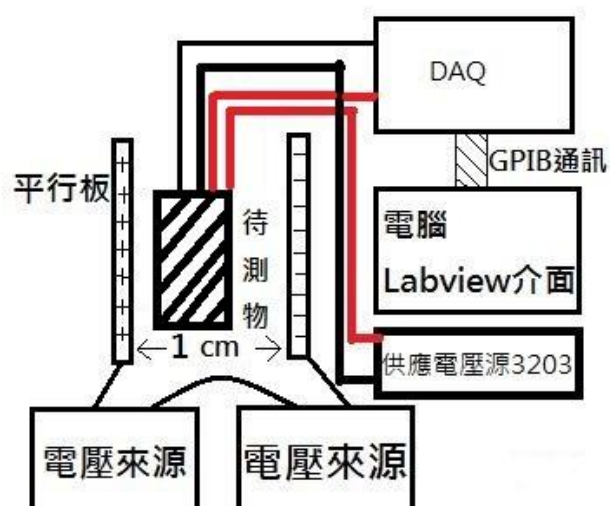
### 2-1 系統架構圖：

運用兩塊平行電板提供一偏壓電壓電場(500 V~1100 V)，在兩塊電板的中間串聯焊上 10  $\Omega$  水泥電阻的金屬待測物放置於中間並在金屬材料的兩端接上一電流供應器。如此一來，就能提供類似於 DBS 所提供的電場環境。



(圖 2)實驗儀器架設示意圖

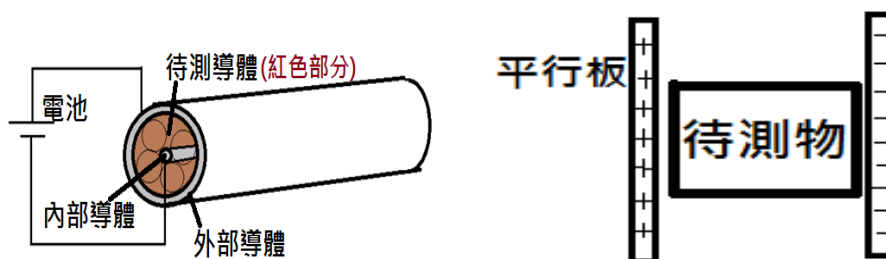
在圖 2 部分的電阻儀，我選擇架設 DAQ 量測電壓值並運用 LabVIEW 程式控制並將 DAQ 所測得知電壓值計算成電阻值。



(圖 3)電阻儀量測系統示意圖(3203 為 GW 公司出產之電源型號)

## 2-2 方形平行導電板：

為了能像 DBS 系統一樣讓電介質能夠較為整齊的排序，因此在實驗架設上需要運用電板提供一個偏壓電場，運用電磁學的理論[5]將兩塊平行電板各自接上電壓供應源的正、負極，並將兩塊電板平行擺放，如此一來中間的電場方向就會比較呈直線，以達到類似 DBS 系統所提供的環境。

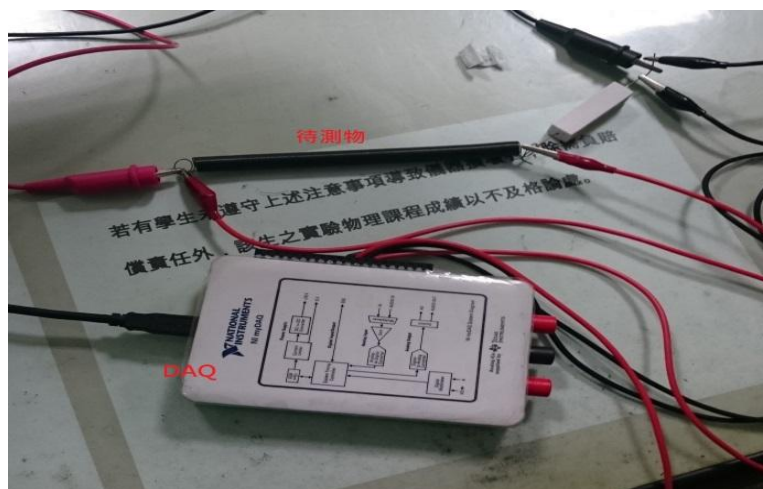


(圖 4)為提供平行電場環境示意圖

左圖:DBS 提供電場環境 右圖:運用導電板架設電場示意圖

## 2-3 螺旋金屬材料：

在待測金屬物的選擇上面，考慮到平行電板的形狀加上兩塊電板的間距，因此待測物須為細長型狀之物體，在本次研究計畫中，我選擇以彈簧(直徑: 1 cm 長度: 15 cm)作為本次計畫的待測物。為了保護儀器，我選擇在金屬材料最尾端串聯焊上一個 10  $\Omega$  的水泥電阻，以降低儀器擷取所承受的負載功率上限。

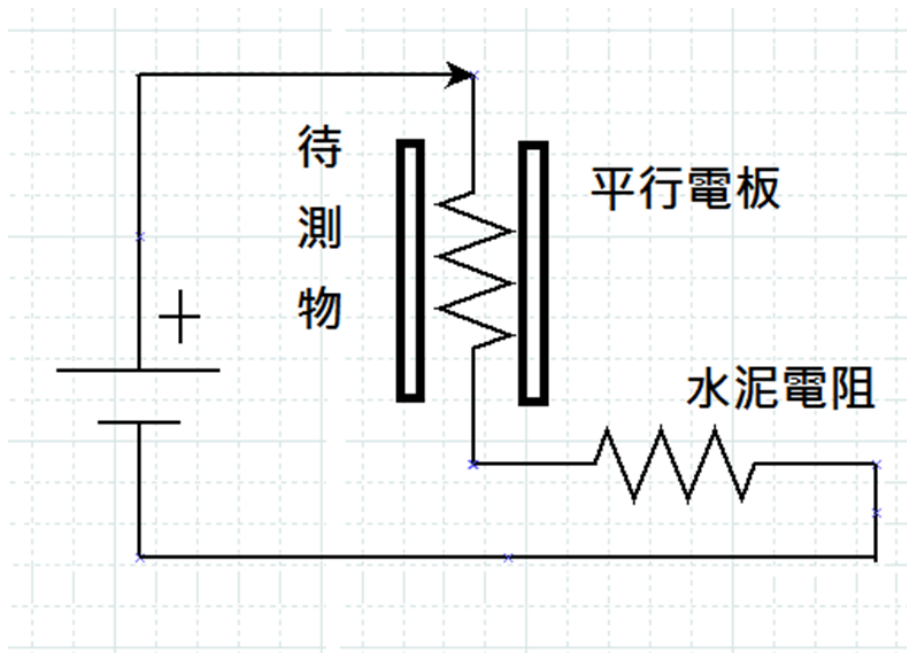


(圖 5)金屬待測物與 NI-DAQ 實際圖

## 第三章 LabVIEW 程式設計

### 3-1 電路結構圖：

本次計畫研究中，為了避免儀器的受損，我選擇將金屬材料的尾端串聯焊上 10 歐姆的水泥電阻，此外我們必須將縱向金屬材料置於橫向平行導電板的中間，以模擬出類似 DBS 系統的電場環境，由於本次計畫研究需要觀察的部分為金屬材料在電場下的變化，因此我們必須避免金屬材料尾端的水泥電阻受到橫向平行導電板的影響，因此我們必須將尾端的水泥電阻置於電場的外圍。下圖為實驗的電路結構圖。



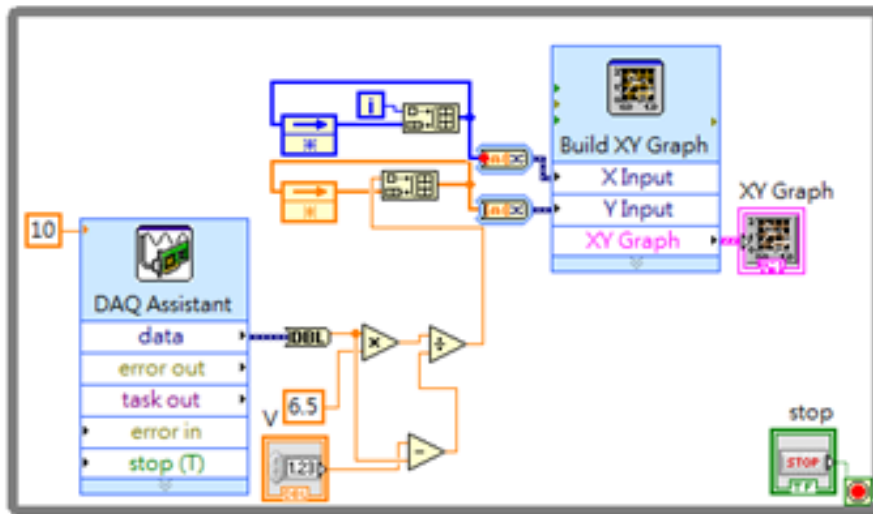
(圖 6)實驗的電路結構圖

### 3-2 LabVIEW 程式設計：

在實驗的器材架設上，為盡量避免可能造成的誤差影響，我選擇以 DAQ 量測水泥電阻的電壓值  $V(R)$ ，此外外加的電壓源可以控制其總電壓並顯示其總電流，因此可將總電流  $I$  與總電壓  $V$  設為已知，根據歐姆定律[6]，我們可以計算金屬材料電阻  $R(N) = \frac{V - V(R)}{I}$ ，上述的運算邏輯我們可以用 LabVIEW 的語言表示成



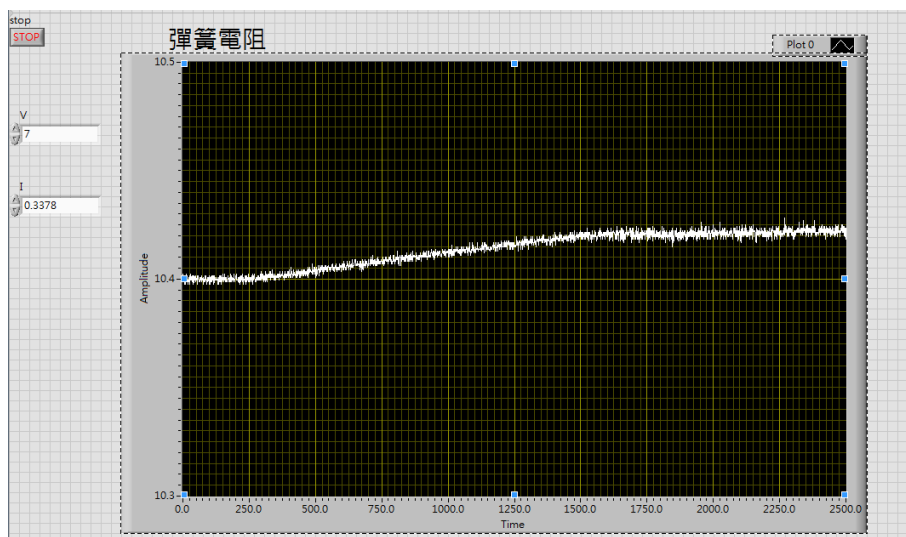
下圖。



(圖 7)金屬材料電阻運算語言示意圖

由 DAQ Assistant 所測量到的數據經由數值(Numeric)排列完成的運算邏輯，可以完成金屬材料電阻的換算，並在最後匯出圖形前，加入矩陣(Array)以便看見即時的變化[7]。

在方塊圖工作區域完成運算邏輯與圖形匯出後，接著調整前視板工作區域，在經過調整後如下圖。



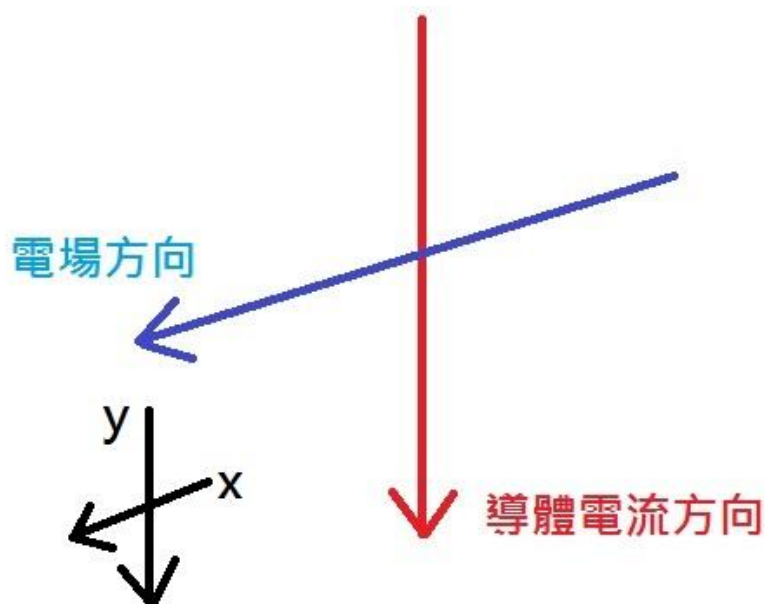
(圖 8)前視板工作區域設計圖

## 第四章 實驗量測之結果

本次計畫研究為測量在各種電壓場下金屬材料的電阻變化。在需改變外接電場電壓條件下，我選擇下表的電壓數值作為進行觀測的項目。

500 V	700 V	900 V	1000 V	1100 V
-500 V	-700 V	-900 V	-1000 V	-1100 V

上表的正、負代表了外接電場電壓的方向性。因此我們定義縱向電流與橫向電場的方向。如下圖所示。



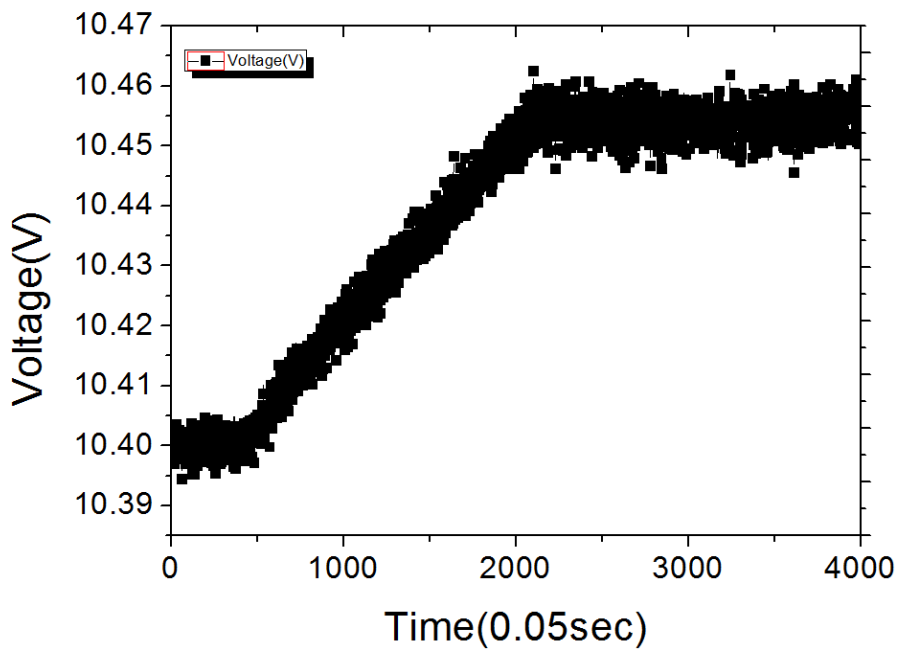
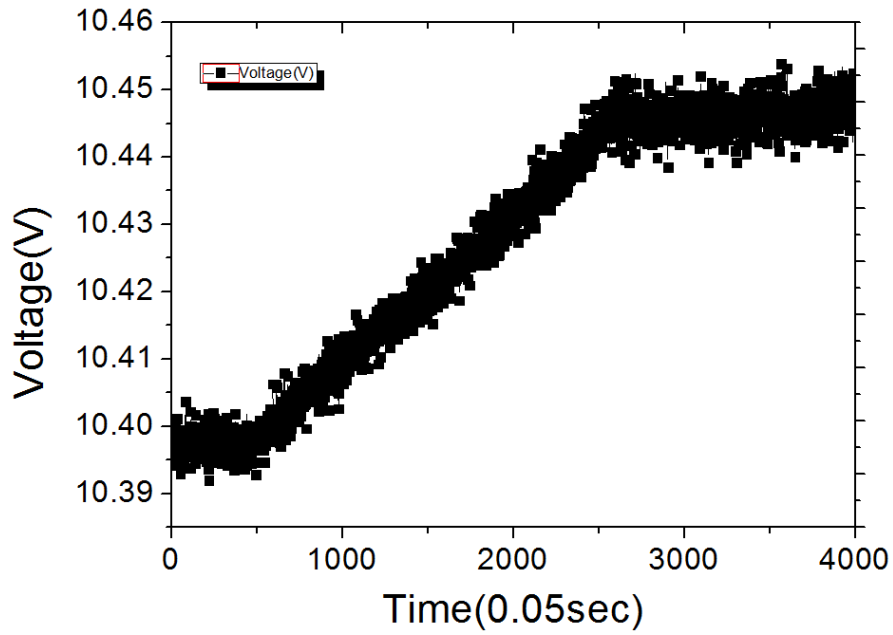
(圖 9)電場、電流定義方向圖

除了改變橫向電場的方向之外，縱向的電流方向的改變也需要視為實驗的變因。為了能夠明確的看見金屬材料在電場內產生的變化，我選擇以在相同條件下的兩組實驗數據來做比對。以下逐頁的實驗數據紀錄圖每頁中上圖皆為第一輪的實驗結果，下圖則為第二輪的實驗結果。重複實驗有助於判斷實驗之重現性。

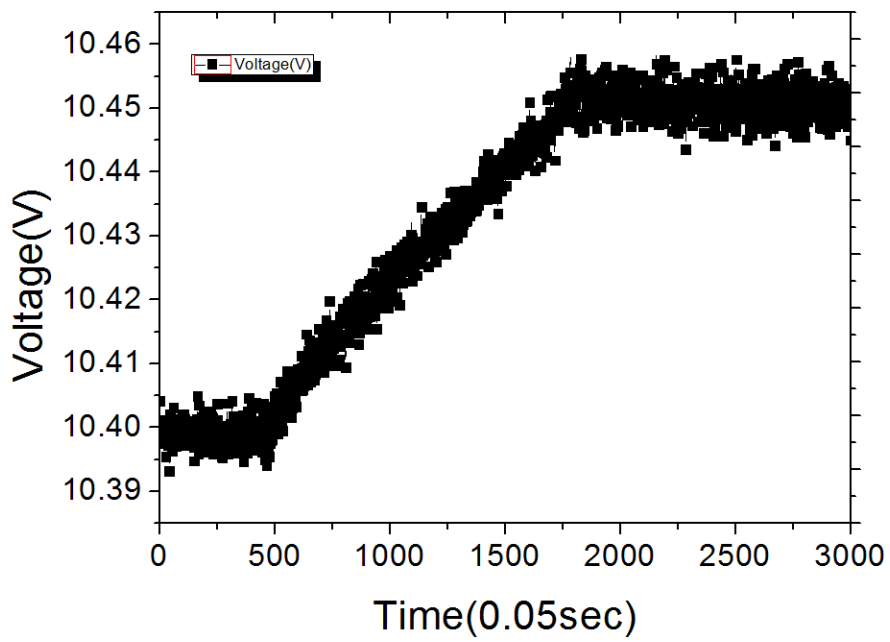
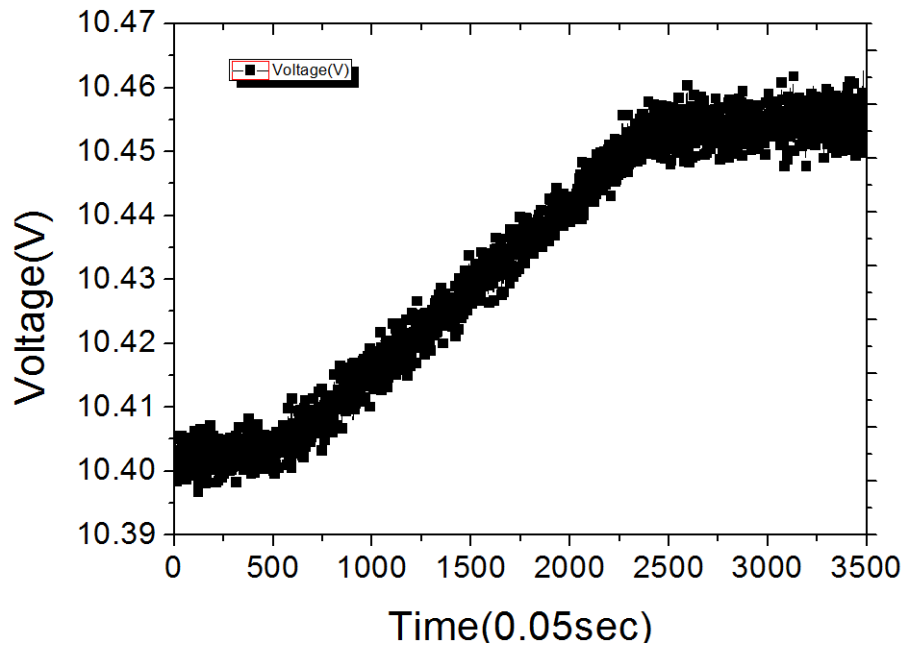
#### 4-1 正向電流流向：

當為正向電壓、正向電流時

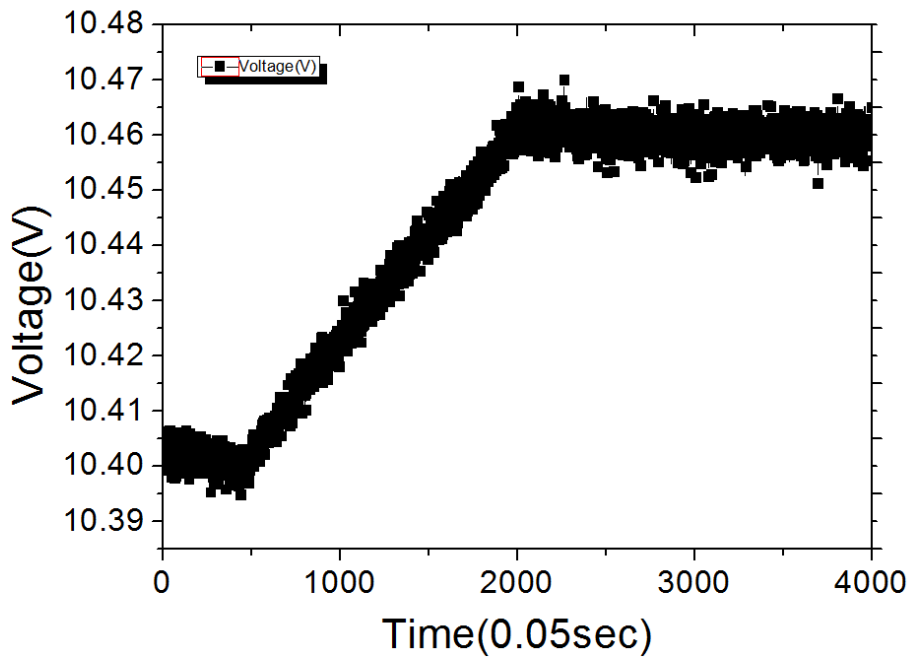
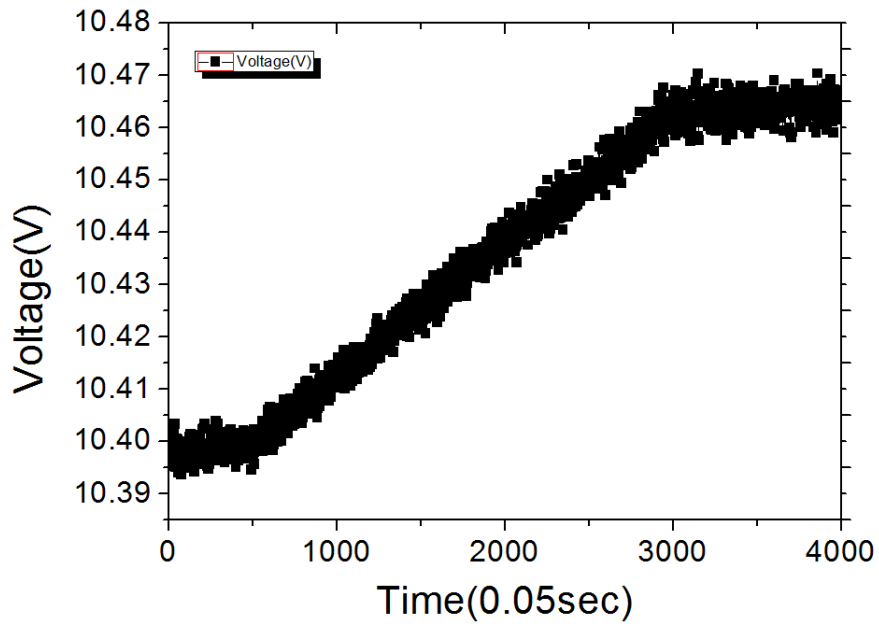
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	500 伏特



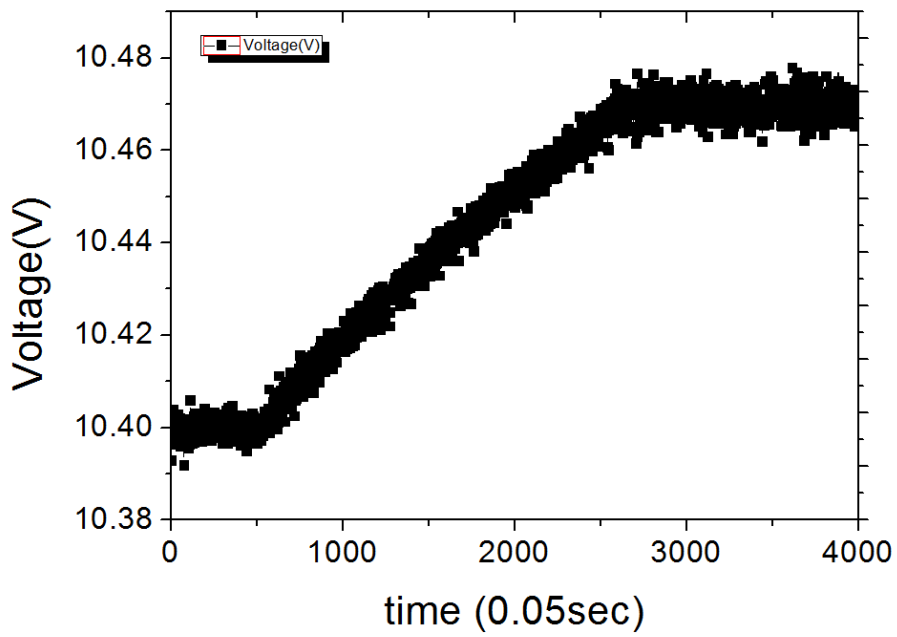
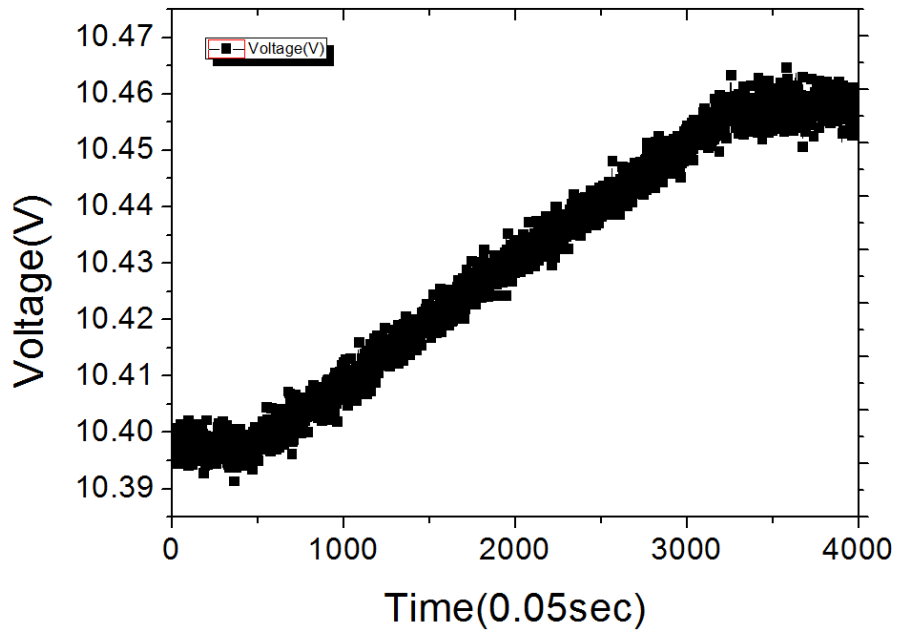
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	700 伏特



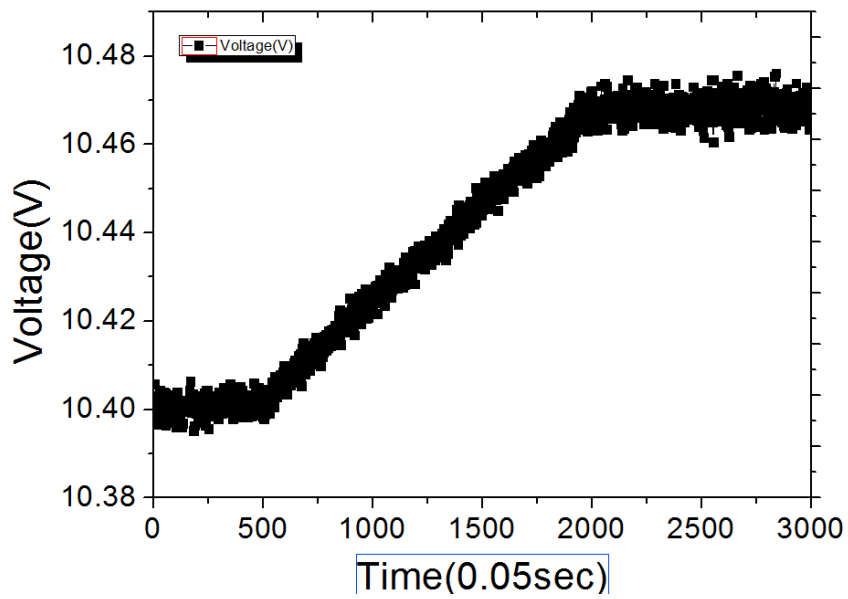
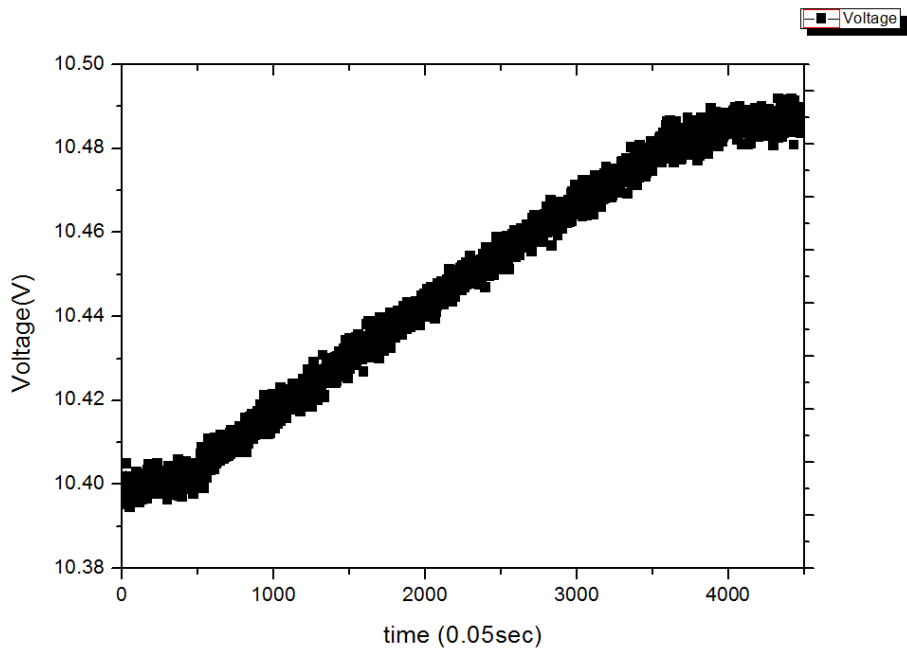
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	900 伏特



總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	1000 伏特

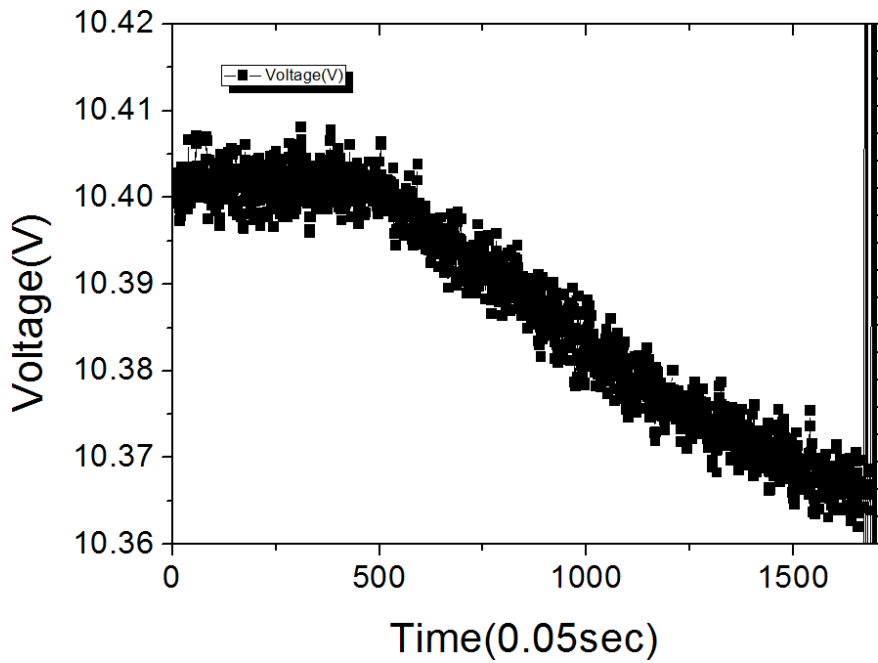
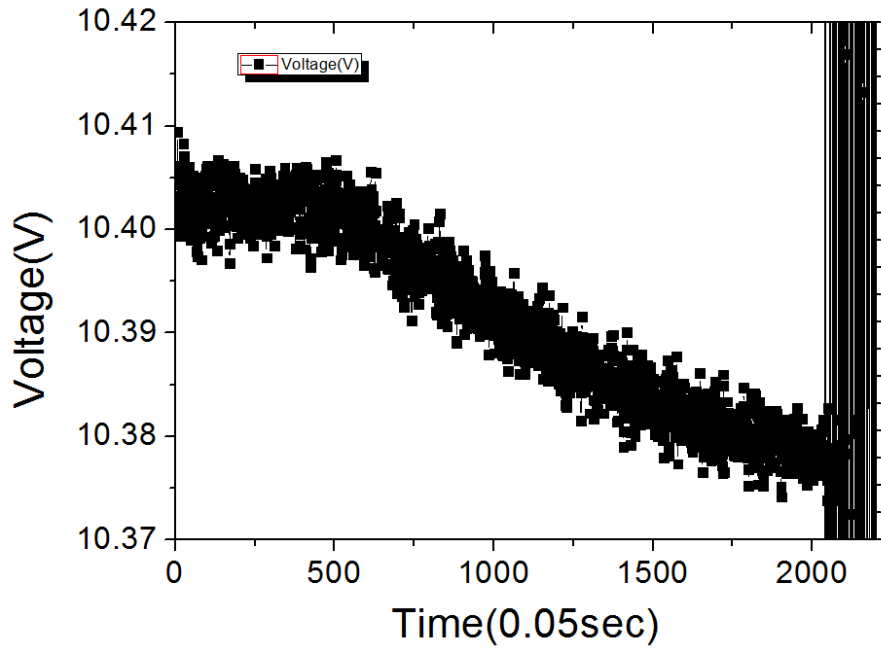


總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	1100 伏特



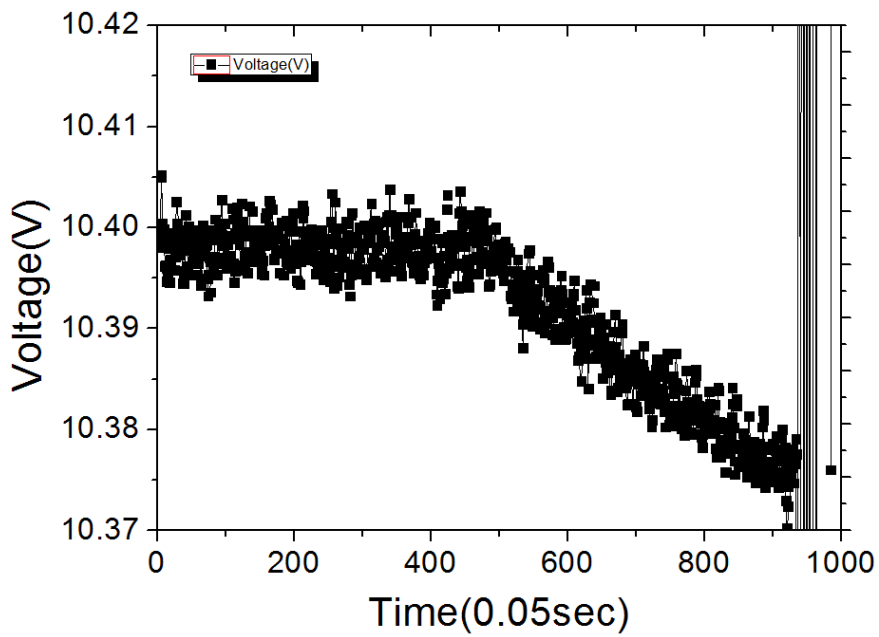
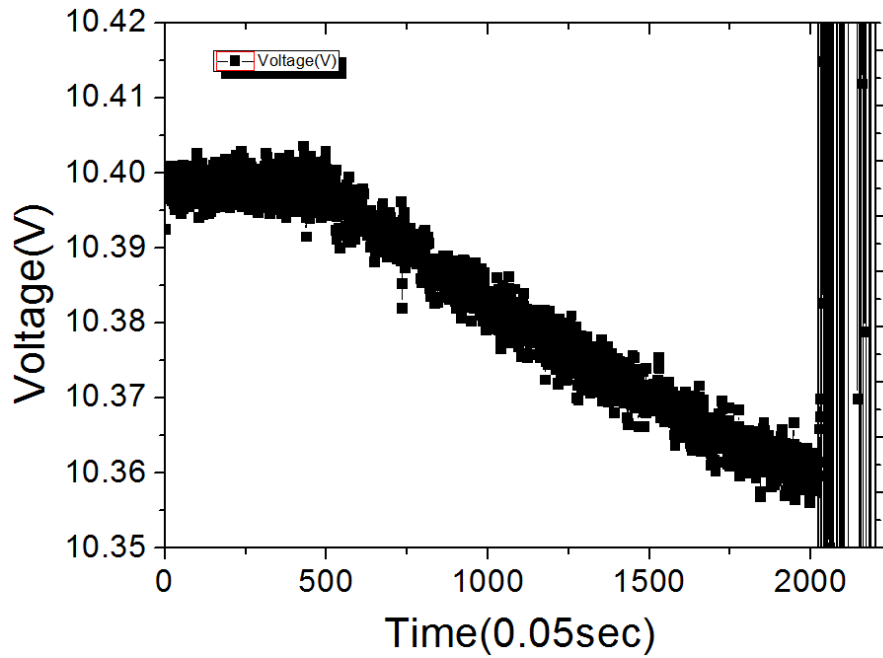
當為反向電壓、正向電流時

總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-500 伏特

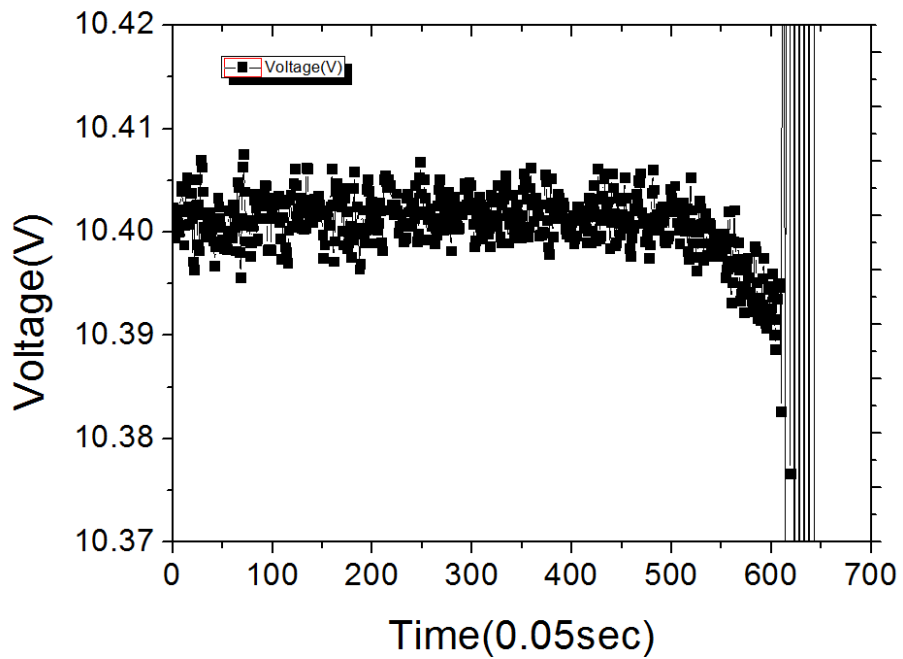
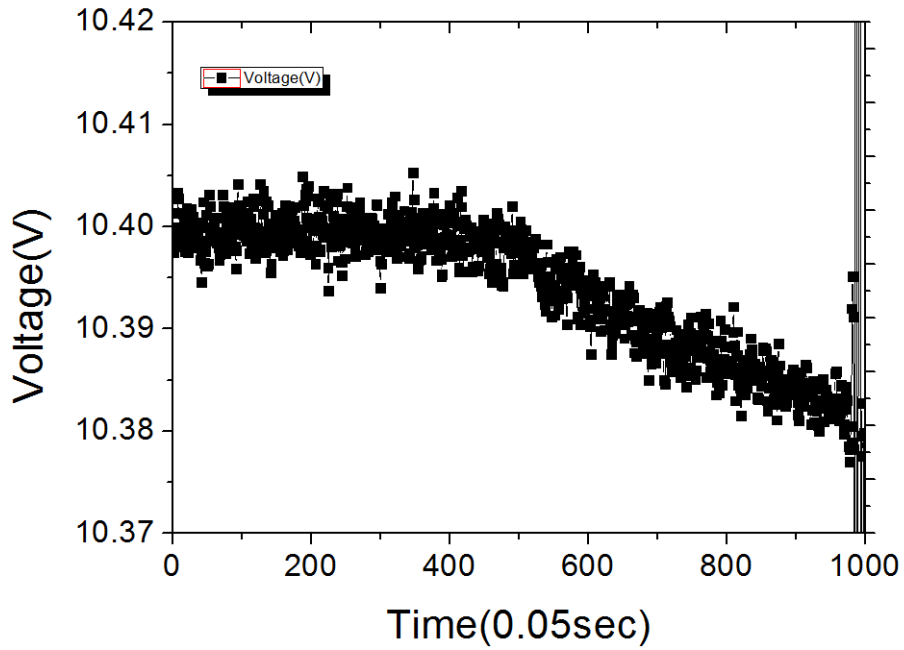




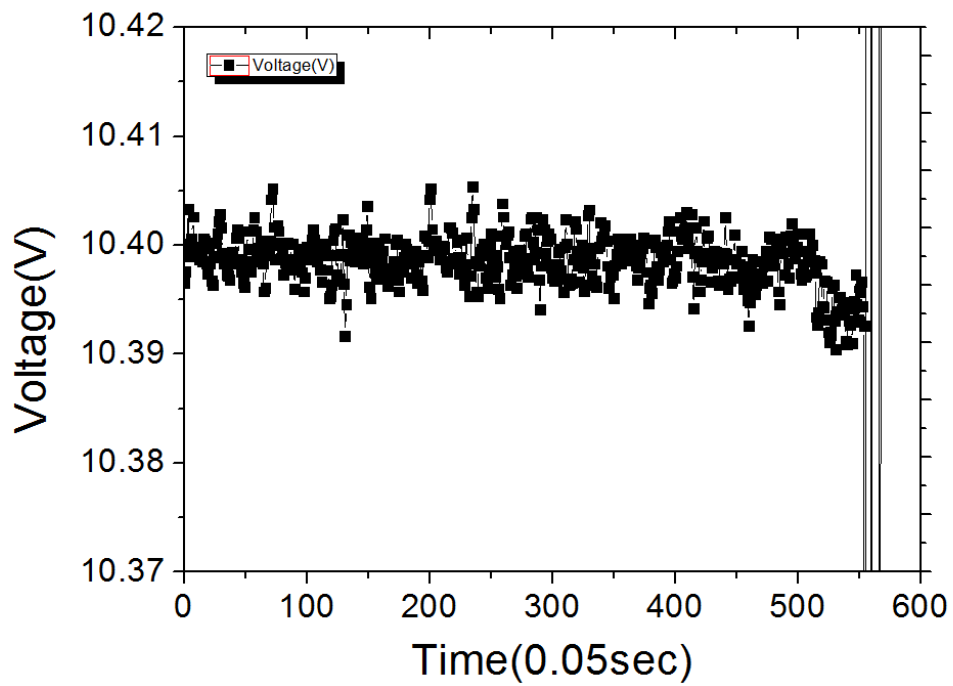
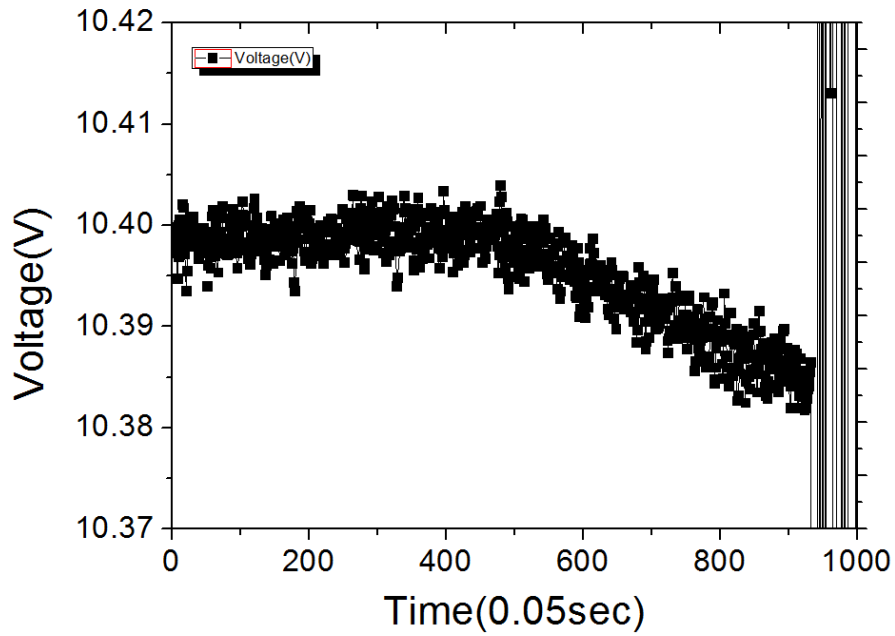
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-700 伏特



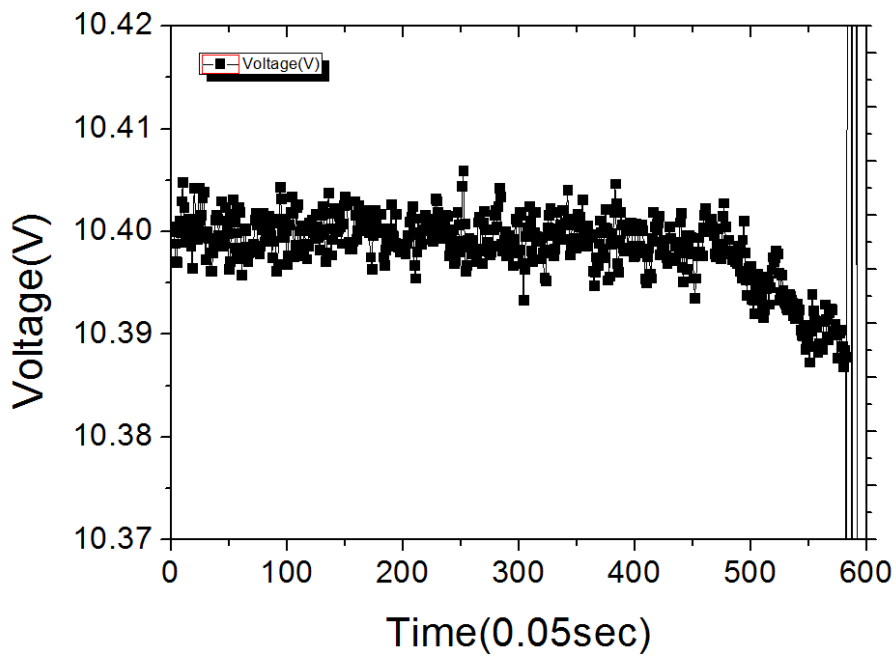
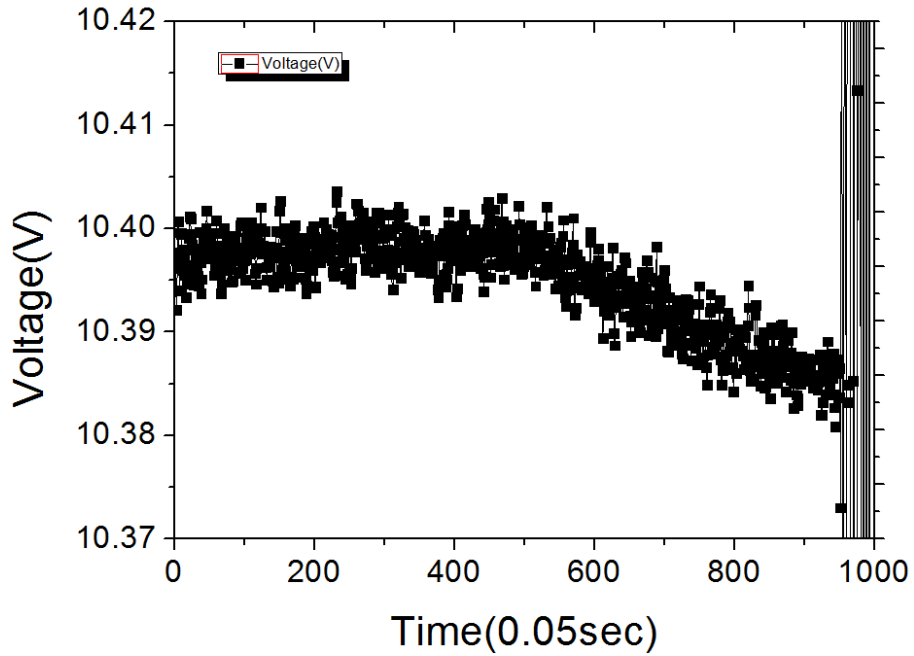
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-900 伏特



總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-1000 伏特



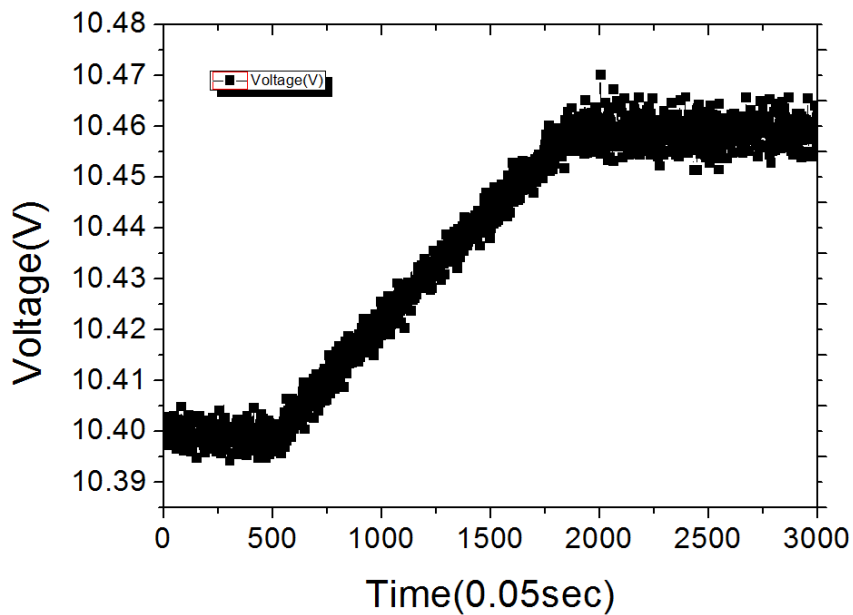
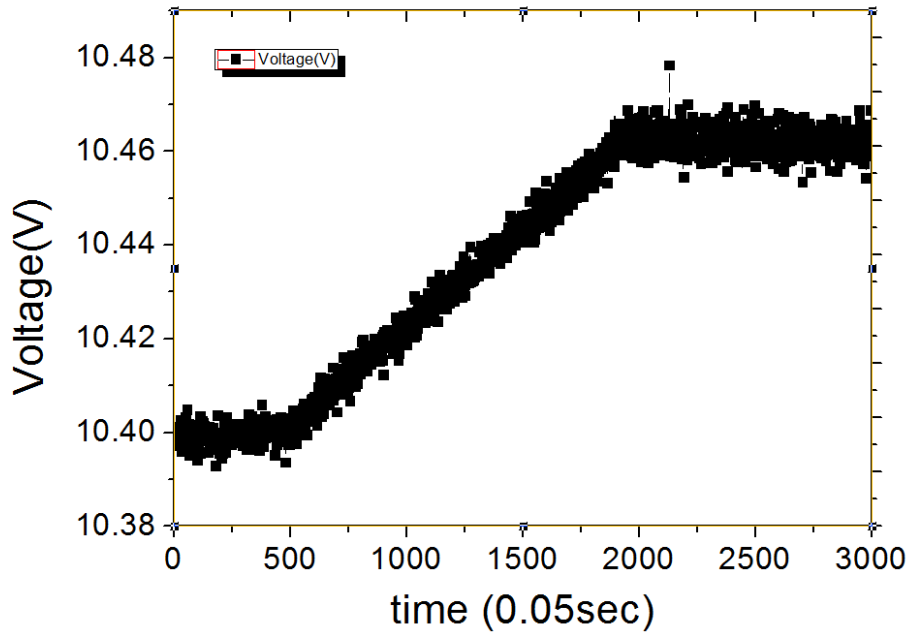
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-1100 伏特



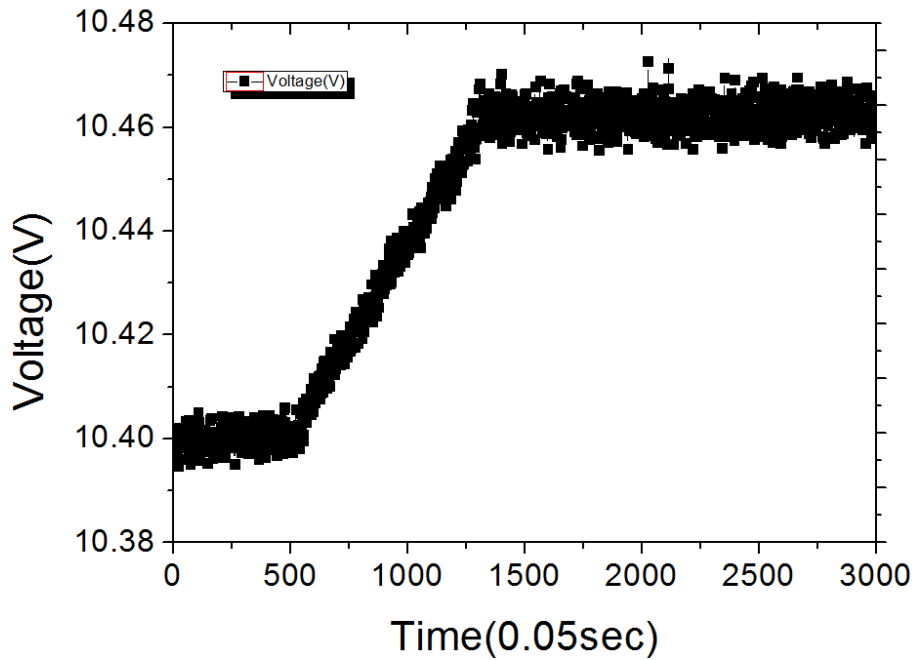
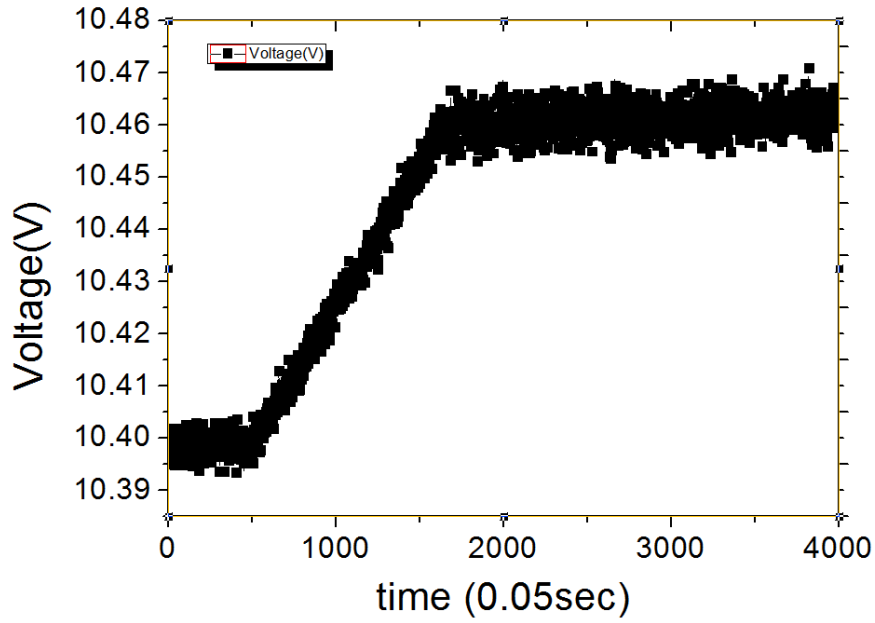
#### 4-2 反向電流流向：

當為正向電壓、反向電流時，

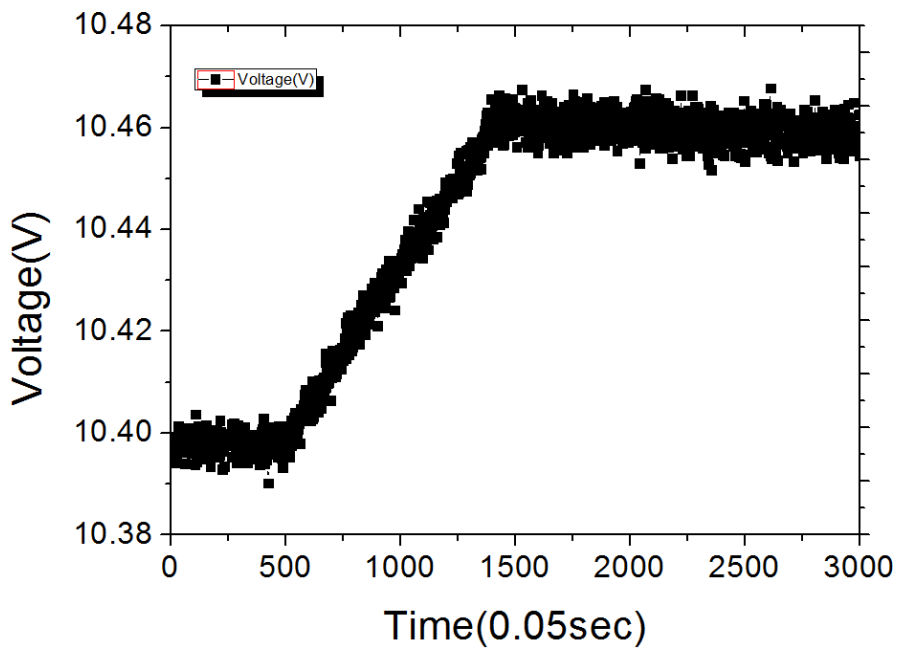
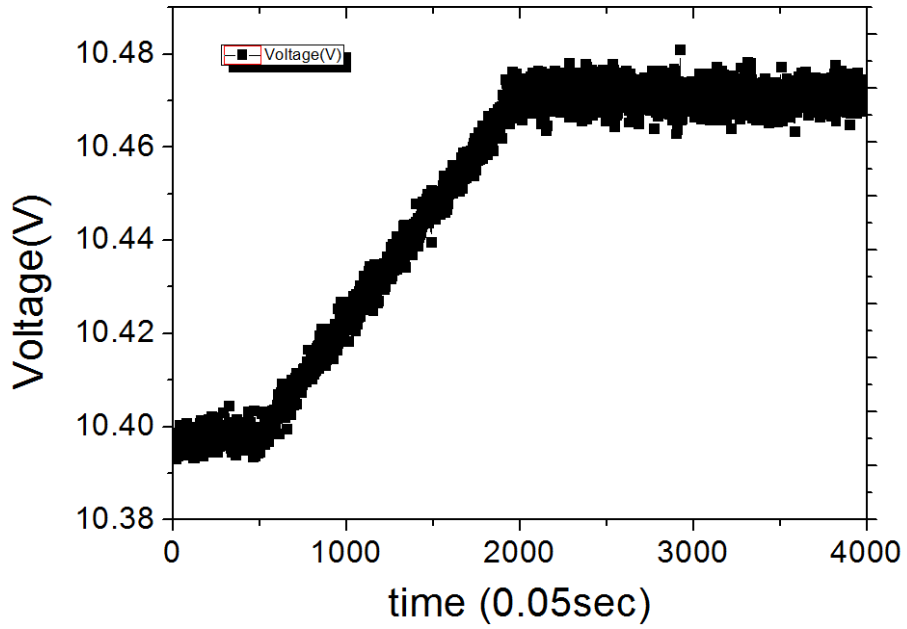
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	500 伏特



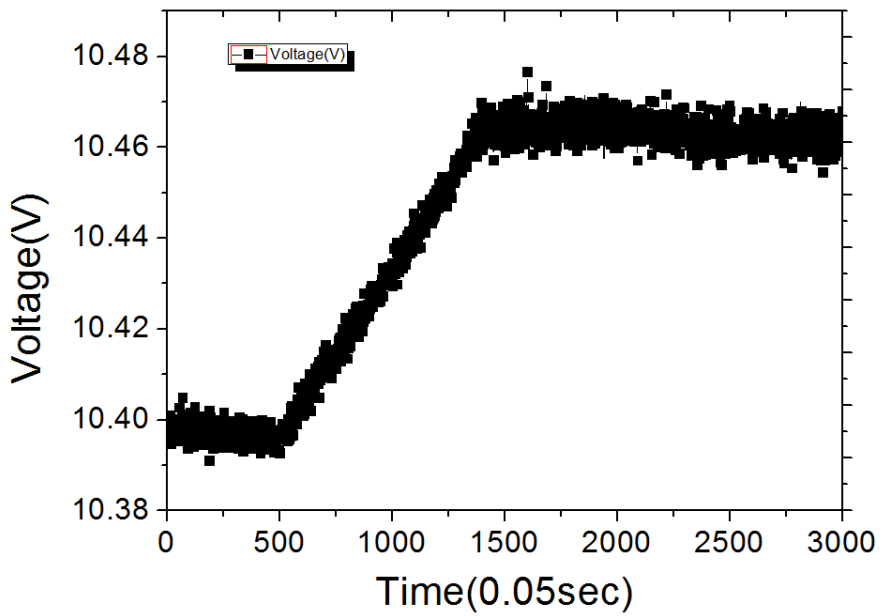
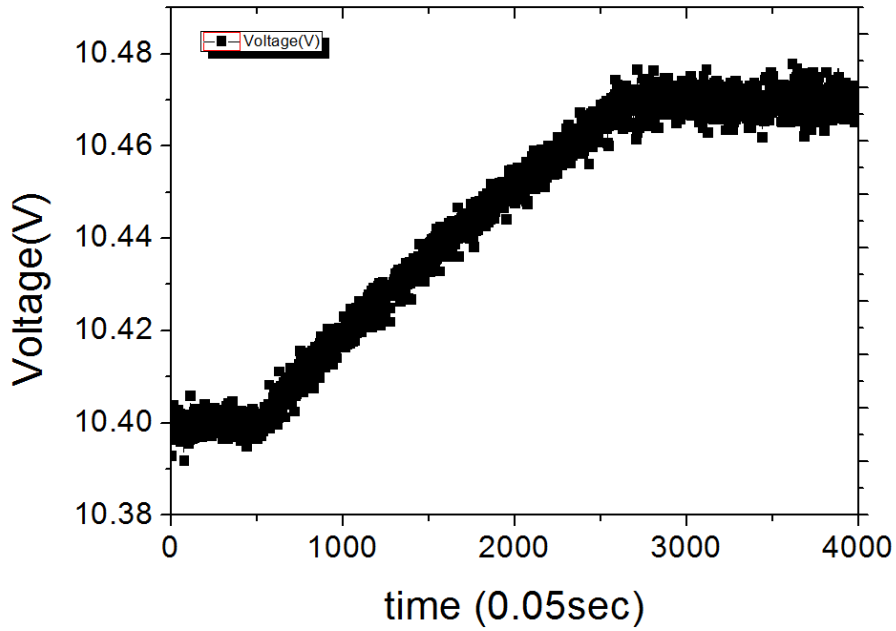
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	700 伏特



總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	900 伏特

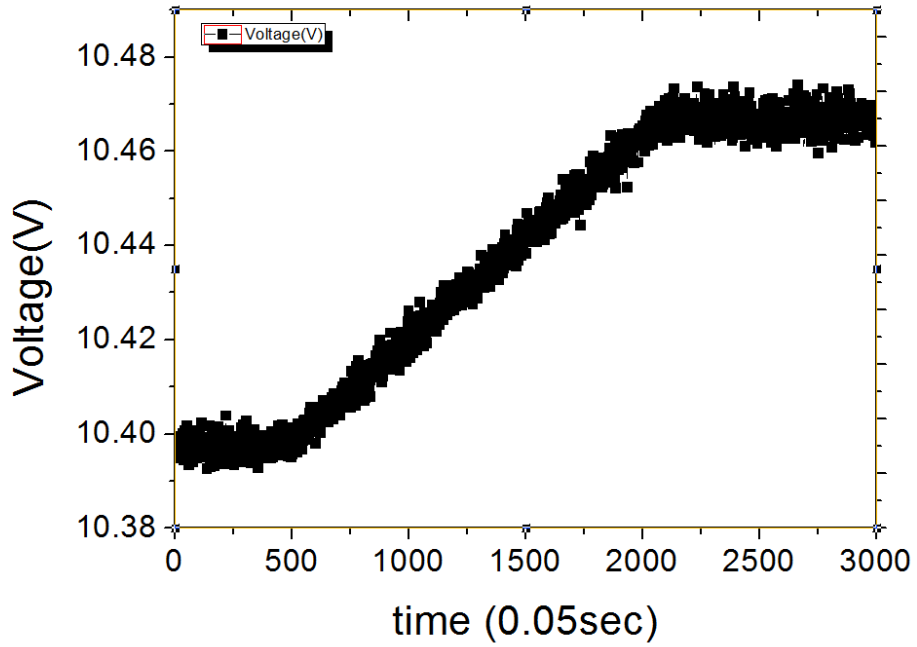


總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	1000 伏特

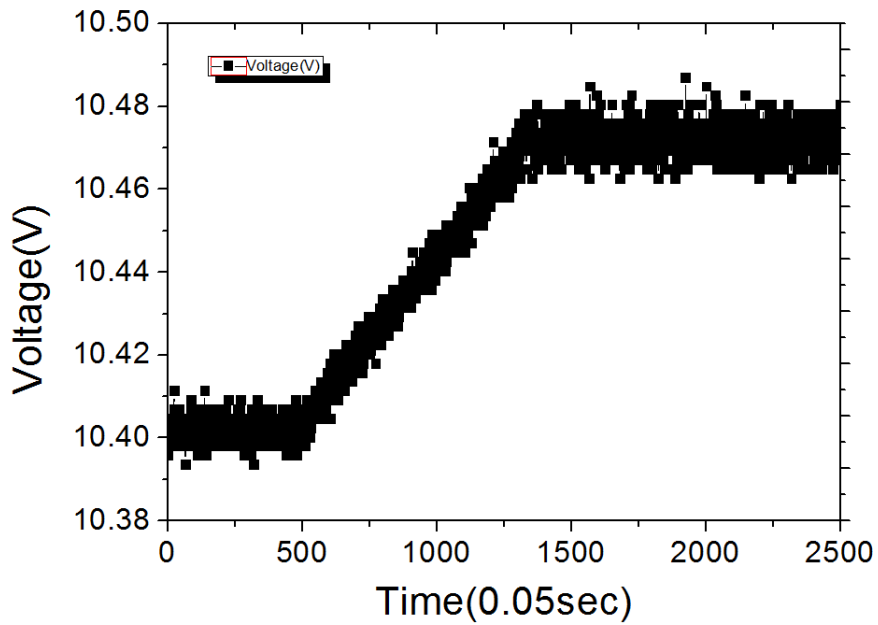




總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	1100 伏特

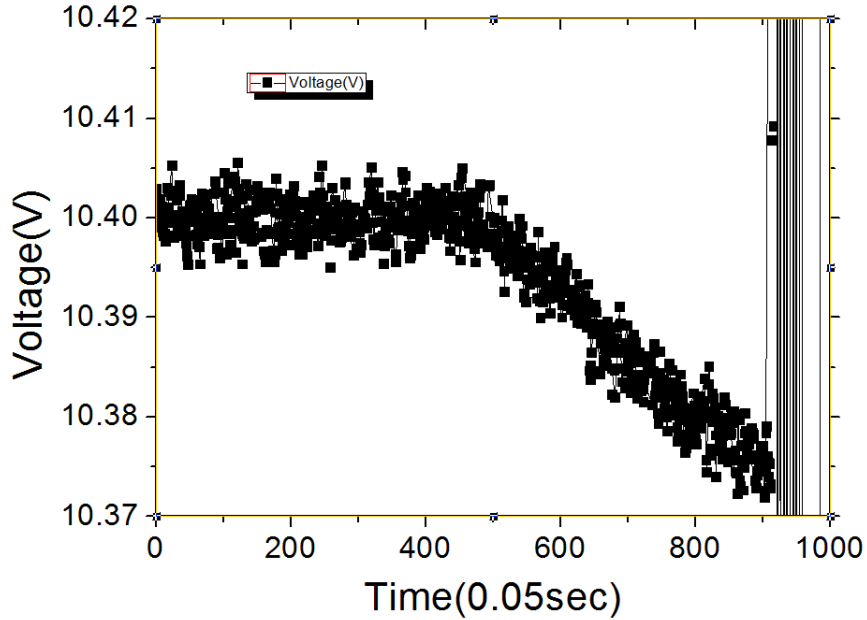
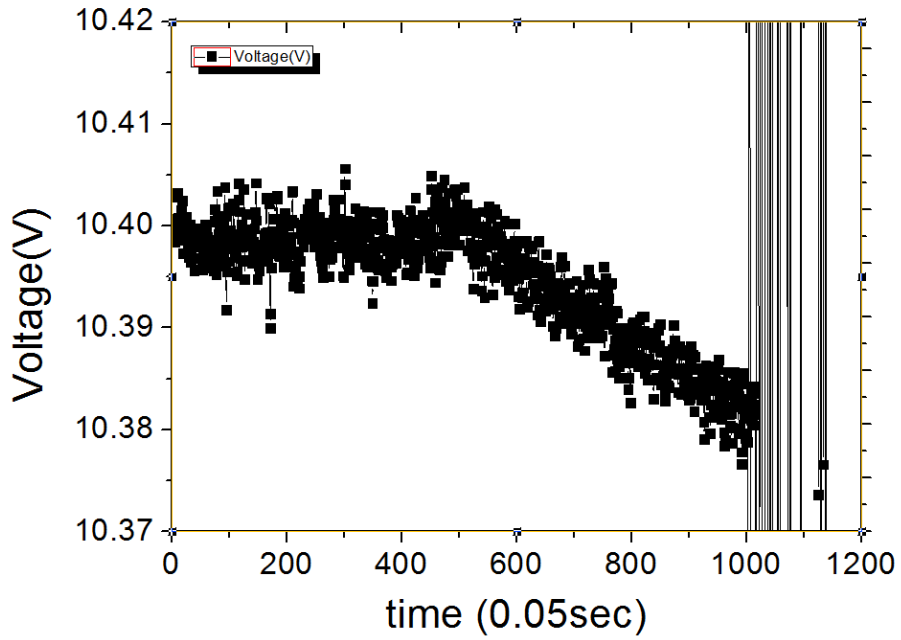


File Edit View Options Window Help

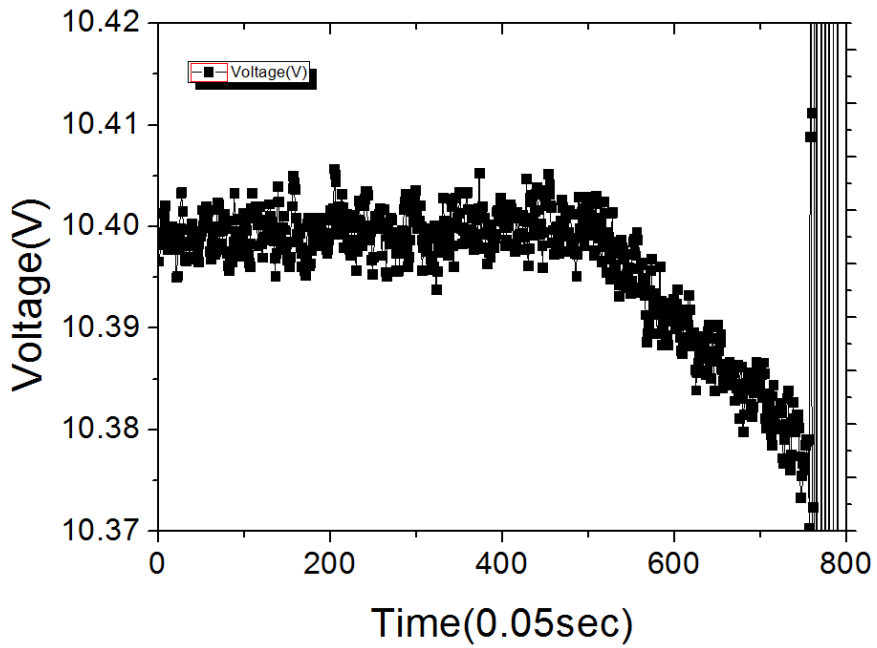
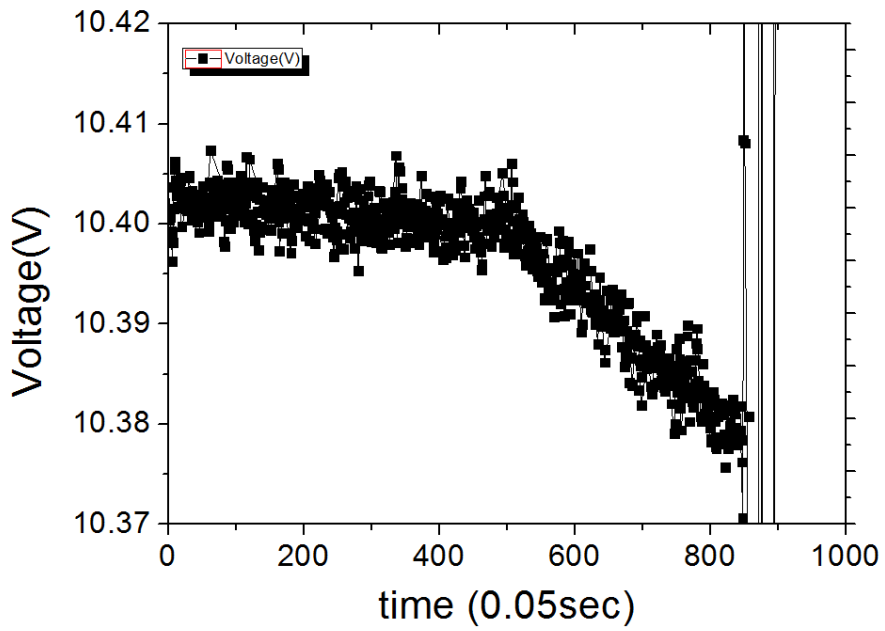


當為反向電壓、反向電流時

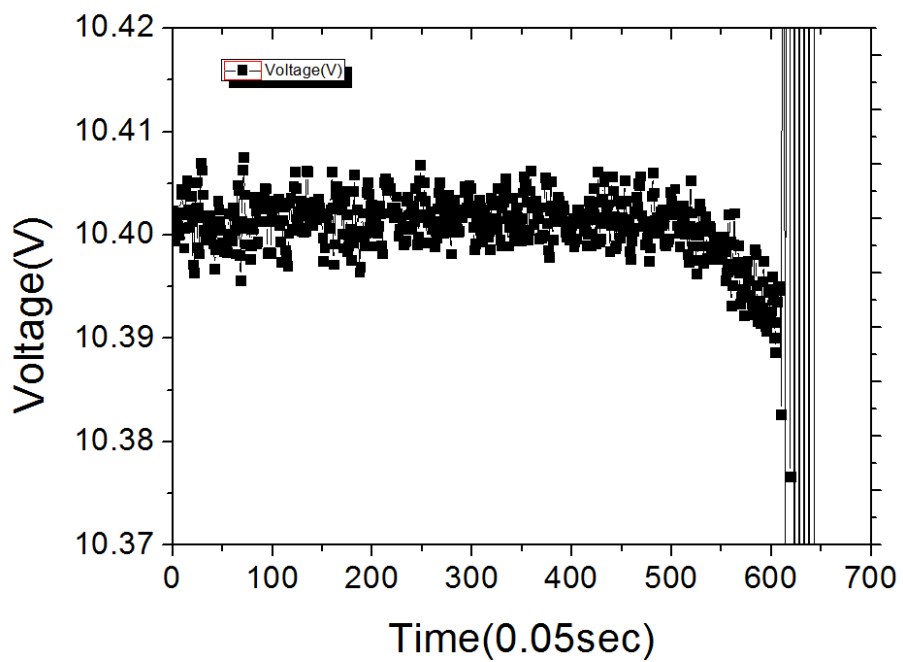
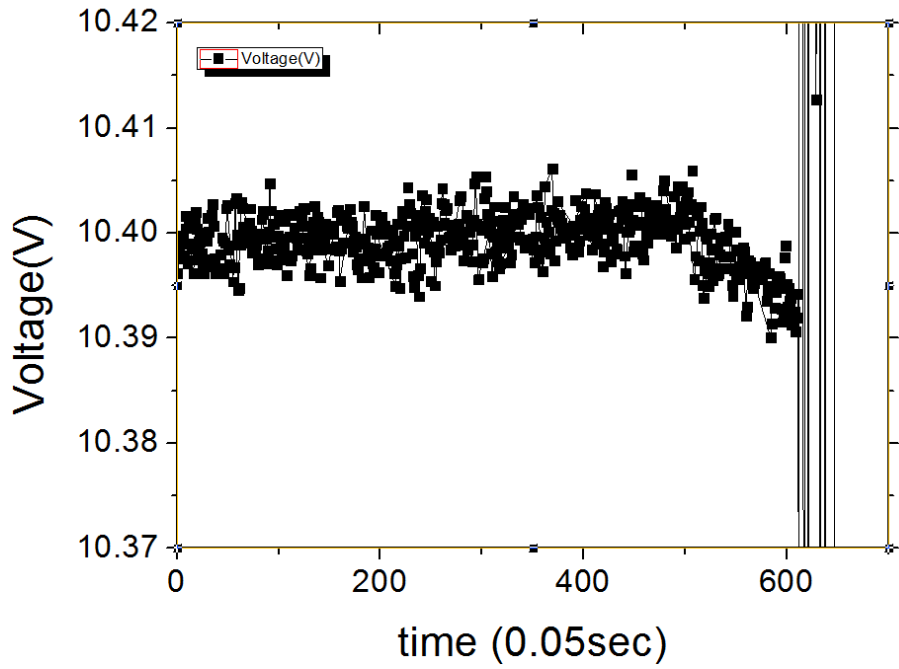
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-500 伏特



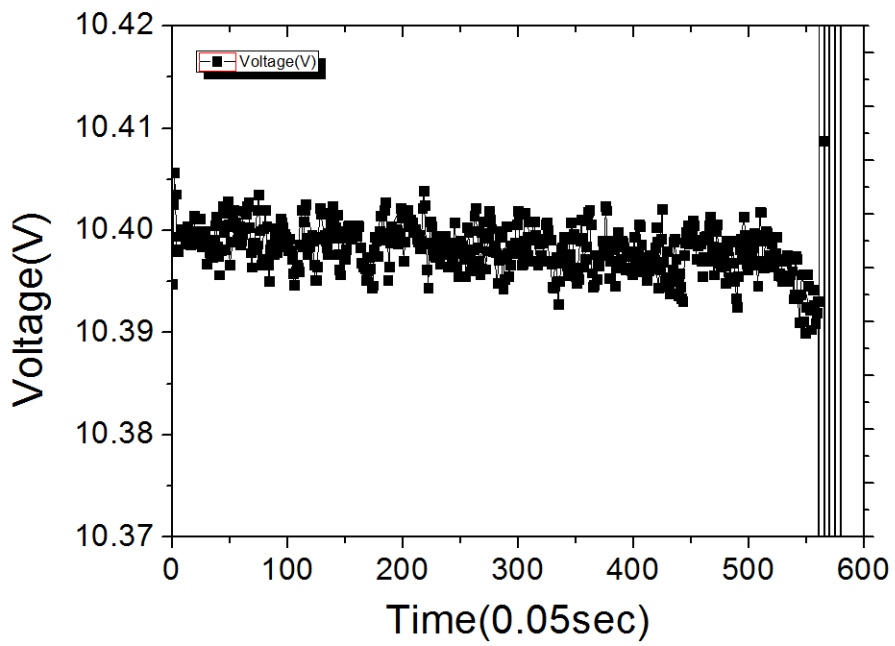
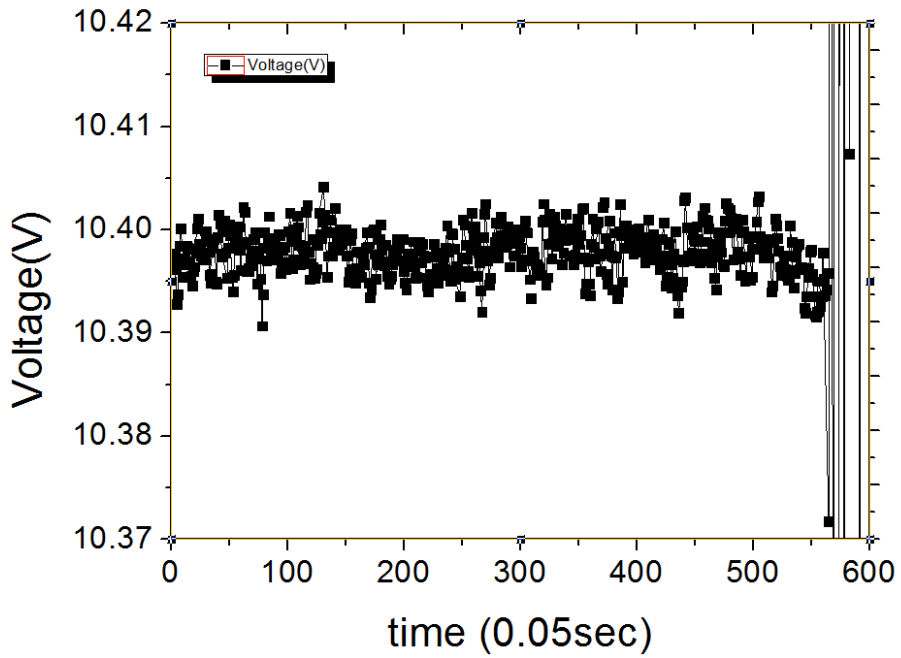
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-700 伏特



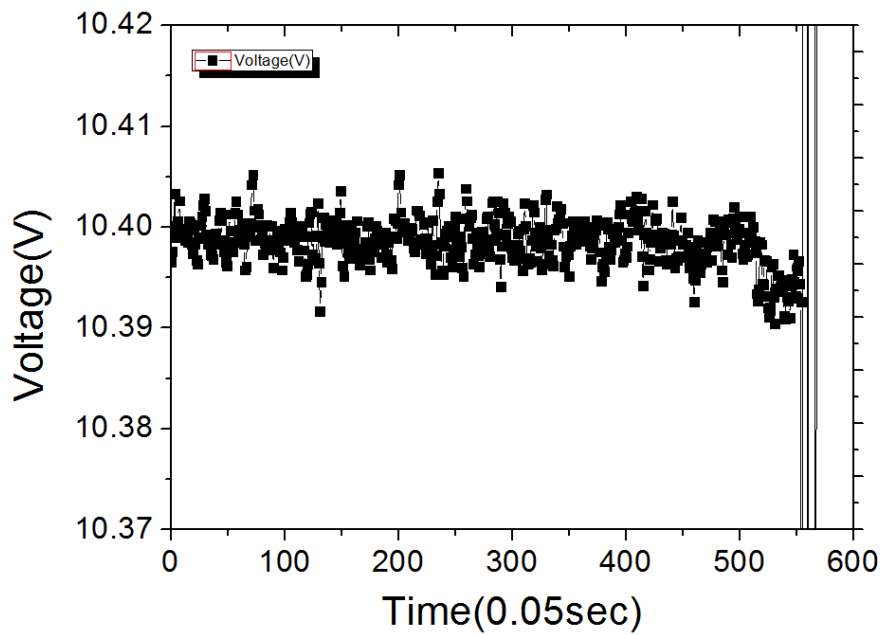
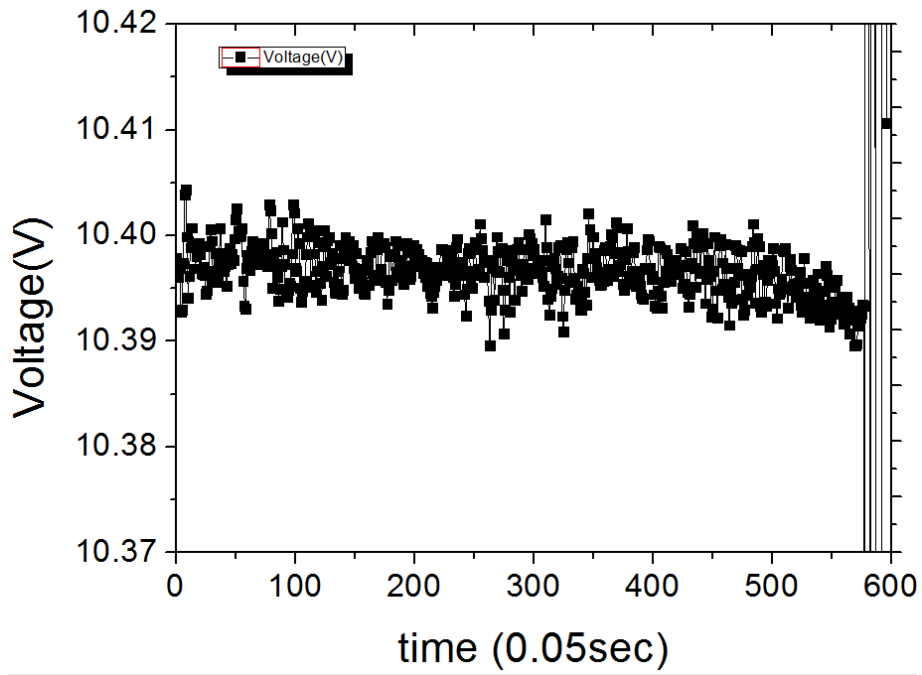
總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-900 伏特



總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-1000 伏特

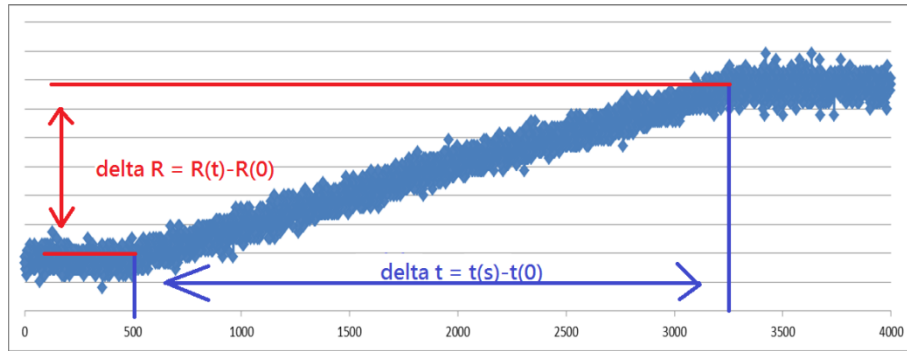


總電流	總電壓	外接電場電壓
0.34 安培	7 伏特	-1100 伏特



#### 4-3 物理模型與推測原因：

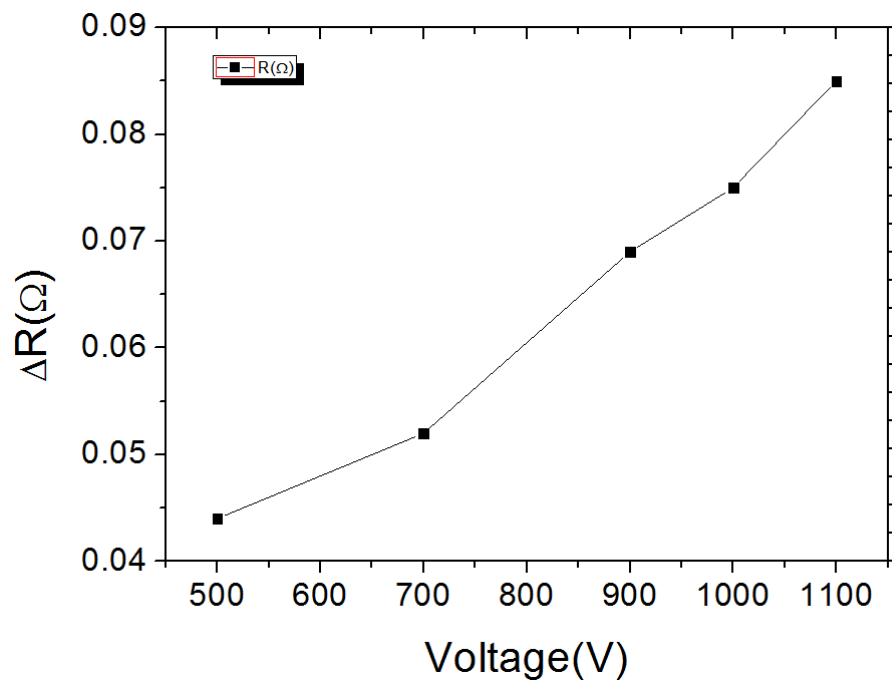
藉由前面的實驗數據我們將下圖歸納為例，取時間差對應電場電壓圖及電阻插隊應電場電壓圖。



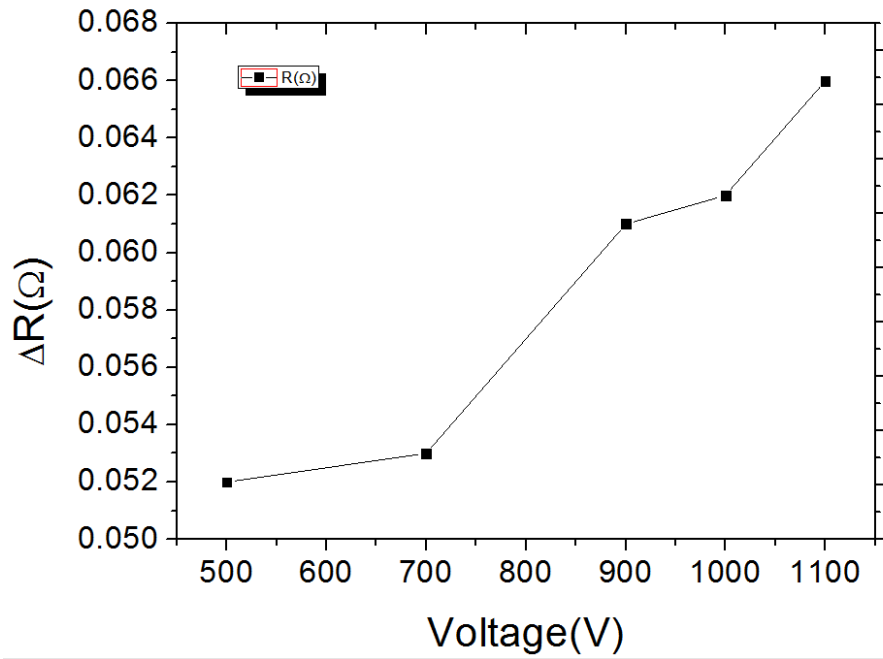
(圖 10)實驗擷取數據之例圖

藉由上述之例圖，我們取出在正向及反向電流下之時間差對應電場電壓圖及電阻差對應電場電壓圖。(在反向電壓的部分由於電阻會出現崩潰的現象，故電阻差並沒有統計反向電壓的部分。)

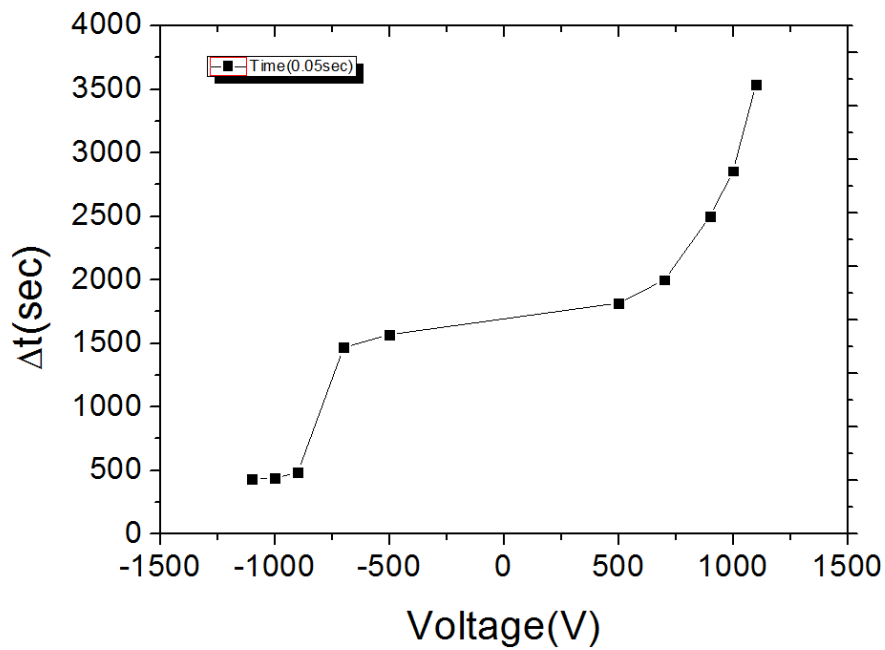
正向電流



(圖 11)第一次實驗之電阻差對應電場電壓圖

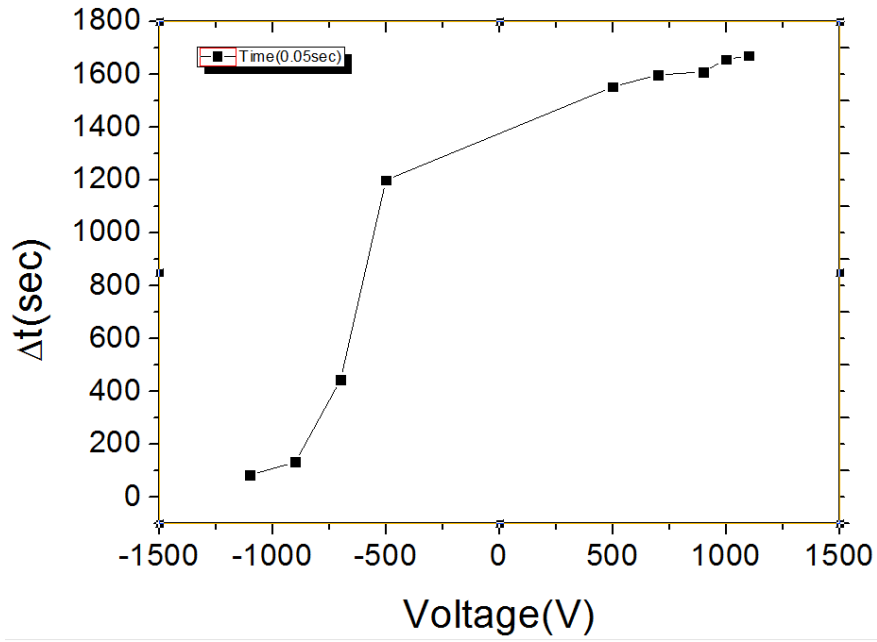


(圖 12)第二次實驗之電阻差對應電場電壓圖



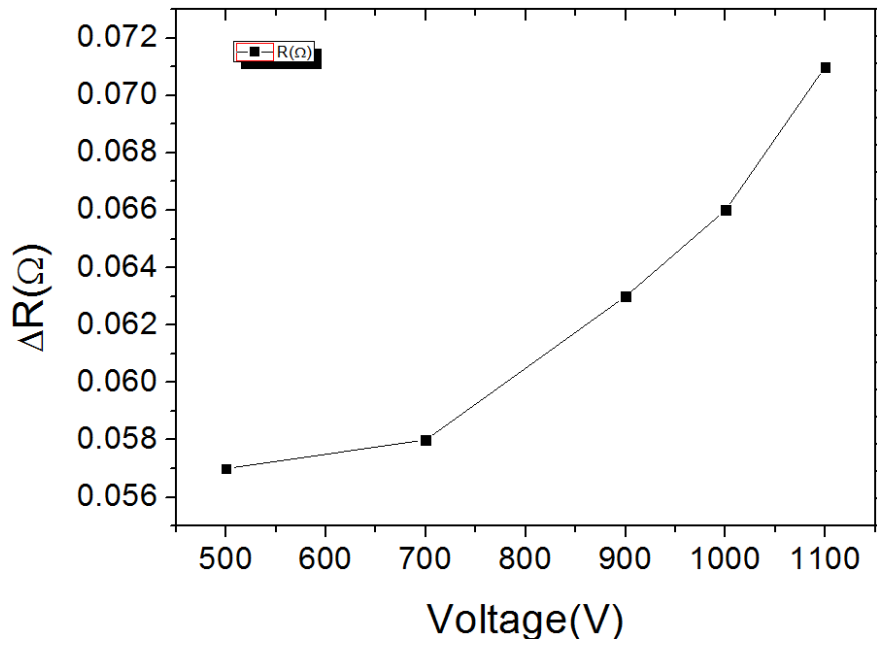
(圖 13)第一次實驗之時間差對應電場電壓圖



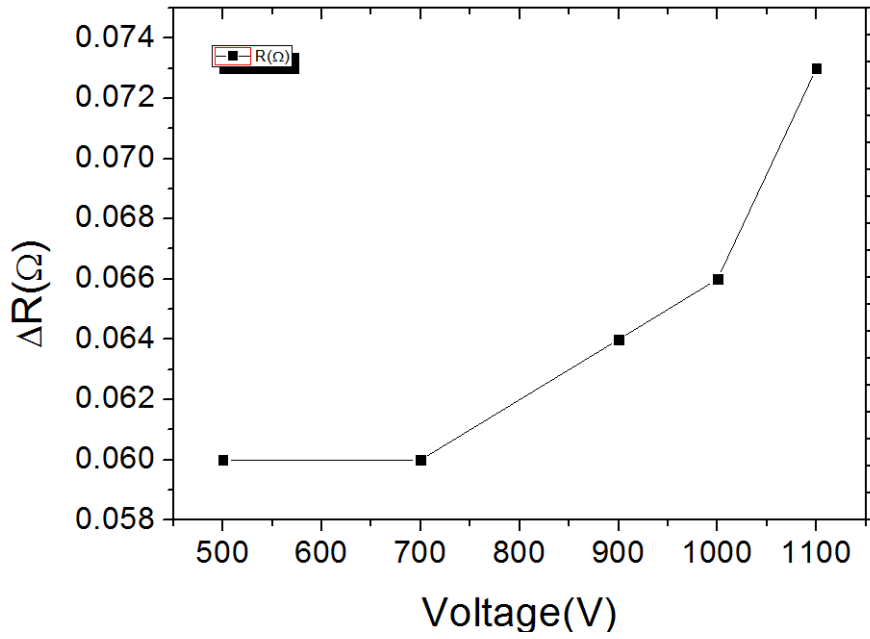


(圖 14)第二次實驗之時間差對應電場電壓圖

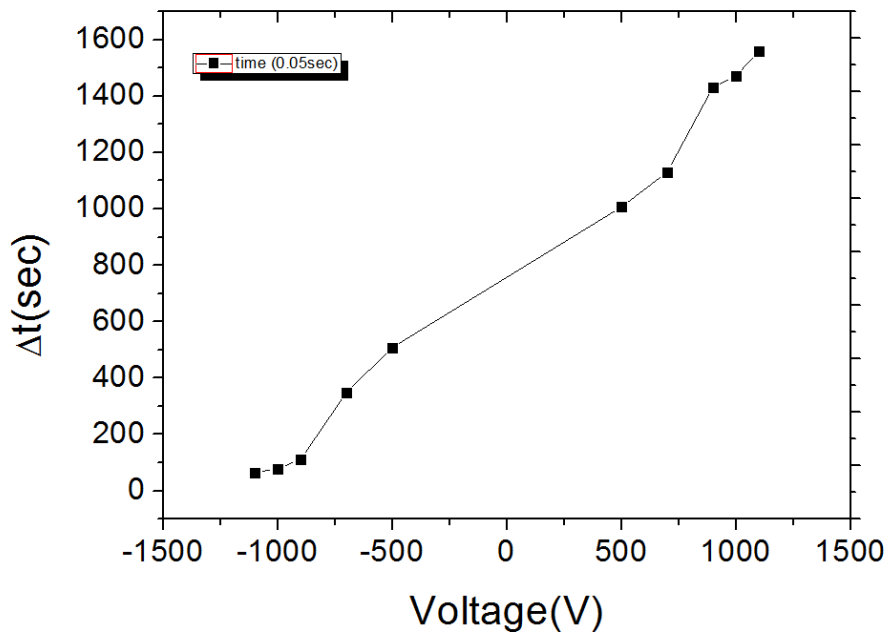
反向電流



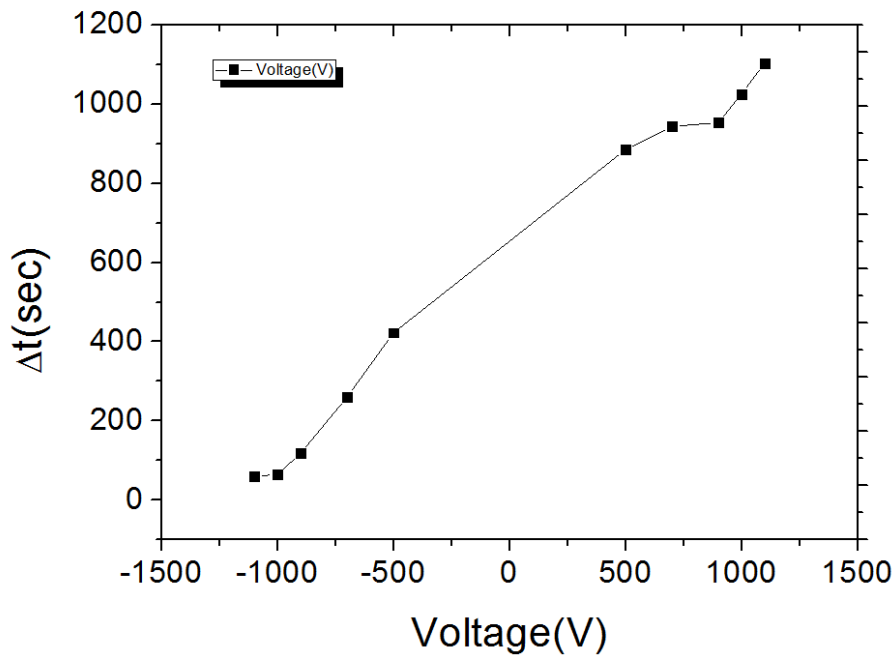
(圖 15)第一次實驗之電阻差對應電場電壓圖



(圖 16)第二次實驗之電阻差對應電場電壓圖



(圖 17)第一次實驗之時間差對應電場電壓圖



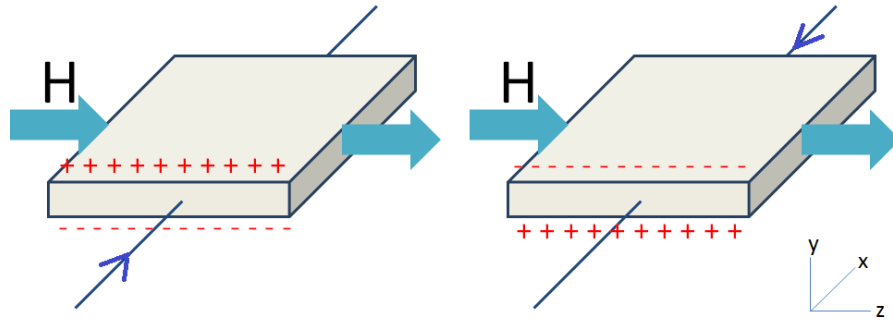
(圖 18)第二次實驗之時間差對應電場電壓圖

由實驗的數據中我們可以歸納出以下幾點：

1. 在正向電壓電場下，金屬材料的電阻會上升，且隨著電壓的增加上升的幅度也會增加，上升至穩定電阻的時間也會增加。
2. 在反向電壓電場下，金屬材料的電阻會下降，並且會產生崩潰的情況，且隨著電壓的增加上升，開始崩潰的時間會越來越快。

## 第五章 結論

根據分析的結果我認為電阻的變化可能與霍爾效應類似，下圖為霍爾效應的示意圖與公式。

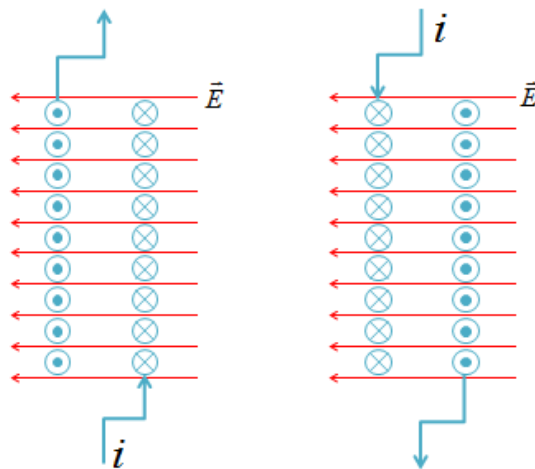


$$R_H = \frac{E_y}{j_x B} = \frac{V_H t}{IB} = -\frac{1}{ne}$$

(圖 19)霍爾效應與示意圖

根據霍爾效應[8]，當磁場與電流方向垂直時，導體內的電子受勞倫茲力聚集，並在電子聚集的方向上產生一個電場，此電場會使後面經過的電子平衡掉勞倫茲力而順利通過導體。

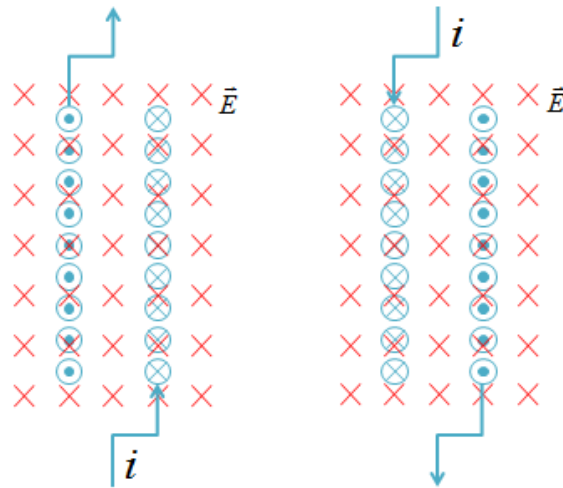
與霍爾效應不同的地方是，我們將導體置於電場而不是磁場[9]。那麼為何電阻會產生變化？我們將實驗架構的模型做出一個縱向的剖面圖，如下圖。左圖是正向電流，右圖則是反向電流。



(圖 20)縱向剖面圖

上圖紅色線的部分為電場方向，由於與電流的方向呈現垂直，因此不論電場的方向正負，金屬材料內的電子不受電場影響。

如果我們假設以另一個角度做出一個另一個剖面圖，如下圖。左圖是正向電流，右圖則是反向電流。



(圖 21)縱向剖面圖 (電場方向此時指向內)

在此圖上我們可以看到，因為金屬材料為螺旋狀，因此有一邊的電子會與電場同方向，另一邊則相反。

因此我們推測可能有兩種原因造成電阻產生變化

1. 彈簧左右邊匝數不相同。

如上圖所述，螺旋梯狀的彈簧可能會導致電子流經導體一側時會加速而流經另一側時則會減速[10]，那麼左右的匝數不同就會導致電子經過導體的快慢，進而對電阻造成變化。

2. 電場對彈簧之左右大小有梯度差、或是彈簧位置位於不均勻電場區。

在一開始的假設上，我們是假設將金屬材料置於平行的電板中間，原因是因為橫向平行電板的中間部分可以提供均勻且與彈簧垂直的電場，若彈簧並非置於橫向平行電板的中間則，則電阻是否會因為不均勻的電場而產生變化。

以應用層面來觀察此計畫的量測結果，具螺線型之導體元件或許可以作為偵測外界不均勻電場之靈敏感測器、或是反過來視為導體元件在外界電場之影響下能夠操控之導體之阻值。

然而因為執行時間未及的關係，很多實驗的問題還待一一釐清與解決，如果在未來仍有機會延續計畫的話，我希望能補充以下幾個實驗重點：

1. 更換材料的種類。
2. 更換材料的形狀。
3. 將電場內的材料往左右兩側移動，驗證是否因為非均勻電場的關係造成電阻變化。

## 參考文獻

- [1] 江進福，江福財，電磁學原理應用，科技圖書股份有限公司，1989。
- [2] AudioQuest , <http://www.audioquest.com/> .
- [3] Apparatus and methods for dielectric bias system ,  
<http://www.google.com/patents/US7126055> .
- [4] M. Morris Mano and Michael D. Ciletti , *Digital Design With an Introduction to the Verilog HDL*, 5th Edition , Preason Education Limited, 2013.
- [5] David J. Criffiths , *Introduction to Electrodynamics Fourth Edition*, Pearson International Edition, 2012.
- [6] Robbins Miller , *Circuit Analysis: Theory and Practice*, CENGAGE Learning Edition, 2012.
- [7] 林毅欽，LabVIEW 基礎程式設計及應用-3rd edition，全華圖書股份有限公司，2004。
- [8] 閻守勝，固態物理基礎，北京大學出版社，2011。
- [9] Chun Yang, A Study of Electrical Properties in Bismuth Thin Films, Physics REU Summer, 2008.
- [10] Paul Lorrain and Dale R. Corson, *Electromagnetism Principles and Applications*, Oxford : Oxford University Press, 1990.