

## 壓電發電充電器之研究

楊善國<sup>1</sup>、施柏仰<sup>1</sup>

<sup>1</sup>國立勤益科技大學 機械工程系

### 摘要

隨著電子科技不斷研發，電子產品在日常生活已扮演著不可或缺的角色。幾乎所有電子產品均需使用電池，但畢竟電池容量有限，因此常需更換電池。如果在戶外遇到電池沒電的情況，此時只能依靠行動式的充電系統。在生活中較常回收利用的能量有太陽能、熱能、震動能等，其中太陽能及熱能都有來源不穩定及裝置體積過大等缺點，故本研究以擷取生活中之震動能經由壓電材料及壓電震動能擷取系統轉換為電能儲存。

**關鍵字：**行動式充電系統、壓電材料、壓電震動能擷取系統

### 1. 前言

日常生活中可回收利用的能量有太陽能、熱能及震動能等，其中震動能在生活中最為普遍，且最少被人們回收利用。在震動能轉換上，主要有靜電式、電磁式及壓電式等方式，其中壓電式發電機具有高功率密度，且體積小、結構簡單，非常適合與日常生活用品結合。

日本 Soundpower 公司所開發出之發電地板，主要由直徑小於 3 公分之壓電元件組成陣列模組，上覆一層振動薄板，60 公斤的人步行於 1,800 平方公分的發電地板上，平均能產生 0.3W 的電力。該公司並於涉谷火車站的人行道上鋪設 4 塊發電地板進行實際試驗，結果顯示，平均每個人從 2,025 平方公分的發電地板上走過 2 次，就可以產生約 0.5W 的電能。

JR 東日本公司於 2007 年在東京車站小規模試驗發電地板，通過吸收乘客走動時產生的振動來發電。根據 JR 東日本公司的說法，預計每天將能夠回收 1,400kW 的電力，將來若能大規模設置，則可進一步供應驗票匣門及顯示器(如圖 1 所示)所需的電力。

以上都是壓電振動能擷取系統很好的應用，但都只限於固定地點才能使用，故本研究將壓電陶瓷材

料放置於鞋墊中，以達成移動式充電的目的，並可配合電子電路，構成一行動電源可對電子產品進行充電。

### 2. 壓電能擷取系統

#### 2.1 壓電能擷取系統

壓電震動能擷取系統架構如圖 2 所表示，將環境震動能經由震動子轉換為應變能，再經由正壓電效應轉換為電能，接著藉由介面電路和阻抗匹配電路將電能存在電池中以備使用。

#### 2.2 壓電原理

壓電效應即為壓電材料中之機械能與電能之轉換現象，此效應包含兩種類型，分別為正壓電效應(direct piezoelectric effect)與逆壓電效應(converse piezoelectric effect)，其原理說明如下：

##### 正壓電效應(機械能轉換成電能)

當一外力作用於壓電材料上時(施加壓力或者拉伸)，致使結構產生變形，材料內的電偶極矩會因作用力縮短，此時壓電材料為了抵抗變化會在材料表面產生正負電荷以保持原狀，如圖 3 所示。換言之即為應變能轉換成電能，而電荷量會與外力成正比關係。當施加外力頻率等於材料自然頻率時會有最大電荷的產生，此效應多使用在感測元件。

##### 逆壓電效應(電能轉換成機械能)

當一電場施加於壓電材料兩端時，壓電材料的變形會隨電場大小做體積上的改變，改變幅度亦與電場大小成正比關係，即對壓電材料施予電場作用而材料體內電偶極矩為抵抗便會沿電場方向伸長，如圖 4 所示。當電場方向變化時，材料變形的方向也隨之改變，換言之即為電能轉換成應變能。當一交流電場驅動壓電材料時，交流電場的頻率等於壓電材料的自然頻率時會有最大變形產生，此逆壓電效應大多使用在致動元件上。

### 2.3 壓電陶瓷材料

壓電材料因晶格內原子特殊排列方式，使得材料有應力場與電場耦合效應，依據材料種類可分為單晶、薄膜、聚合物、陶瓷、複合材料等。

因陶瓷材料易於燒結，可利用不同的成分改變其特性，為目前壓電材料的主流，其中 PZT 具有較高機電轉換效率，故在致動器與感測器上已經使用相當普遍。

在實際應用上，常會搭配軟性金屬材料，以彌補陶瓷材料以塊狀形式使用時，因勁度過大易於損壞破損的缺陷。

本實驗採用壓電陶瓷 PZT5 做為研究材料，尺寸如表 1 所示。

### 2.4 充電電路

因正壓電效應所產生出之電能為電荷，且為交流形式，故需使用一電容做為電荷電壓的轉換媒介，並利用橋式整流電路將其轉換為直流形式，才能儲存至充電電池中。

#### 2.4.1 基本充電電路

基本的充電電路由電容以及橋式整流器組成，如圖 5 所示

#### 2.4.2 電源管理模組 EH301

EH301A(如圖 6)的功能為低功率間歇性工作周期採樣數據或應用，可擷取各種穩定或不穩定電源，並加以儲存。可接受輸入電壓從 0.0V 到 500V 之交、直流電，輸入電流從 200nA 到 400mA。

當輸入電源時，EH301A 將電能儲存於電容內，起始電壓為 0.0V，當電容電壓上升至 VH(5.2V)時，電源管理模組就開始釋放電能，直到電壓下降至 VL(3.1V)時，停止釋放電能，重新充電周期直至電壓再次上升至 VH，如圖 7 所示。輸出電壓如圖 8 所示。

#### 2.4.3 降壓式電路

降壓式電路的目的是減少壓電材料的阻抗，給予電池良好的充電效率。但使用時輸入電壓不能太低，因此大多設計於壓電能擷取系統中。

而使用降壓式電路的特點是需要額外電源來驅動 MOSFET 開關，如圖 9 所示。

### 2.5 電池充電曲線

本研究使用之電池為一般手機使用之鋰電池，最大容量為 890mAh，最大電壓為 4.2V。

當電池沒電進行充電時，電壓會從最低點 3.6V 上升，此時充電電流會以最大電流對電池進行充電，當電池電壓上升至 4V 時，充電電流開始下降，直至電池電量飽和，電池電壓約 4.2V 充電電流趨近為 0A 為止。過程如圖 10 所示。

## 3. 人體步行應力

### 3.1 足部推進動作

當站立不動時，體重可藉由足跟後方與蹠骨前方均勻分布。

行走時，足跟抬起體重依次分布至足外側和蹠骨，接著腳掌離地往前跨步，之後足跟着地大部分體重集中在足跟。

### 3.2 足部應力

由上述可知，行走時大部分體重分布於足跟以及腳掌蹠骨部分，如圖 11。故將壓電片置於足跟以及蹠骨部分，並將足跟分為 9 部分，依次量測以求得最佳的壓電片放置位置。

## 4. 實驗方式

依據上述足部應力分析，將壓電片放置於鞋墊內最佳放置位置。於跑步機上進行實際量測，以每小時 3 公里速度前進，分別記錄每 20 分鐘電池電壓上升量。量測結果如表 2 表 3 所示

由數據得知基本充電電路充電效率較 EH301 好。

## 5. 結果與討論

利用壓電能擷取系統確實可達到對充電電池充電的目的，但充電效率不理想，以每小時步行三公里的速度進行一小時實驗。約可使電池電壓上升 0.0463V，約為電池充電量的 10%。已知基本充電電路效率較 EH301 為好，後續還會針對基本電路與降壓式電路比較找出效率較好的充電電路。

### 8. 圖表彙整

### 6. 結論

以壓電震動能擷取系統擷取日常生活的震動能對充電電池進行充電是可行的，但PZT壓電陶瓷片仍具有易碎，無法承受剪力，且發電功率仍不夠理想等特性。未來將對此進行改進，例如以外部包覆其他材料方式增加壓電陶瓷片強度，增加壓電陶瓷片數量，以增加整個系統發電功率，改良能量蒐集電路，以提升充電效率。

### 7. 參考文獻

1. J.G.Rocha, L.M.Gonçalves, P.F.Rocha, M.P.Silva, and S.Lanceros-Méndez 'Energy Harvesting From Piezoelectric Materials Fully Integrated in Footwear', IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 57, NO. 3, MARCH 2010
2. 連益慶、舒貽忠，壓電震動能量擷取系統介紹，工業材料雜誌 263 期，台灣，2008。
3. 吳坤桂、黃世疇，壓電懸臂樑之扭轉發電分析與應用，工程科技與教育學刊第七卷第四期，pp.707-717，2010。
4. 蔡士郁，壓電能量擷取器分析及於無線發射器之應用，國立雲林科技大學機械所碩士論文，雲林，台灣，2011。
5. 吳哲豪，可調頻壓電樑之模型推導與震動能回收研究，國立台灣科技大學機械所碩士論文，台北，台灣，2009。
6. 童劭豪，靜止站立時鞋底鞋墊對足底壓力重新分佈的影響，國立成功大學工程科學系碩士論文，台南，台灣 2009。
7. 黃信瀚，新型 PVDF 壓電獵能器之設計分析與實驗研究，國立成功大學工程學系碩士論文，台南，台灣 2009。
8. 喬治查爾斯電子電路網  
<http://gc.digitw.com>

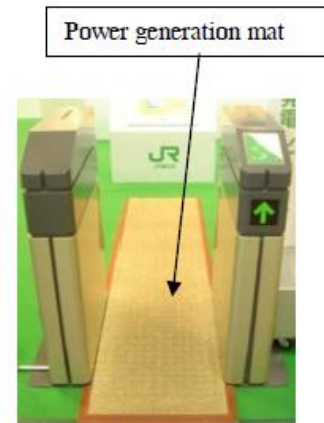


圖 1 發電地板與驗票閘門設置

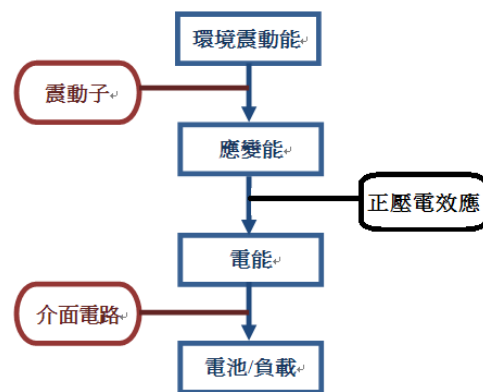


圖 2 壓電震動能擷取系統架構

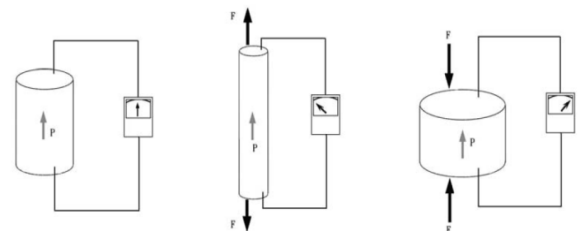


圖 3 正壓電效應

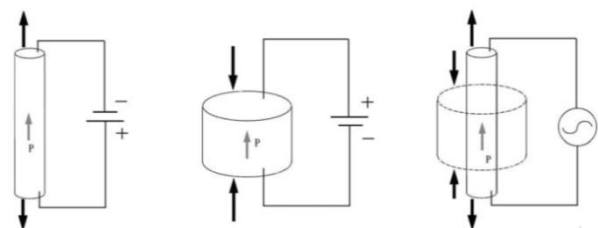


圖 4 逆壓電效應

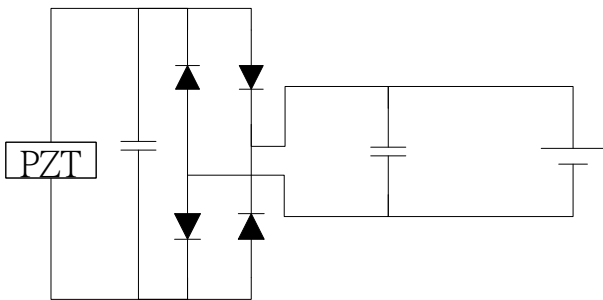


圖 5 基本橋式整流電路

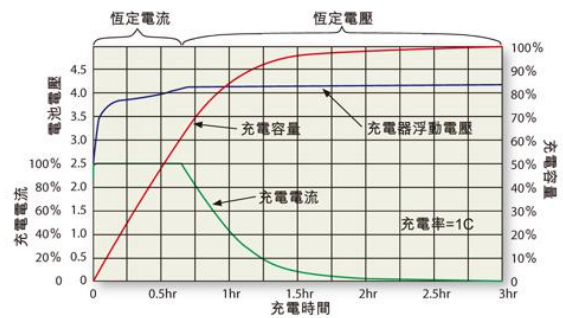


圖10 電池充電曲線



圖 6 EH301A 電源管理模組

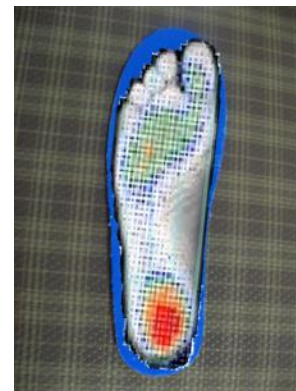


圖11 足部應力分佈

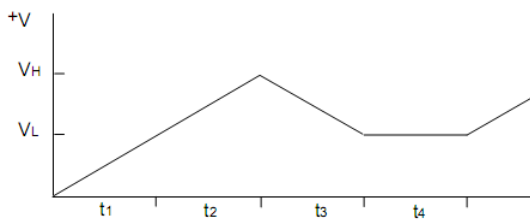


圖7 EH301電容電壓

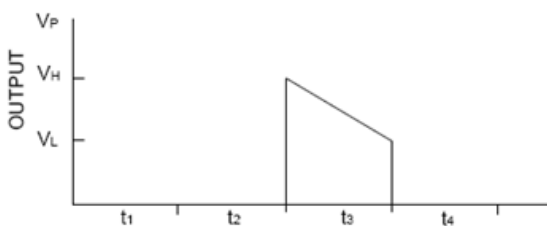


圖8 EH301輸出端電壓

表 1. 壓電陶瓷片規格

	A	B
長 (mm)	40	60
寬 (mm)	20	20
厚度 (mm)	0.8	0.8
自由擺盪長度 (mm)	33	53
撓度 (mm)	1.1	2.6

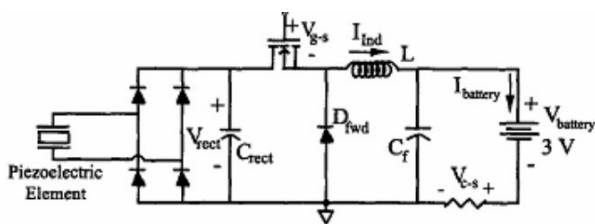


圖9 降壓式電路

表2 基本充電電路充電記錄

	初始電壓	20分鐘 行走距離 0.98km	20分鐘 1.01km	20分鐘 1.03km
電池電壓	3.8042V	3.8184V	3.8347V	3.8505V
上升量		0.0142V	0.0163V	0.0158V

表 3 EH301 充電紀錄

	初始電壓	20分鐘 行走距離 1.00km	20分鐘 1.02km	20分鐘 0.98km
電池電壓	3.7608V	3.7735V	3.7866V	3.8002V
上升量		0.0127V	0.0131V	0.0136V

## A Study of A Piezoelectric Generating Charger

Shan-Guo Yang<sup>1</sup>, Bo-Yang Shih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering,  
National Chin-Yi University of Technology,  
Taichung

### Abstract

As the continuous research and development of electronic technology, electronic products have played an integral role in daily life. Almost all electronic devices need to use a battery, and a battery capacity is limited, so that the battery needs to be changed frequently. If the battery has run down outdoors, we just now rely on mobile charging system. In the daily life, solar energy, thermal energy and vibration energy can be recycled, nevertheless, solar energy and thermal energy have disadvantages that the power is instable and the device volume is too large. In this study, we retrieve the vibration energy to be converted to the electrical energy that is saved in the battery by using piezoelectric materials and the vibration-based piezoelectric energy harvesting system.

**Keywords:** mobile charging system, piezoelectric materials, Vibration-based piezoelectric energy harvesting system