

实用超高频 ZnO 薄膜换能器的研制

何启光

(中国科学院声学研究所)

邓廷璋

(中国科学院物理研究所)

在进行凝聚态物质的声传输性质的研究工作中,声换能器是必不可少的关键器件。它是将石英片预先粘在延时棒上,使用通常的抛磨技术减薄,目前国内可以做到的工作基频为100 MHz 左右。为了获得较高效率的超高频体波换能器,作者在延时棒上制作了氧化锌(ZnO)薄膜换能器。

ZnO 单晶是 6mm 类晶体,在与其 C 轴垂直的平面内的电性是各向同性。C 轴高度择优取向的多晶薄膜具有与单晶相近的性能。一般的薄膜淀积技术,如真空蒸发、化学蒸汽淀积(CVD)和溅射法都能在一定的基底上淀积出结构致密、压电性强的 C 轴垂直膜面的 ZnO 多晶薄膜。

我们使用磁控电极组成的直流平面磁控溅射系统^[1]淀积 ZnO 薄膜,系统结构如图 1 所示。基底材料为预先加工好的延迟棒(z 切割石英单晶),它的直径为 12mm,长度为 10mm,端面平行度优于 15"。ZnO 换能器的直径为 0.4mm,位于一端面的中心,内外电极(Au/Cr 薄

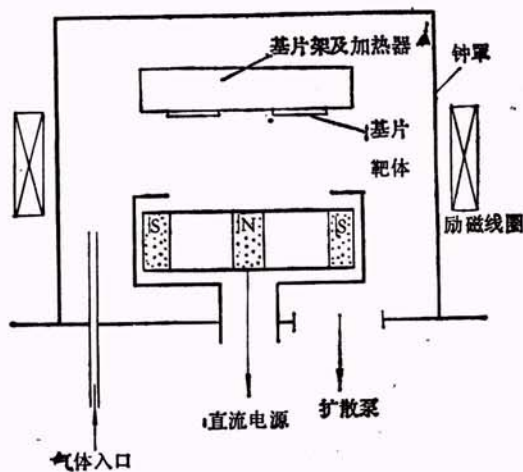


图1 直流磁控溅射系统简图

表1 ZnO 薄膜淀积条件

溅射气体	组分	Ar:O ₂ = 1:1
	纯度(%)	99.999
	压力(Torr)	5 × 10 ⁻²
基片温度(°C)		120—180
溅射功率(W)		200
淀积速率(μm/h)		1.8

膜)用半导体平面工艺制作,其厚度约为 800—1000 Å。ZnO 膜厚度为 3.45 μm。其淀积条件如表 1 所示。X 射线衍射分析表明,ZnO 膜为 C 轴择优取向。中心频率为 430MHz 的换能器的 Smith 阻抗图见图 2,相对的幅频特性见图 3。用 HP-8754A 网络分析仪测量出换能器基频共振频率下的辐射导 G_A 和电抗 X_{C0},并按公式^[2] $K_t = \left(\frac{\pi G_A Z_M}{4 X_{C_0} Z_T} \right)^{\frac{1}{2}}$ 计算出换能器厚度

模机电耦合系数 K_t 为 0.26。在室温下,用脉冲回波法测得换能器的插入损耗 IL = 15.6dB。

我们对三个淀积了 ZnO 膜换能器的延时棒作了低温测试。换能器的频率分别为 430 MHz 和 500 MHz。使用低温超声装置^[3] 和

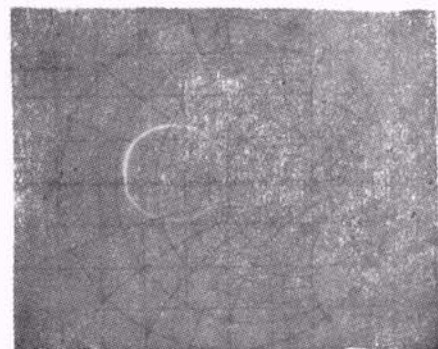


图2 430MHz ZnO 薄膜换能器的 Smith 阻抗图

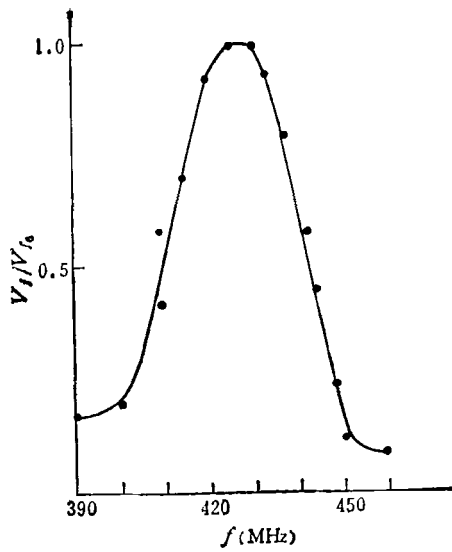


图3 430MHz ZnO 薄膜换能器的幅频特性

Matec 6600 超声仪进行测试。声衰减与温度变化的关系如图 4 所示。声衰减随温度变化的趋势与 Bateman^[4] 等人的结果完全一致。衰减的绝对值比他们测得的要大，这是由于我们的背景衰减较大所致。

我们对上述淀积有 ZnO 薄膜换能器的三只延时棒作了数次冷热循环试验，超声回波图形能正确地重复，证明所用工艺是可靠的。

ZnO 薄膜换能器位于延时棒一个端面的中心，待研究的样品只需粘在另一个端面上，即可得到样品中的脉冲回波图，从而可以获得声传

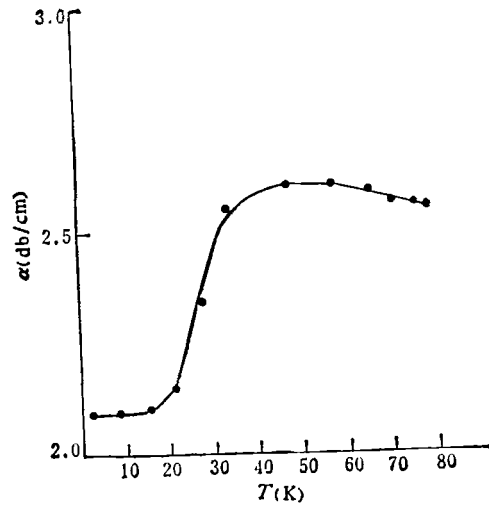


图4 石英单晶中声衰减与温度的关系 (* 切石英单晶, 430MHz)

输的信息。

ZnO 薄膜换能器的直径仅为 0.4mm,这就为研究小样品的声传输性质提供了可能性。

ZnO 薄膜换能器作在延时棒上,而不直接作在样品上,这样可以多次使用,方便而经济。

感谢汪承灏和王积方等同志的支持和帮助。

参 考 文 献

- [1] 何启光等,应用声学, 4(1985), 72.
- [2] N. F. Foster et al., *IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics*, SU-15, (1968), 28-40.
- [3] 邓廷璋,低温物理, 5(1983), 80.
- [4] W. P. Mason, *Physical Acoustics III, Part B*, Academic Press, (1965), 251.