

压电陶瓷材料和压电晶体声表面波性能测试方法

GB 11312-89

Test methods for SAW properties of piezoelectric ceramics and crystals

本标准规定了压电陶瓷材料和压电晶体声表面波速度、声表面波机电耦合系数、声表面波速度温度系数和延迟时间的温度系数的测试方法,适用于压电陶瓷材料和压电晶体。

1 名词术语

本标准所采用的名词术语及符号定义见 GB 3389.1《压电陶瓷材料性能测试方法常用名词术语》和 GB/T 12633《压电晶体性能测试术语》。

2 原理

本标准采用脉冲重叠法先测出试样的延迟时间,再计算出压电陶瓷材料或压电晶体的声表面波速度和其他参数。

声表面波速度和延迟时间有如下关系:

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(1)$$

式中:  $v$  —— 声表面波速度, m/s;  
 $s$  —— 声表面波传播的距离, m;  
 $t$  —— 延迟时间, s。

声表面波机电耦合系数由下式决定:

$$k_s^2 = 2(1 + \frac{\epsilon_0}{\epsilon_p^T}) \frac{v_s - v_0}{v_s} (1 - \frac{v_s - v_0}{v_s})^{-1} \dots\dots\dots(2)$$

式中:  $k_s$  —— 声表面波机电耦合系数;  
 $\epsilon_0$  —— 真空介电常数, F/m;  
 $\epsilon_p^T$  —— 有效自由介电常数, F/m;  
 $v_s$  —— 自由表面的声表面波速度, m/s;  
 $v_0$  —— 金属化表面的声表面波速度, m/s。

延迟时间温度系数定义为:

$$TKt = \frac{1}{t} \frac{\partial t}{\partial T} \dots\dots\dots(3)$$

式中:  $TKt$  —— 延迟时间温度系数,  $K^{-1}$ ;  
 $t$  —— 延迟时间, s;  
 $T$  —— 温度, K。

结合陶瓷材料和晶体的线膨胀系数可得到声表面波速度的温度系数:

$$TKv = a - TKt \dots\dots\dots(4)$$

式中:  $TKv$  —— 声表面波速度温度系数,  $K^{-1}$ ;

$a$  —— 陶瓷材料和晶体在声表面波传播方向上的线膨胀系数,  $K^{-1}$ ;

$TKt$  —— 延迟时间温度系数,  $K^{-1}$ 。

脉冲重叠法测试延迟时间的原理如下:

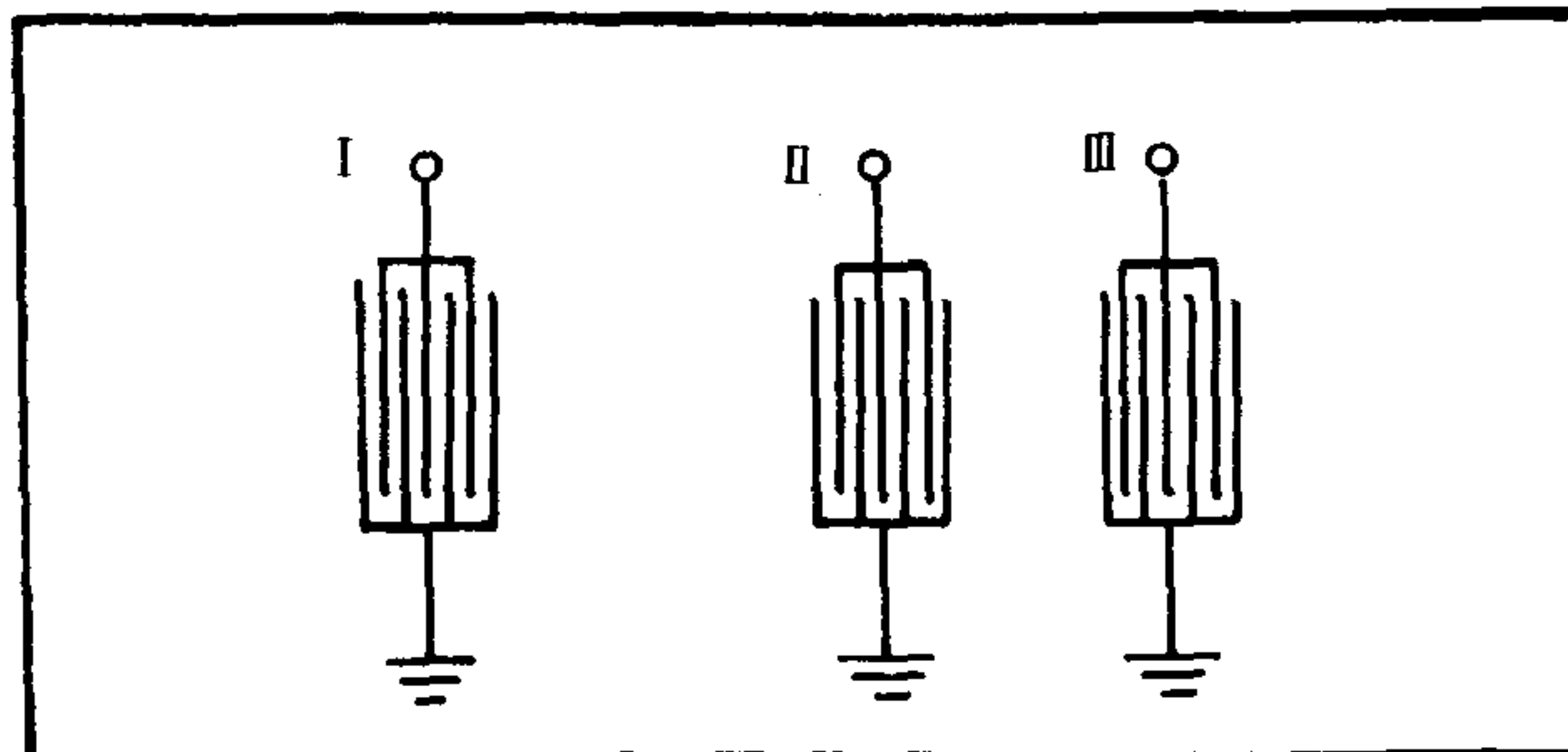


图 1 叉指换能器示意图

设在试样表面有图 1 所示三个相同的声表面波叉指换能器。如在换能器 I 和 II 上同时输入一个射频脉冲信号,该信号的载波频率等于试样的中心频率,而脉冲重复频率与主控信号源的输出信号同步。在换能器 III 上可输出具有一定时间差的两个主延时信号,将其输入示波器的 Y 轴。当与示波器 X 轴同步的主控信号源输出信号的周期刚好等于换能器 I 和 II 之间的延迟时间时,两个输出信号的波形正确重叠,即它们的载波自最初的第一个振荡开始,直到最后一个振荡为止,一一对应重叠起来,如图 2 所示。若主控信号的周期减小到  $1/m$ , 同样能实现正确重叠。

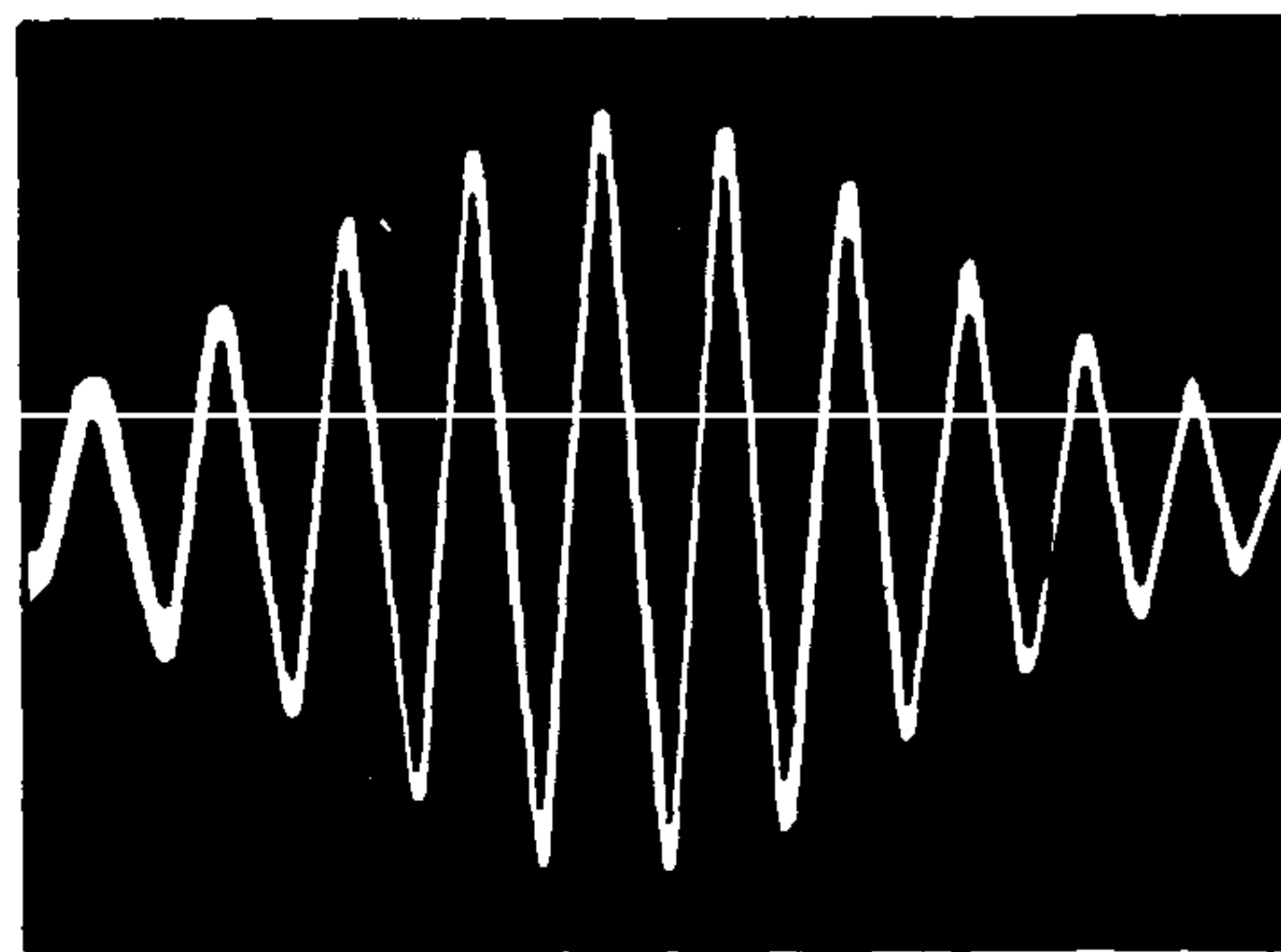


图 2 载波正确重叠波形

延迟时间从正确重叠时的频率中求得:

$$t = \frac{m}{f_m} \dots\dots\dots(5)$$

式中:  $t$  —— 延迟时间,  $s$ ;

$f_m$  —— 正确重叠时主控信号源的频率,  $Hz$ ;

$m$  —— 1、2、3……一系列正整数。

### 3 测试条件

#### 3.1 环境条件

温度:  $20 \sim 30^\circ C$

相对湿度:  $45\% \sim 75\%$

气压:  $86 \sim 106 \text{ kPa}$

## 3.2 试样要求

### 3.2.1 基片的尺寸

试样的基片为薄长条片。长度方向为声表面波传播方向,取能产生大于  $10\ \mu\text{s}$  总延迟的长度;宽度取叉指换能器声孔径 2.5~3 倍;厚度为 0.8~2 mm。

基片的推荐尺寸见下表(长度和宽度尺寸中,小尺寸适用于压电陶瓷材料,大尺寸适用于压电晶体)。

名称	尺寸	材料速度	
		$v_s \geq 3\ 000\ \text{m/s}$	$v_s < 3\ 000\ \text{m/s}$
长度		40/45	30
宽度		15/20	15/20
厚度		1	1

### 3.2.2 基片的取向

a. 对于晶体,根据要求选择基片的切割方向和声表面波传播方向,通常选择晶体的纯模式方向进行测试。

切割方向和波的传播方向的定向精度均应在  $5'$  以内。

b. 对于陶瓷,基片的厚度方向应与极化方向平行或垂直。

### 3.2.3 基片的加工

将基片的一个主平面抛光,粗糙度  $R_a$  不大于  $0.025\ \mu\text{m}$ 。背面打毛,粗糙度  $R_a$  为  $12.5\ \mu\text{m}$ 。

### 3.2.4 试样的制备

用光刻工艺在基片的抛光面上制备声表面波非色散延迟线,换能器示意图如图 3 所示。

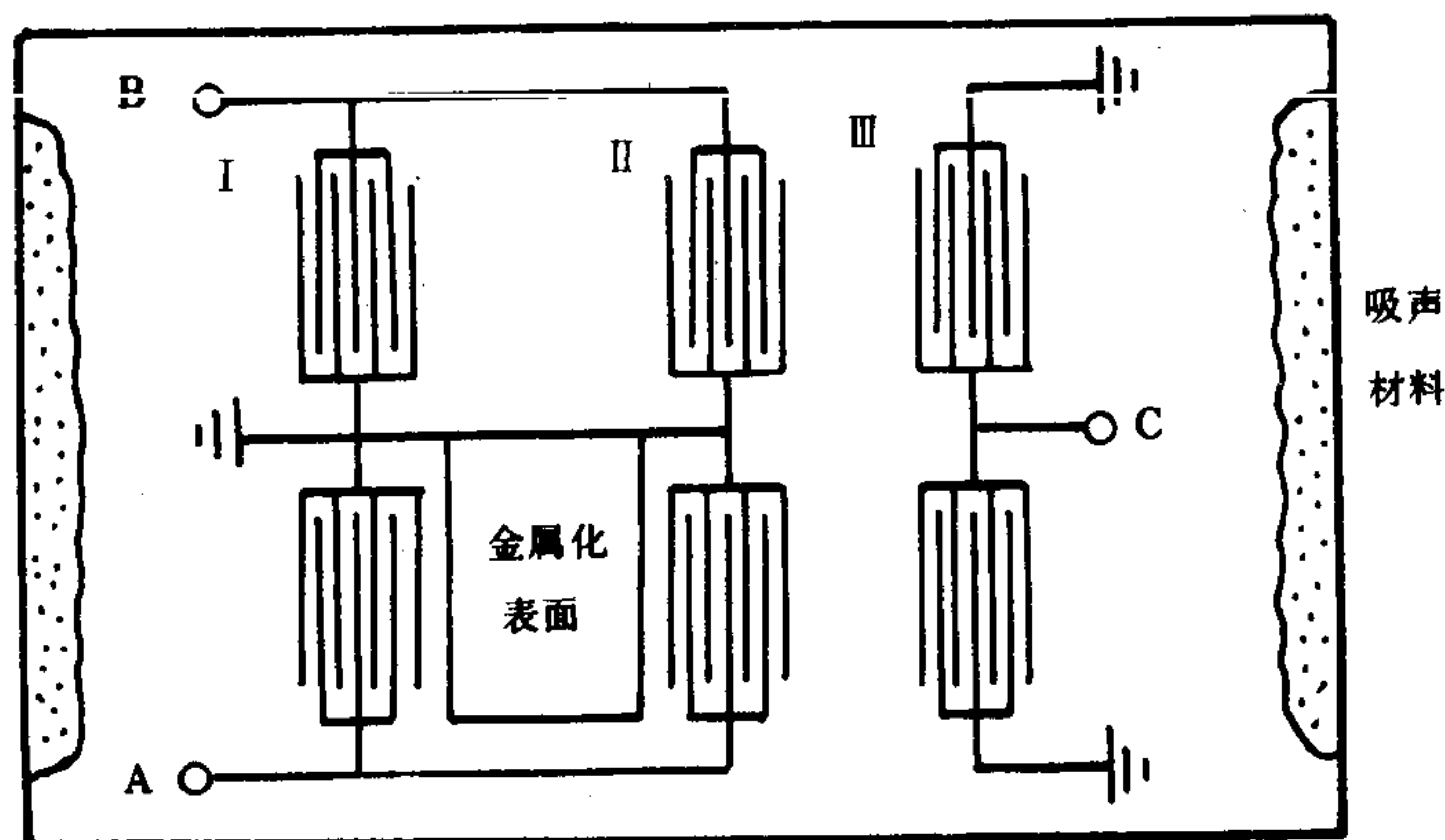


图 3 测试用换能器示意图

图 3 中所有换能器的结构完全相同,中心频率根据材料和试样厚度而定,3 dB 带宽大于 25%;换能器的声孔径与波长之比应大于 20;换能器 I 和 II 之间的延迟时间大于  $4\ \mu\text{s}$ (陶瓷)或  $6\ \mu\text{s}$ (晶体),II 和 III 之间大于  $3\ \mu\text{s}$ (陶瓷)或  $2\ \mu\text{s}$ (晶体),且 A 和 B 两路相应换能器之间的距离应相等;金属化表面的长度应大于换能器 I 和 II 之间距离的三分之二;电极材料根据陶瓷材料和晶体而定,厚度为 200~300 nm。

## 4 测试方法

### 4.1 测试仪器连接示意图

测试仪器连接示意图,如图 4 所示。