声学测微计及其在薄层测厚中的应用

文章描述的声学测微计是以监测伪 Sezawa 波为基础的．假定在半无限大介质的上表面有一薄的复盖层，当层介质中的横波声速较底下介质的横波声速小时，可有许多表面波模式沿层状介质的表面传播，其中基模为瑞利波，第二个模为 Sezawa 波．实验所用样品中，基片材料为 42-合金，上面薄层材料是金．当一平面超声波通过水耦合斜入射到样品上时，在样品表面层激发的前两个模的相速度色散曲线如图 1 所示，图中 k 为波数，d 为薄层厚度．Sezawa 波有一个截止波数，在这个波数，Sezawa 波的相速度等于基片中的横波速度；波数大于截止波数的定义为 Sezawa 波，而波数小于截止波数的称为伪 Sezawa 波．伪 Sezawa 波是漏表面波的一种，当它沿表面传播时，便将其一部分能量辐射到基片中去，并随传播距离呈指数衰减．

如果入射波的频率和角度满足激发伪 Sezawa 波的条件，则入射波能量的一部分将传输到基片中去，与 Sezawa 波比较，其反射波的能量将减小．在反射波的功率谱中，在这一截止频率将产生明显的陷落．固定入射波的角度，改变发射波频率，监测反射波功率谱中功率下降所对应的频率 f，便可由 $d=(fd)/f$ 求出薄层厚度 d．这便是本文声学测微计的测厚原理．

仪器及测试装置如图 2 所示．超声传感器是将 ZnO 压电材料溅射到直径为 8mm 长为 10mm 的石英棒上，它的有效带宽为 30—150MHz．电脉冲发生器激励发射换能器，从样品表面反射回的声脉冲由接收换能器接收，接收器输出的电信号馈给放大器．反射波的第一个脉冲由门电路提取，这个脉冲的功率谱由频谱仪显示，控制器检出功率谱中功率下陷对应的频率 f，并将其转换成相应的薄层厚度 d．

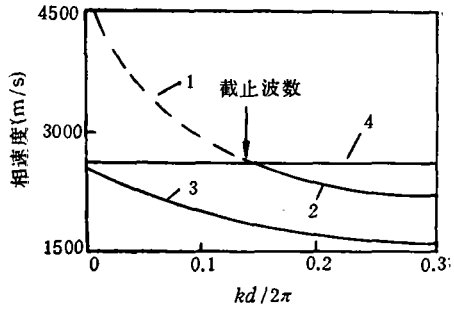

图 1 在薄层为金、基片为 42-合金的样品中激励的表面波色散曲线

1——伪 Sezawa 波；2——Sezawa 波；3——瑞利波；4——基片中的横波．

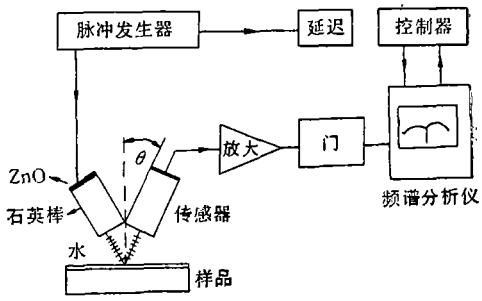

图 2 声学测微计功能框图

仪器测厚范围 1—20 μm，稳定度 0.2%，精度±1%，最小空间分辨率 0.5mm，测量时间 1s．

（刘献铎 摘译自 *IEEE Trans. UFFC* **36**-3 (1989)，326—331．）

（上接第43页）

（2）颤音与音高的单一性：一般地，基频决定音高，但发带颤音的声时基频在变，只要颤速及颤度保持在一定限度内，我们仍感知音高是一常数．

Ramsdell，Gibin (1972) 先后曾用合成做感知判断实验，研究了颤速和颤度在能保持单一音高时的限值的问题．他的结果表明，如果每秒约颤 7 次，颤度并不需限得很严，就可保持音高的单一性．

（3）带颤音的音的音高：耳朵似乎能计算波动频率的平均值．

颤音感知音高相对不颤音的音高精确度较低（特别在低音），或者说，颤音可遮掩声带基频调节中的小误差．这样，颤音不仅是音乐感情表现的需要，也便于在演唱中保持音高．

此外，在声乐声感知的研究中还有对音高的精确性、乐句与感情等方面的研究，在此就不一一介绍了．

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net