

利用压电装置实现压力传感器与 压力报警装置的尝试与分析

中国科学技术大学
少年班学院少年班（两人合作）
指导老师：秦敢
作者：
齐妙 PB18000026
吴语嫣 PB18000034

Contents

1

装置说明

2

实验尝试 1：压电压力传感器
对难以找到峰值的解决措施及其可行性分析(软件)

3

实验尝试 2：报警装置设计

4

结论与讨论



若从晶体上沿 y 方向切下一块如图 (a) 所示的晶片，当沿电轴 x 方向施加应力 σ_x 在晶体线性弹性范围内，极化强度 P_{11} 与应力 σ_x 成正比。即

$$P_{11} = D_{11}\sigma_x = d_{11} \frac{F_x}{bc}$$

d_{11} ——压电系数

而 P_{11} 在数值上等于晶面上的电荷密度

$$P_{11} = \frac{q_x}{bc}$$

联立，得 $q_x = d_{11}F_x$

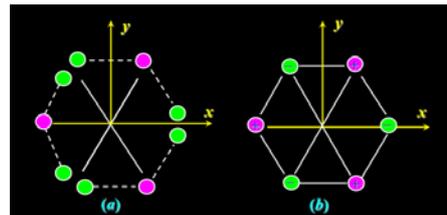
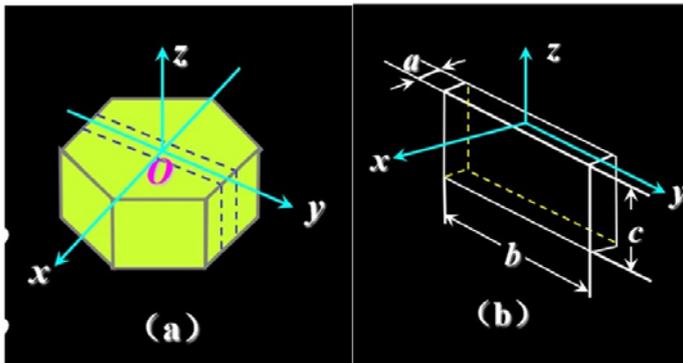


图5-4 硅氧离子的排列示意图



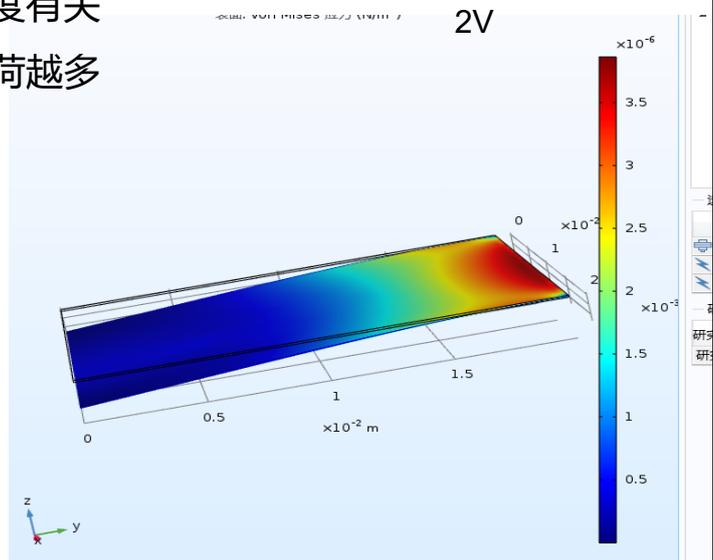
石英晶体的硅离子和氧离子，在垂直于 z 轴的 xy 平面上的投影，等效为一个正六边形排列。

图中“+”代表硅离子 Si^{4+} ，“-”代表氧离子 O^{2-} 。

PVDF

所产生的电荷量与其折弯程度有关
折弯程度越大，两端产生电荷越多

(声明:难以定义折弯程度, 使用的是
逆压电效应进行模拟)

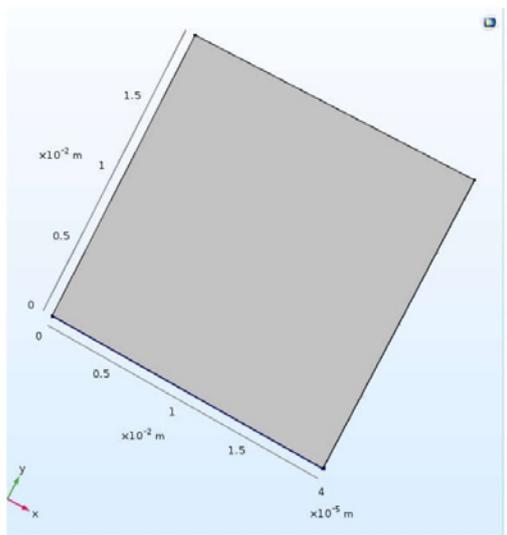


计算出其 z 轴方向的形变量与其长度的比值(即形变量/2cm)为

w/2[cm] (1)

-1.2799E-13

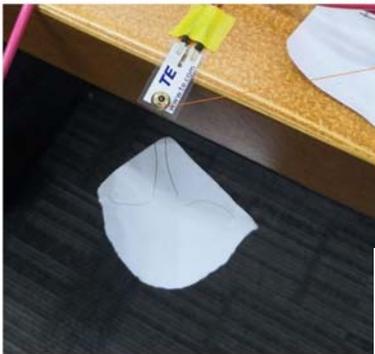
(图中设定尺寸: 长宽均为 2cm, 厚度 0.1mm)



实验中
薄膜的形变量非常大.

不是一整块压电材料,
只有中间一小块是





在下面依次悬挂一些同样规格的小螺母 (三个三个一放)

压电片

用万用表测量电压的最大值
得到一些数据 (平均值)

3(个螺母)	0.35V
6	0.77V
9	1.17V
12	1.34V
15	1.69V

01

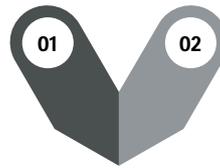
02

解决1：
示波器的触发功能

示波器每隔1s读一次数值

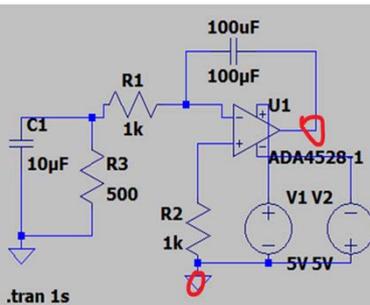
解决2：积分电路

没有合适的运放，所以
用软件模拟



对电压不断衰减难以找到峰值的解决方法

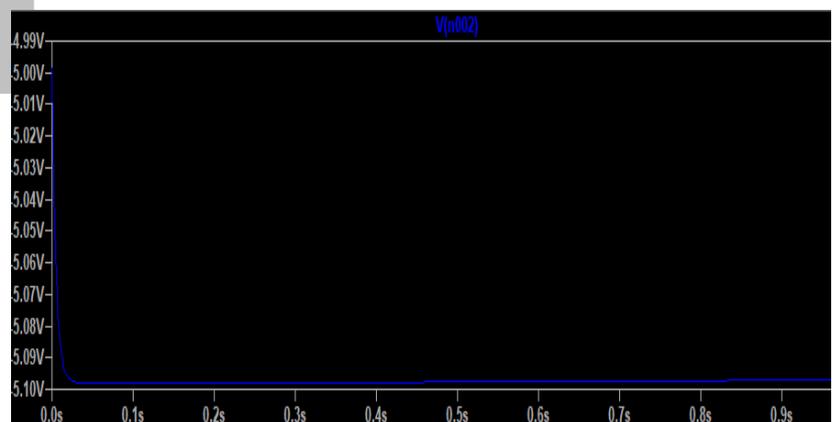
模拟界面：



•以带一定电量的电容模拟压电片，得到的图像如图（测量电压的两端点已标出）

•设置的电容器初始电压为0.1V

后来的电压趋于一个定值，便于测量，所以这种方法确实具有可行性。



测量精度分析:

改变 C1 的初始电压值, 观察输出的 $u_0 - u_0(t_1)$ 的值的差异, 根据软件模拟给出一组数据

初始电压值	u_0	$u_0(t_0)$	$u_0 - u_0(t_1)$
0.1V	-5.0971	-4.9998	-0.0973
0.2V	-5.1961	-4.9996	-0.1965
0.3V	-5.2953	-4.9947	-0.3006
0.5V	-5.4804	-4.9893	-0.4911
0.7V	-5.5849	-4.9990	-0.5859
0.11V	-5.1081	-4.9995	-0.1086
0.12V	-5.1180	-4.9996	-0.1184

可以看出电荷量 $Q=CU$ 与 $u_0 - u_0(t_1)$ 大致成正比关系, 吻合较好, 同时可以看到, 其对 0.1V 的电压的分辨率较好, 当测量电压的仪器具有 0.01V 的分辨率时, 精度可以达到 0.01V, 这样读数稳定, 可以用于稳定的测量, 其精度取决于测量电压所需要的仪器。

03

实验尝试 2: 报警装置设计与 arduino 编程

用arduino设备进行编程 达到电压超过一定值时自动报警的装置

```

int alarm=LOW;
void setup() {
  //start serial connection
  Serial.begin(9600);
  //configure pin 2 as an input and enable the internal pull-up resistor
  pinMode(2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(11, INPUT_PULLUP);
}
void loop() {
  //read the pushbutton value into a variable
  int sensorVal = digitalRead(2);
  //print out the value of the pushbutton
  Serial.println(sensorVal);
  if (digitalRead(11)==HIGH)
  {alarm=HIGH;}
  // Keep in mind the pull-up means the pushbutton's logic is inverted. It goes
  // HIGH when it's open, and LOW when it's pressed. Turn on pin 13 when the
  // button's pressed, and off when it's not:
  if (sensorVal == HIGH&&alarm==HIGH) {
    digitalWrite(13, LOW);
  } else {
    digitalWrite(13, HIGH);
  }
}

```

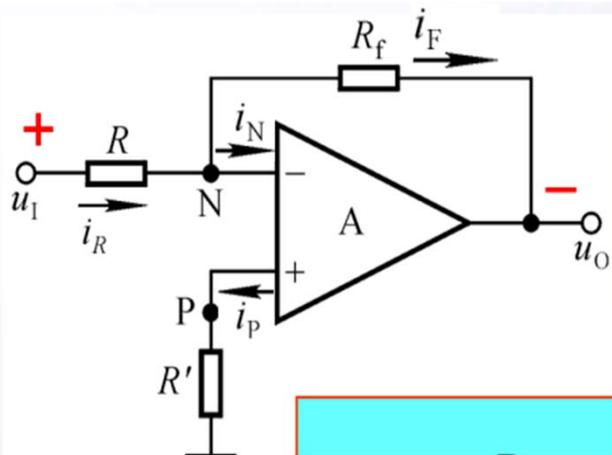
一旦设备检测到电压到达了5V左右，alarm变量就会被设定为HIGH，并闪烁一段时间，直到开关被合上（两根导线被接上）从而达到报警的效果。

一般情况下，压电体产生的电压不可能达到这样大的一个值
 用一个可调节放大倍数的放大电路来解决

实验尝试2



实验尝试2

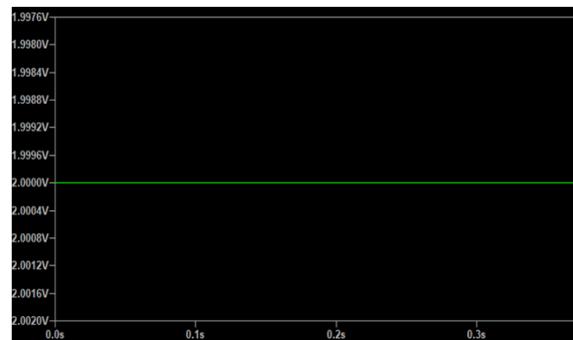
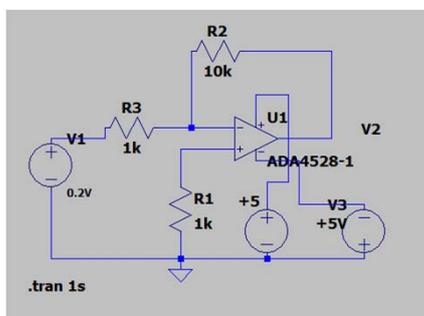


1. 虚断—— $i_N = i_p = 0$
2. 虚短, 虚地—— $u_N = u_p = 0$

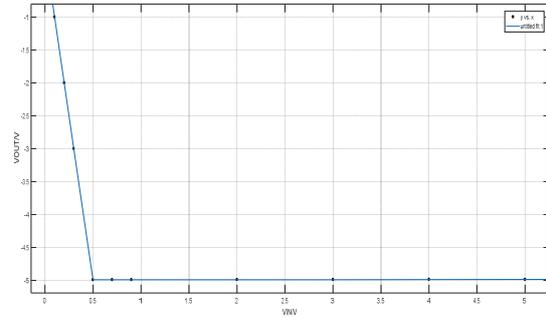
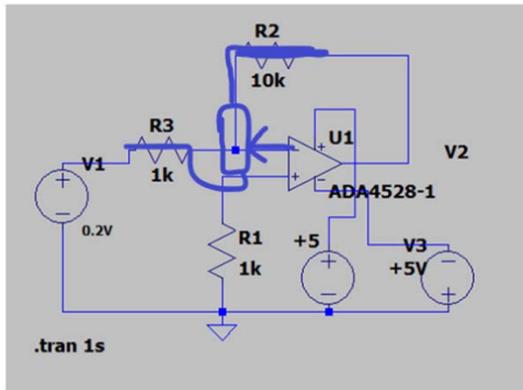
在节点N处: $i_F = i_R = \frac{u_1}{R}$
 $u_O = -i_F R_f = -\frac{R_f}{R} * u_1$

实验尝试2

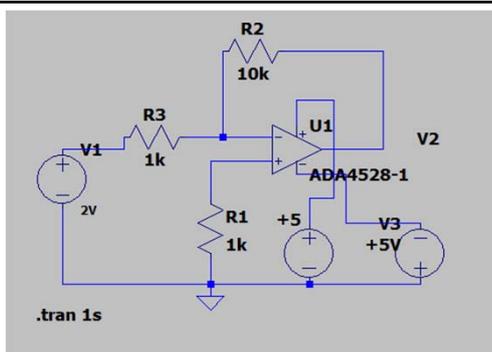
于是, 我们考虑自己焊一个运放, 设计放大电路



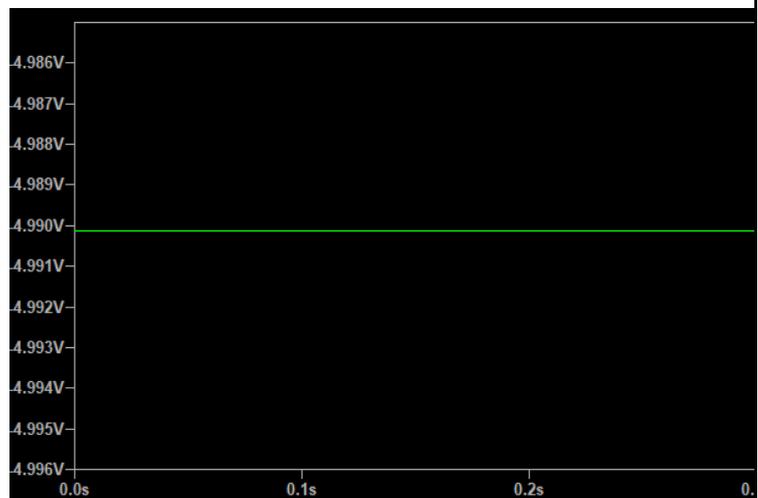
实验尝试2



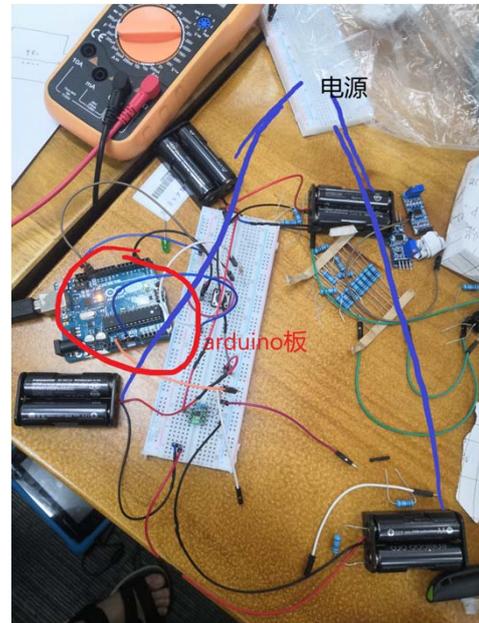
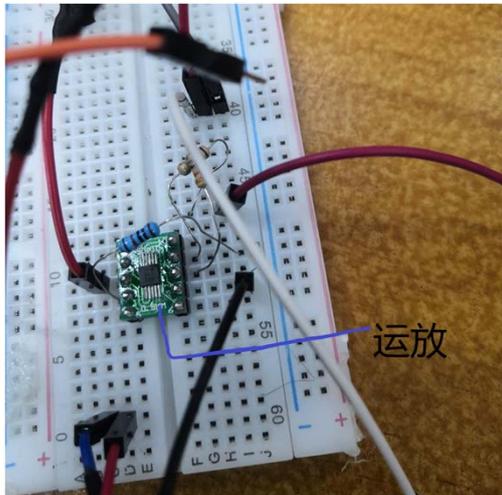
从软件模拟分析可以看出，这样的装置理论上可行。



按之前的分析，应该是10倍，但这里只有4.990V

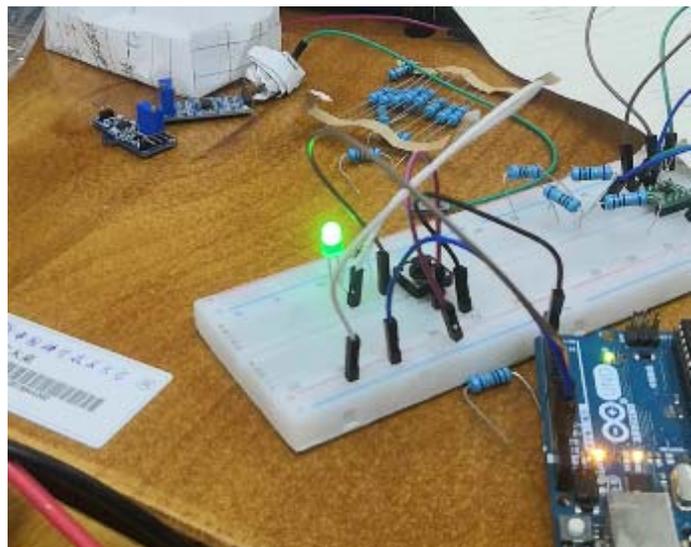


实际接线



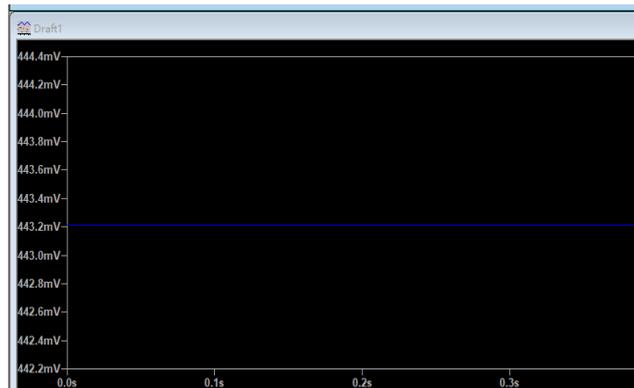
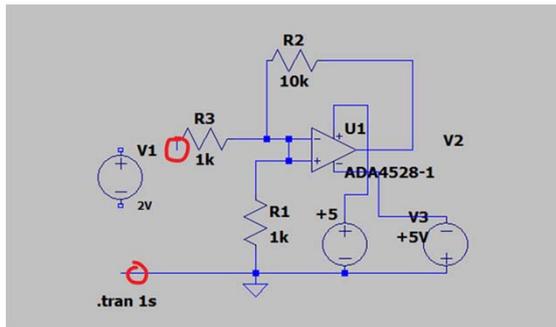
实验尝试2

不出意外的话，灯应该这样（直接编程把灯两端的电压加到5V），但是，它并没有。



实验尝试2

在压电片两端已经有0.2到0.5V左右的电压
用万用表一根线一根线的查错，得出了各个点之间的电压值，
经过多次模拟尝试，发现以下情况最符合实际情况



实验尝试2

最后很遗憾，因为运放焊的时候短路了，导致最后没有把整个装置的实物做出来。

但是通过上面的一系列软件模拟分析，我们可以看到，这样的想法与改造设计确实可行。



结论与讨论

优劣势讨论

优点：小，薄，软，实时监测

劣势：电压衰减，在测很小的压力时，电压容易被噪声干扰，此时可以考虑加上低通滤波器。

虽然实验中我们因为种种原因，未能把实物完美的做出，但是通过软件模拟不难看出，我们的构想是可行的；

即通过积分电路得到力的大小，以及通过放大电路及编程实现压力报警。



参考文献

https://www.google.com.hk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=2ahUKEwi3oM-dldviAhVQ_GEKHbPAAaMQFjAHegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fweb.sensor-ic.com%3A8000%2Fcgqflz%2FF45%2F5-1.ppt&usq=AOvVaw3mWofuAPJ_7mUP0v8cgT-

<https://diygeeks.org/tutorials/arduino/push-button-and-led-with-arduino-digital-input-output/>

基于 PVDF 压电材料的压力传感器设计, 韩冰, 王越, 孟繁浩, 张涛



谢谢观看