

# 扫描电声显微镜中干扰信号及假信号的预防\*

张冰阳 江福明 杨 阳

惠森兴 姚 烈 殷庆瑞

(中国科学院上海硅酸盐研究所无机功能材料开放实验室 上海 200050)

## 摘 要

本文对扫描电声显微镜电声成像中出现的干扰信号以及假信号的产生进行了讨论. 指出扫描电声显微镜设备周围存在的高强度电场、磁场、高频设备和仪器本身的接地是造成干扰信号出现的主要原因, 同时给出了一种能有效防止以上干扰的样品—探测器组件结构. 而在电声像中假信号产生的原因则主要是由于样品和探测器接地不当所引起. 在进行电声成像观察和记录时最好关掉电镜的对比度旋钮.

**关 键 词** 干扰信号, 假信号, 扫描电声显微镜

## 1 引言

扫描电声显微镜自从问世以来<sup>[1,2]</sup>, 其成像实验技术得到了长足的发展. 在众多材料, 如金属、半导体、功能材料以及陶瓷材料等中得到了广泛的应用. 并且日益显示出其独特的成像本领. 如对样品的亚表面缺陷研究<sup>[3,4]</sup>、金属和陶瓷材料由压痕引起的残余应力场分布的研究<sup>[5,6]</sup>、铁电陶瓷和单晶材料中电畴结构的直接观察和显示<sup>[7,8]</sup>.

我们在中国科学院科学仪器厂生产的 KYKY 1000-B 型扫描电镜上研制改装成了扫描电声显微镜设备<sup>[9]</sup>, 经过近几年的逐步完善与发展, 已成功地对多种材料(如金属、结构陶瓷、功能材料和半导体材料等)进行了扫描电声成像实验. 并且获得了很好的实验结果<sup>[7,8]</sup>. 由于扫描电声显微镜是集电子光学技术、弱信号检测技术以及高灵敏度的压电传感技术于一体的弱信号检测与成像设备, 因此它要求设备要有很高的信噪比. 否则, 杂散信号的干扰、假信号的引入将会造成信噪比降低, 所成电声像模糊, 或者在电声像中掺进很大的假信号. 因此, 如何有效地降低杂散信号的干扰, 防止假信号的引入是获得高质量电声像的一个必要条件. 根据我们近几年在电声成像方面所获得的经验, 对这些问题予以讨论.

## 2 干扰信号的降低

在扫描电声显微镜电声成像中, 样品被检测的一面受到调制电子束的照射, 电声信号的采集是利用一压电传感器(PZT)与样品的背面进行有效的声耦合来完成的, 接收的是传感器上的电压信号. 当一束入射电子照射到样品表面上时, 入射电子便会与样品发生相互作用, 入射电子在样品内经过多次弹性和非弹性散射后, 会造成一些电子从样品表面的逸出, 如二次电子、背散射电子和俄歇电子等. 由于探测器是由压电材料所制成, 因此它除了接收从样品背面出来的电声信号外, 对于它周围出现的杂散电子也将是敏感的. 虽然只有少量的电子能到达探测器的表面, 但这些电子也会对探测器有所影响, 附加在真实的电声

\* 1996年4月3日收到初稿, 4月22日收到修改稿

“63”高技术(715-10-02-03)和国家自然科学基金(59372115)资助课题

信号上,使信噪比降低,造成电声像模糊不清.针对这种情况,我们将样品与探测器组合在一起,设计了一种供电声信号采集用的探测器组件,如图1所示.

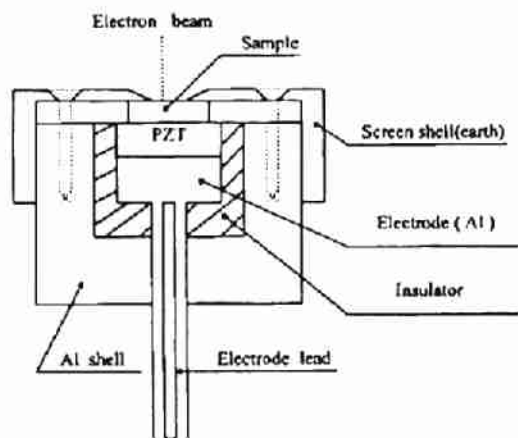


图1 探测器组件结构示意图

Fig.1 A diagram of detection assembly structure

这种屏蔽式结构,将样品与探测器包裹在一金属Al的屏蔽壳内,这样可以有效地防止外界电场、磁场及杂散电子的干扰,提高了电声信号的信噪比.通过采用这种屏蔽式探测器组件,便可以获得清晰的电声照片.

另外,由于扫描电声显微镜是对非常微弱信号的探测,因此,它比普通扫描电镜对其周围的环境要求更严.它除了对其周围的电场、磁场及楼板振动要求很严外,同时,由于电声成像是在高调制频率下进行的,所以它对于仪器周围的高频电源以及高频用电设备也非常敏感.因此,应尽量将设备安置在全屏蔽的房间内,远离高强电场、磁场和高频用电设备,整个设备应有其独立的地线.否则在某些情况下,虽然对二次电子像没有影响,但对电声像确能产生很大的影响,对电声信号带来干扰,使信噪比降低,所成电声像模糊,或者造成在电声像上出现干扰条纹.图2为对一陶瓷样品维氏压痕所获得的电声照片,图2(a)为由于在电源电网中出现其它高频用电设备时,造成在电声像上出现了干扰条纹,图2(b)为当这一高频设备停止使用后所拍的电声像,从图上可以看出干扰条纹已经消失.

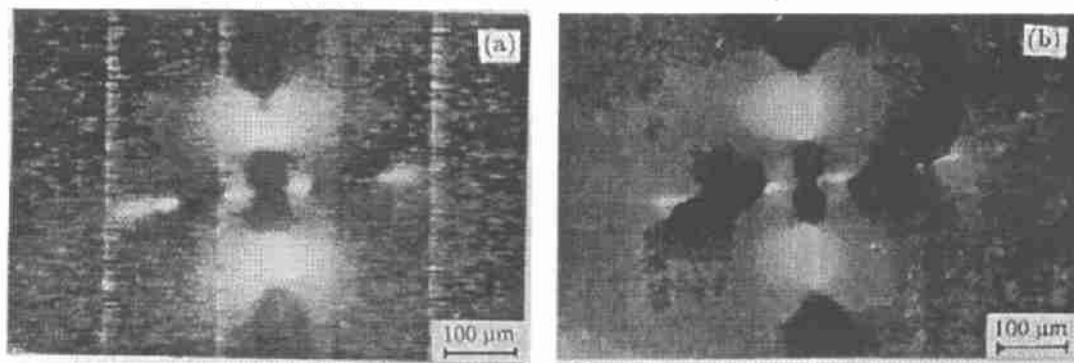


图2 干扰信号对电声像的影响对照

Fig.2 Comparison of EALs with disturbed and without disturbed signals

(A) With high frequency instrument being used; (B) Without high frequency instrument being used

### 3 假信号的排除

与透射电子显微镜相比,扫描电声显微镜中试样的制备还是较为容易的.其中非常重要的一环,就是试样与探测器之间相互耦合的制备,如果制做不好,或者电声信号很弱,或者引进了假信号造成电声像的失真.在试样与探测器耦合中耦合剂的选取也是很重要的.

#### 3.1 耦合剂的选取及耦合的制备

目前试样与探测器之间可用的耦合剂有硅油、真空脂、银导电胶和石墨导电胶等。通过对大量试样所做的电声成像实验结果来看, 发现用银导电胶作为试样与探测器之间的耦合剂比较理想。采用这种耦合剂, 可以得到较强的电声信号和高质量的电声像。

耦合质量的好坏同样决定了电声信号的强弱。在试样与探测器耦合的制作中, 耦合剂要涂抹均匀, 试样与探测器之间不要留有气孔, 这样可以减少声波在传播过程中的损失。选定合适的耦合剂, 制备出高质量的声耦合接触, 为保证获得较强的电声信号打下了基础。

关于试样表面导电层的制作, 其道理和制作方法与普通扫描电镜一样。对于一些导电性能差的试样, 当入射电子照射在试样表面上时, 由于试样导电性能差, 电荷会在试样表面形成积累, 造成放电现象, 无法进行成像观察。因此, 对于导电性能差的试样要在其表面镀一薄层导电层, 本文的工作均是在试样表面镀了一层金。对于导电性能好的试样, 就不需镀导电层了。

### 3.2 试样和探测器的接地

在试样和探测器耦合的制备中, 最后一个非常重要的问题是关于试样及探测器的接地, 接地不好, 容易在电声信号中引入假的信号, 获得不真实的电声像, 同时也为电声像衬度来源的分析增加了困难。根据我们设计的探测器组件结构形状, 试样和探测器的接地分为三种情况: (1) 试样的上表面 (即入射电子照射的一面) 接地; (2) 探测器的上表面接地; (3) 试样和探测器上表面同时接地。如图 3 所示。

在图 3(a) 情况下, 由于电声信号的采集应该是以探测器的上表面接地, 从探测器的下表面引出信号。如果试样为导体或半导体, 那么, 就相当于在地端和探测器之间附加了一个电阻, 入射电子会在试样上造成一定的压降, 这压降就会叠加在电声信号上, 使获得的电声信号失真。虽然有可能电声信号很大, 但其已不是纯粹的电声信号, 在电声信号中已掺杂了电子感生电流 (EBIC) 所造成的影响。如果试样为绝缘体如陶瓷, 那么就等于探测器地线悬空, 这时, 电声信号会很小, 同样使电声信号失真, 得不到真实的电声像。

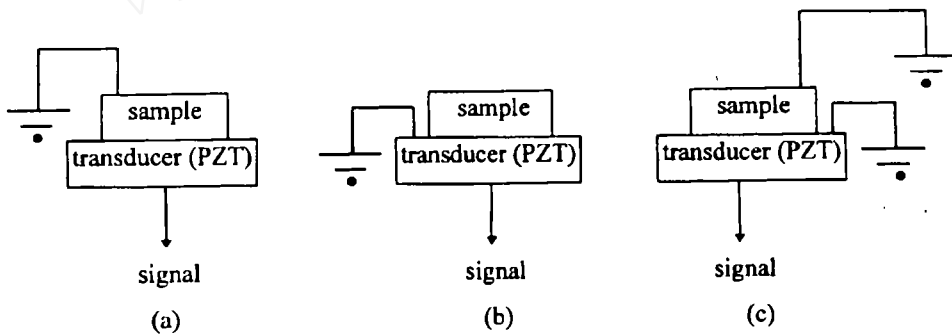


图 3 试样和探测器接地示意图

Fig.3 A diagram for the sample and the transducer earthing

在图 3(b) 的情况下, 如果试样为导体或半导体 (特别是对半导体试样), 当它被入射电子束轰击时, 在试样内部就会激起电子或者电子-空穴对, 由于试样表面没有接地, 虽然有一部分电子会通过试样表面所镀导电层释放, 但还会有小部分电子将对探测器材料构成影响。因此同样会对电声信号产生影响, 使得电声信号出现一定程度的失真。如果试样为绝缘体, 那么影响相对要小一些。

对于图 3(c) 的情况, 试样的上表面和探测器的上表面同时接地, 那么, 无论是对导体、半导体还是绝缘体试样, 由于试样表面和探测器上表面均有良好的接地, 因此入射电子在

试样内部引起的电子感生电流均会通过试样和探测器的接地而从地线流走,同时探测器的良好接地也起到了对外界干扰高频信号的屏蔽作用。因此,这种接地方式为扫描电声成像中试样与探测器的最佳接地选择。从以上分析可知,在扫描电声显微镜成像时,如果探测器和试样的接地制做的不好,就容易在电声信号中引进假的信号,造成虚假的电声像。因此,在进行电声成像实验时,试样与探测器之间的耦合及接地问题应该需要特别注意。

另外,在进行电声成像实验时,为防止二次电子信号对电声像衬度的影响,在进行电声像观察和记录时,可将扫描电镜上的对比度调节旋钮关掉,以保证真实电声像的获得。

## 4 结论

由于扫描电声显微镜是对非常微弱信号的检测和处理成像,因此,它对其周围的电场、磁场、杂散电子以及高频用电设备的要求比普通扫描电镜更严,这些因素可能在电声像中引入干扰信号,使电声像模糊不清或者在电声像上出现干扰条纹。好的探测器组件结构可以有效地防止以上因素的影响。试样与探测器之间耦合剂的选取以及耦合制备得好坏将直接决定着电声信号的大小。而试样和探测器的接地状况则决定了电声信号中是否有假信号掺杂了进去。

## 参 考 文 献

- 1 Cargill III G S. *Nature*, 1980, 286: 691.
- 2 Brandis E, Rosencwaig A. *Appl. Phys. Lett.*, 1980, 37: 98.
- 3 Yin Q R, et al. *Ferroelectrics*, 1994, 151: 97.
- 4 Takenoshita H. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1995, 34: 2882.
- 5 Cantrell J H, Qian M L. *Appl. Phys. Lett.*, 1990, 57 (18): 1870.
- 6 Zhang B Y, et al. *Proceedings of First Southeast Asian Symposium on Thermophysical Properties*, Nov. 12-15, 1995, Kuala Lumpur, Malaysia.
- 7 Yin Q R, et al. *Proceedings of First Asian Meeting on Ferroelectrics*, Oct. 5-8, 1995, Xian China.
- 8 Zhang B Y, et al. *Proceedings of First Asian Meeting on Ferroelectrics*, Oct. 5-8, 1995, Xian China.
- 9 殷庆瑞等. 电子显微学报, 1990, 9 (4): 53.

## Prevention of disturbed and False Signals in Scanning Electron Acoustic Microscope

ZHANG Bingyang JIANG Fuming YANG Yang HUI Senxing YAO Lie YIN Qingrui  
(Laboratory of Functional Inorganic Materials, Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences Shanghai 200050 China)

### Abstract

The effects of disturbed and false signals on Scanning Electron Acoustic Microscope (SEAM) are presented in this paper. Various reasons such as high electric fields, magnetic fields and high frequency instruments causing the disturbed signals on SEAM are discussed and a sample of detection assembly is give out, simultaneously. Emergence of false signals in SEAM is also analyzed on the bases of the upper surface of the sample earthed and the sample-transducer interface unearthed, the upper surface of the transducer earthed and the surface of the sample unearthed, and with both the upper surface of the sample and the transducer earthed. It would be best that the contrast switch is turned off when electron acoustic images are observed and imaged.

**Key words** disturbed signal, false signal, scanning electron acoustic microscope (SEAM)