



# 半导体温差发电装置的性能研究\*

胡 状 李仲仪 刘炳键 刘 丹 董 臣 陈东生

(上海电力学院数理学院 上海 200090)

(收稿日期:2016-06-17)

**摘 要:**温差发电是一种绿色环保的发电技术,它可以直接将热能转化为电能.该技术具有体积小、重量轻、移动方便和可靠性高等特点,它可以利用太阳能、地热能、海洋温差、余热和废热等热能进行能量的转换,作为一种替代选择,温差发电技术具有巨大的潜力和良好的发展前景.

**关键词:**温差发电技术 赛贝克效应 热力学第一定律 转换效率

## 1 引言

21 世纪的世界正在以前所未有的速度发展着,然而这背后却潜藏着巨大的危机——能源危机.经济飞速发展的同时意味着人类对能源需求的剧增,然而据《BP 世界能源统计 2007》估计,按照目前的使用状况,全球石油还可开采 42 年,天然气还可开采 63 年,煤炭还可开采 295 年.因此本世纪的人类正面临着一次势在必行的能源革命<sup>[1]</sup>.

随着世界人口能源危机、环境污染的日益加剧,人类对能源的需求日益增加,迫切需要一种新型能源来替代传统能源.随着科技的进步,太阳能、风能、温差能等能源受到越来越多的重视和利用发展<sup>[2]</sup>.

温差发电技术是一种绿色环保的发电方式,主要是利用塞贝尔效应,将热能直接转换为电能<sup>[3]</sup>.温差发电具有结构简单、坚固耐用、无运动部件、无噪音的特点.作为一种绿色环保的发电方式,近年来温差发电的应用发展迅速,尽管目前温差发电的效率普遍较低,但随着新型高性能热电材料以及性能可靠的温差发电器的研究与开发,温差发电技术将会

更大地发挥其在低品位能源利用发面的优势<sup>[4]</sup>.

## 2 实验原理和内容

温度传感器测量温差发电片的吸热面  $T_{\text{hot}}$  和散热面  $T_{\text{cold}}$  两端的温度,通过数据采集器将数据传输到 PASCO Capstone 软件,电压电流传感器测量负载电阻两端的电压  $U$  和通过负载电阻的电流  $I$ .吸热面和散热面两端温度差 ( $\Delta T$ ) 和直流电源和温差发电片的输出功率 ( $P$ ),可以由下面的公式求得

$$\Delta T = T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}} \quad (1)$$

$$P = UI \quad (2)$$

在热力学中,系统发生变化时,设与环境之间交换的热为  $Q$  (吸热为正,放热为负),与环境交换的功为  $W$  (对外做功为负,外界对物体做功为正),可得热力学能 (亦称内能) 的变化为

$$E = Q + W \quad (3)$$

$$Q = cm \Delta T \quad (4)$$

上式中  $Q$  为系统能量的变化,  $m$  为系统的质量 (本实验中温差发电片采用铝片为基本材料),  $c$  为材料的比热容 [铝的比热容约为  $0.90 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ ],

\* 上海市大学生科研创新、国家大学生科研创新基金资助.

作者简介:胡状(1991-),男,在读本科生.

指导教师:陈东生(1978-),男,博士,副教授.研究方向:新能源发电技术,综合性、设计性实验的开发与研究等.

$\Delta T$  为温差发电装置两端的温度差 ( $\Delta T = T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}$ ).

在热泵模式时, 温差发电装置能量变化如图 1 所示.

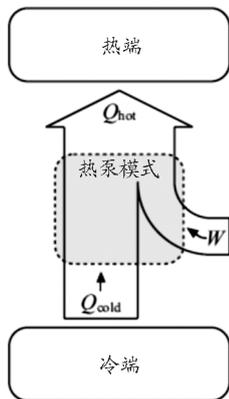


图 1 热泵模式时能量传递

温差发电装置储存能量, 由热力学第一定律可得

$$Q_{\text{hot}} = Q_{\text{cold}} + W \quad (5)$$

式中,  $W$  为装置做的功(等于功率时间曲线中功率曲线与时间轴形成的面积);  $Q_{\text{hot}}$  为高温端温度变化;  $Q_{\text{cold}}$  为低温端温度变化.

在热机模式(温差发电模式)中, 由热力学第一定律可得

$$Q_{\text{cold}} - Q_{\text{hot}} = W \quad (6)$$

式中,  $W$  为装置做的功(等于功率时间曲线中功率曲线与时间轴形成的面积);  $Q_{\text{hot}}$  为高温端温度变化;  $Q_{\text{cold}}$  为低温端温度变化.

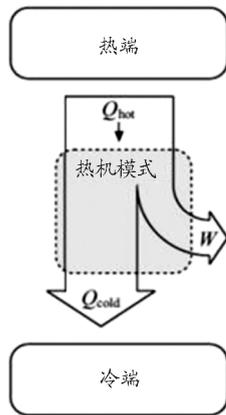


图 2 热机模式能量传递

装置的能量转换效率

$$\eta = \frac{W_{\text{observed}}}{Q_{\text{hot}} - Q_{\text{cold}}} \times 100\% \quad (7)$$

公式  $W$  中为功率时间曲线中曲线与时间轴所包围面积.

温差发电装置的能量利用率

$$\eta' = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (8)$$

式中,  $W_1$  表示在热泵模式中电路对温差发电装置所做的功(在热泵模式段功率时间曲线中曲线与时间轴所包围面积);  $W_2$  表示温差发电模式的电路输出功率(热机模式段功率时间曲线中曲线与时间轴所包围面积).

### 3 实验数据的测量及分析

#### 3.1 实数数据

通过电压表和电流表, 测试温差装置两端温度差为  $3^\circ\text{C}$  和  $12^\circ\text{C}$  时的实验数据如表 1 和表 2 所示.

表 1 温差装置两端温度差为  $3^\circ\text{C}$  时的实验数据

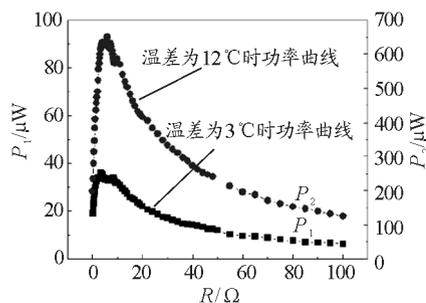
$R/\Omega$	$U/\text{mV}$	$I/\text{mA}$	$P/\mu\text{W}$	$R/\Omega$	$U/\text{mV}$	$I/\text{mA}$	$P/\mu\text{W}$
0.0	4.2	4.50	18.900	7.0	16.4	2.04	33.456
0.2	4.8	4.33	20.784	7.4	16.8	2.01	33.768
0.4	5.5	4.21	23.155	7.8	17.1	1.94	33.174
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5.8	15.0	2.20	33.000	90	25.2	0.27	6.804
6.2	15.4	2.14	32.956	100	25.8	0.24	6.192
6.6	15.8	2.08	32.864	$\infty$	27.8	0.00	0.000

表2 温差装置两端温度差为12℃时的实验数据

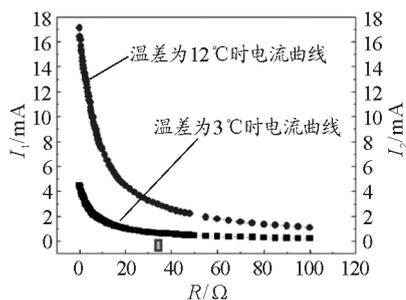
$R/\Omega$	$U/\text{mV}$	$I/\text{mA}$	$P/\mu\text{W}$	$R/\Omega$	$U/\text{mV}$	$I/\text{mA}$	$P/\mu\text{W}$
0.0	11.6	17.12	198.592	7.0	69.9	9.04	631.896
0.2	14.3	16.42	234.806	7.4	71.2	8.74	622.288
0.4	17.3	16.15	279.395	7.8	72.2	8.45	610.090
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5.8	64.1	9.840	630.744	90	113.0	1.23	138.990
6.2	66.1	9.510	628.611	100	113.2	1.10	124.520
6.6	67.7	9.240	625.548	$\infty$	119.8	0.00	0.000

### 3.2 实验数据的分析

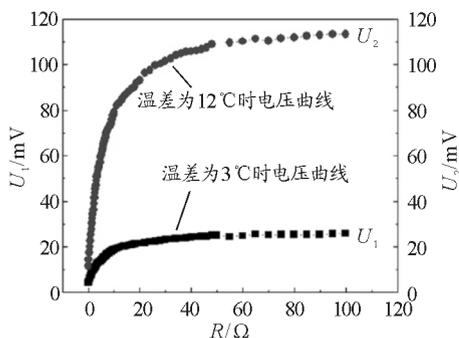
根据实验数据绘制电压、电流、功率随电阻变化的曲线,如图3所示.



(a) 输出功率随电阻变化曲线



(b) 电流随电阻变化曲线



(c) 电压随电阻变化曲线

图3 输出功率、电流及电压随电阻变化曲线

经过实验测试,在一定温差定范围内温差发电组件的输出电压随温差的不断增大而相应增加,随负载的逐渐增大而相应增加;在相同的温差条件下,

温差发电组件的输出电流跟随负载的增加而逐渐下降.

### 4 实验结论

在对温差发电装置的特性探究中,通过对相同输出负载不同温差、相同温差同输出负载的对比分析,和温差发电装置特性探究中,可以得到如下结论:

(1) 在给装置一个相同初始温差,在对不同的输出负载分析中,对数据的分析比较可以得到,在实验误差允许的情况下,利用温差发电装置,在热泵模式和热机模式时均可验证热力学第一定律.

(2) 在相同输出负载和不同温差特性探究中,通过对3组数据的计算分析可以得出,温差发电装置的整个能量转换效率比较低、且能源利用效率更加的偏低.

(3) 在一定范围内温差发电组件的输出电压随温差的不断增大而相应增加,随负载的逐渐增大而相应增加.在相同的温差条件下,温差发电组件的输出电流跟随负载的增加而逐渐下降.在相同的温差条件下,温差发电组件的输出功率近似于一条抛物线.

### 参考文献

- 1 方祖捷,陈高庭,叶青,等.太阳能发电技术的研究进展.中国激光,2009,36(1):5~14
- 2 曹怀术,廖华,魏一鸣.2010年中国能源流分析.中国能源,2012,34(4):29~31
- 3 周宏春.对低碳背景下中国能源战略的若干思考.中国能源,2012,34(5):5~11
- 4 夏凯.汽车发动机废气余热热电转换装置结构优化设计:[硕士学位论文].武汉:武汉理工大学,2011