

铌酸锂中声表面波特性的分析*

张玉山, 许 芹

(安徽科技学院, 安徽 凤阳 233100)

【摘要】声表面波在各种基片或分层介质中的传播特性是不同的。本文以目前应用广泛的铌酸锂晶体为研究对象,探讨了其在特定切型和传播方向的条件下,所表现出来的各种传播特征,从而为研制新器件取得了一手数据,为设计开发做好必要的理论准备工作。

【关键词】声表面波;SAW;铌酸锂;传播特性

【中图分类号】TN65 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2013)02-0038-02

1 前言

声表面波(SAW, Surface Acoustic Wave)是沿物体表面传播的一种弹性波,其传播能量只集中在弹性物体表面,其频率一般集中在108赫兹左右。声表面波器件是以声表面波为媒介,依据声-电转换把声信号转换为电信号并进行传输的元件。声表面波器件在电子设备中有着广泛的应用,比如各种类型的滤波器、衰减器、无线传感器等。声表面波制成的各类器件具有重量轻、体积小、损耗低、工作可靠、设计灵活、能够实现复杂的特性参数且调整方便等诸多优点^[1]。

声表面波器件制造技术的提升离不开对晶体基片传播特性的研究,本文写作目的正是如此。尽管当前对薄膜材料的研究如火如荼,并作为声表面波器件的一个重要研究方向。但是对单一晶体材料作为基片的研究是复合材料研究的重要理论基础,因此有必要对单一晶体传播特性进行仔细分析,在本文选取了使用最广泛的LiNbO₃单晶体(铌酸锂)作为研究对象。

2 声表面波在铌酸锂中的传播特性

铌酸锂分子式为LiNbO₃,在自然环境下呈单晶体形态,一般采用熔体导模法制造技术生产,是最广泛应用于声表面波器件的晶体物质。LiNbO₃晶体制作的器件种类繁多,几乎囊括了所有声表面波器件,如各种类型的滤波器、衰减器、无线传感器等,原因就在于LiNbO₃晶体制造技术成熟,材料获取容易,且LiNbO₃晶体机电耦合系数大,适合新产品的开发和设计^[2]。

综合目前的研究成果,对SAW中声表面波传播特性的影响因素主要有两个方面,是一波的相速度方向,二是底板晶体的切型构造^[3]。因此,在应用领域,往往让声表面波在同一切型中传播,而通过改变传播方向以实现不同的传播特性。

铌酸锂晶体按切型和传播方向,可形成各种不同的组合方式,每种组合又具有不同的传播特性。研究发现,传播方向为X方向时,常用的切型有不同角度的旋转Y切;传播方向

为Y时,常用的切型是X切;传播方向为Z时,常用的切型是Y切。以上几种情形在实践中被证实更易获得良好的电子稳定性,因此,这样的切型和方向组合成为实践中的首选^[4]。限于篇幅,下面以X轴方向传播的45°旋转Y切为例,通过机电耦合系数、能流角和传播速度来分析声表面波在铌酸锂中的传播特性。

首先分析一下机电耦合系数的变化情况,声波沿X轴方向传播并与其存在一个夹角,传播夹角在0~180度变化与180~360度变化时情况是一样的,所以下图只给出0~180度变化时的参数。随着传播角度的变化,机电耦合系数变化如图1所示。

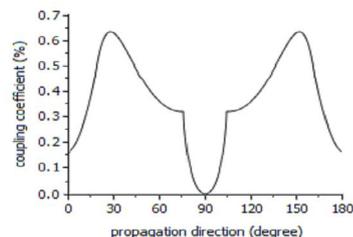


图1 机电耦合系数曲线

机电耦合系数的分析:

机电耦合系数反映的是晶体的机械能和电能之间的相互转化能力,直接影响声波的激发强度。从图1中可以看出当传播方向角度为90度的时候,机电耦合系数为0%,达到最小值,而角度为27度和152度左右时,机电耦合系数取到最大值,达到0.64%,这个值要高于石英晶体的机电耦合系数,后者的机电耦合系数最大值只有0.3%^[5],从这里也可以看出铌酸锂晶体的机电耦合系数是比较大的,可

收稿日期:2013-03-15

*基金项目:安徽科技学院青年基金项目(项目编号:ZRC2013338)。

作者简介:张玉山(1981-),男,江苏盐城人,硕士,助教,研究方向:信号处理。

以较为容易地获得强声场。

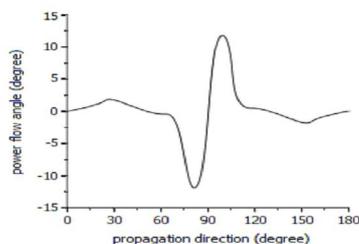


图2 能流角曲线图

能流角的分析:

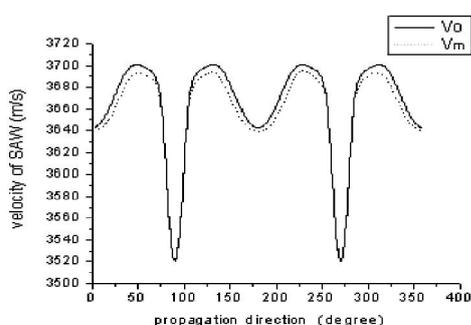


图3 传播速度曲线图

在铌酸锂晶体中,很多情况下波的能流方向与波的相速度方向并不一致,这种现象称之为波束偏离,两者之间的夹角称为能流角。在个别特定的方向上波的相速方向与能流方向是相同的,这时的波称为纯纵波或纯横波,对应的传播方向称之为纯波方向^[6]。对照图2能流角曲线,可以看出当传播角度近似为0、50、90、131度时,能流角等于零,即为纯波方向,即一个周期内包含4个纯波方向。再对照图1机电耦合系数曲线图,可以发现,在这4个角度时,

对应的机电耦合系数都不太大,因此并不够理想。而机电耦合系数在27、152度取到极大值的时候,对应的能流角又比较大,并不是纯波方向,这个时候的波束存在一定的偏离和衍射现象,同样也不够理想,因此在实践中应当综合考虑两者,寻求折衷方案。

传播速度的分析:

图3中, V_0 表示基底表面非金属化的波速, V_m 表示基底表面金属化的波速,从上图可以看出,变化周期为180度, V_0 与 V_m 的特性曲线重合度较高,这点与其他角度的旋转Y切是有区别的,说明了不同角度旋转Y切型周期性变化有其固定模式,需要深入分析并加以总结。 V_0 的取值位于3520m/s~3700m/s之间,分别发生在50度与85度左右,整体上比石英晶体的3200m/s~4000m/s的传播速度要低一些。

3 结论

以上在分析机电耦合系数、能流角和传播速度的过程中,可以发现特性曲线都是关于90度角对称的,其中机电耦合系数曲线和传播速度曲线是偶对称的关系,能流角曲线是奇对称的关系,这都说明了铌酸锂晶体具有局部对称的特点。

通过对声表面波在铌酸锂晶体表面的传播特性的研究,可以得知在考察某种材料、某个切型是否适合做SAW,要综合考虑机电耦合系数、能流角和传播速度等参数,找到合适的切型和方向,确保LiNbO₃晶体能以最好的方式工作。通过研究,能为以后科学实验和设计开发奠定深厚的理论基础,为新的声表面波器件的研发做出一定程度的理论贡献。

注释及参考文献:

- [1]王兆宏,唐天同,陈时.波导型集成声光器件的研究进展[J].光通信研究,2006(3):64.
- [2]刘双临,李平,文玉梅.无源声表面波谐振器的无线温度传感系统[J].传感器技术,2002(4):22.
- [3]温传敬.声表面波及其在声光可调谐滤波器中应用的研究[D].天津大学,2006:9-12.
- [4]朱树众.声表面波器件的模拟与仿真[D].天津理工大学,2012:14-15.
- [5]熊曦.声表面波加速度计阻尼技术研究[D].西北工业大学,2011:8-9.
- [6]杨红旺,卢贵武,黄文奇,等.CTAS和CNAS晶体的声表面波特性研究[J].人工晶体学报,2010(4):385-386.

Analysis on the Characteristics of SAW in Lithium Niobate

ZHANG Yu-shan, XU Qin

(Anhui Science and Technology University, Fengyang, Anhui 233100)

Abstract: The propagation characteristics of surface acoustic wave in a variety of substrates or layered medium are different. At present lithium niobate crystal has been used widely. In this paper, we used it as the object to study. We discussed how surface acoustic wave spread in the specific cutting orientation and propagation direction. So we can get the first-hand data for the development of new devices and make necessary theoretical preparation for design and development.

Key words: Surface acoustic wave; SAW; Lithium niobate; Propagation characteristics