

超声电子技术的进展

Progress in Ultrasonic Electronic Technology

李耀堂

(电子工业部四川压电与声光技术研究所,高级工程师 重庆 630060)

超声电子学是一门领域广阔的学科,它是声学、电子学、光学等学科边缘的结合,是一门较为年青的学科。

一、声表面波技术

声表面波(SAW)传播现象自1885年被发现后,直至1965年才因叉指换能器的发明而引起人们的重视。各国政府(尤其美、日、苏)对此项新兴技术给予了高度重视,相继投入了大量的人力、物力和财力。很快,一支庞大且精干的世界性科研和生产队伍迅速成长起来。从理论研究、材料开发、器件制造到系统应用的完整体系的迅速形成使SAW技术在短短近30年间获得了突飞猛进的发展,迄今仍兴旺不衰。

据初步统计,仅国外几个主要国家就有200多个单位从事SAW及相关技术的研究和生产。我国约有40多个单位,现已开发出近百种SAW器件和系统,其中有几十种已取代老产品。它们不但在雷达、通讯、电子对抗、导航等军用系统,而且在广播电视、磁带录像、移动电话等民用设备中发挥着重要作用。目前,在军事装备中服役的SAW器件和系统,以独特的性能为军事装备的现代化作出了重大的贡献。在消费类电子产品中,廉价且性能优良的TV·IF SAW滤波器拥有巨大的市场,磁带录像机用中频SAW滤波器和谐振器的产量也随着人们消费欲望的不断增长而迅速提高,如日本东芝公司近几年每月生产500万只上述三种产品。

近30年来,SAW器件的销售一直呈上升趋势。据报道,70年代中期至80年代中期10年间世界销售总额以平均每年25%的速度递增,到1985年已达1亿美元,预计到1995年将达10亿美元。我国此项技术的研究始于60年代末,自1977年“全国第一届SAW技术交流会”召开以来,SAW技术在我国的发展十分迅速,近几年国内销售额已突破7000万元/年。

目前,国外SAW器件性能已达到较高水平,例如,带通滤波器的中心频率最高已达5.2吉赫,3分贝带宽为0.02%~70%,最小插入损耗为1.5分贝左右,最大旁瓣抑制大于60分贝;振荡器的工作频率最高也达到5.2吉赫,频率稳定性为 10^{-10} /秒~ 10^{-11} /秒;滤波器组中心频率为325兆赫,通道数为 16×2 ,通道3分贝带宽为10兆赫,或20兆赫,额定损耗20分贝,带外抑制大于50分贝;采用SAW色散延迟线制作的Chirp滤波器的中心频率为10兆赫~2吉赫,带宽1.1吉赫,色散时间10纳秒~150微秒,时带积10000,插损25~55分贝;混合型可程序横向滤波器带宽为100兆赫,抽头数为350等。SAW技术在模拟和数字通讯中有着重要的信号处理作用,目前已能提供可满足各种要求的幅频和相位响应特性的SAW滤波器。国内由于工艺装备的限制等因素,与国外水平还有一定差距。

80年代初出现的新型高性能单片信号处理器件——GaAs声电荷转移(ACT)器集SAW与半导体技术的优点于一身,开辟了信号处理的新天地。ACT利用GaAs中SAW与电子之间的非线性声电互作用,可实现对大动态范围的宽带信号的抽样、存储、无损读出(检测)等处理,可制成性能优良的延迟线、滤波器、卷积器、相关器和存储器等。据报道,一种600兆赫的SAW时钟频率,1微秒延迟的ACT延迟线可获得大于0.99998的高转移效率(而CCD最高转移效率为0.99994)。在此基础上已制成217兆赫带宽、SAW时钟频率600兆赫、色散延迟1.4微秒、时带积303.8的高性能ACT Chirp滤波器。ACT卷积器已获得较好的性能,其指标分别达到3分贝带宽,160兆赫,时带积400,无伪信号动态范围37分贝,信噪比33,声传输损耗约1分贝/微秒。由此可见,ACT作为新一代器件对于实现高速高性能单片信号处理器件来说,不失为一种理想的技术,因此受到各国重视。我国已起步,不久的将来一定会提供使用器件。

掠面体波(SBAW)器件在某些应用方面性能优

于同类 SAW 器件,可弥补 SAW 器件的某些不足。如,SB-
AW 滤波器的中心频率比采用相同压电基片和换能器几何结构的 SAW 器件高 60%。又如,SB-
AW 谐振器可为那些需要较高功率电平和对表面杂质及缺陷敏感的稳定型振荡器提供理想的性能。

SAW 技术自 60 年代中期兴起,迄今已近 30 年了,尤其是近 10 多年来,其发展速度很快。虽然 SAW 技术已进入全面应用阶段,但这并不意味着 SAW 技术发展到头了,这只能说明 SAW 技术的成熟。尤其对于我国,SAW 技术(包括其应用)还有很大潜力可挖。只要工艺水平再上新台阶,材料性能不断改进,无疑 SAW 技术及其与半导体技术、光学技术的结合还将会有更大发展,其应用领域还将进一步扩大。在此需特别指出的是,SAW 器件在 BP 机、移动通讯和光纤通讯等民用装置中的应用,必将形成较大市场,产生较好的社会效益,应引起各研制厂所高度重视。

二、声光技术

声光学是物理学中声学 and 光学交叉的边缘学科。近 10 年来,声光学发展很快。1980~1989 年分别在维也纳召开了四次声光学及其应用的国际学术会议,显示出声光学广阔的发展前景。可以说,这门新的边缘性学科已基本具备了完整的理论体系,并逐步发展成熟。

在国外,特别是美国和日本,非常重视声光技术的发展,而且器件的水平已达到很高的程度。目前,声光调制器的调制速度已达到 100 兆赫;声光偏转器中心频率已超过 4.0 吉赫,带宽大于 2.0 吉赫;声光滤光器单色分光范围已实现 0.3~5 微米。在应用方面,70 年代中期,美国和前苏联已把声光高速记录机用于侦察卫星系统,美国已把声光图象处理和遥测遥感系统用于卫星和低空截获系统。80 年代后期,美国已把声光侦察接收机用于先进的 ALR—74 雷达警戒系统。激光打印机至 1989 年的销售量已超过 100 万部。

特别在军事电子对抗方面,声光信号处理技术有巨大的发展潜力。由于它具有大的动态范围、宽的工作带宽、高的信号截获率、高分辨率、快速工作和能进行多目标信号处理能力等优点,成为军事应用中极其引人注目的新技术。国外专家认为,声光信号处理技术将是 21 世纪电子战的未来。

另外,声光技术与 SAW 技术、声光技术与光纤技术相结合而发展起来的表面声光技术和光纤声光技术,是声光技术今后发展的两个重要方向。前者具有平面集成、多通道和小型化等优点,后者则具有可构成共线光纤系统的优越性。近年来,这方面技术发展很快,应引起我们高度重视。

我国研究声光技术始于 1973 年,经过 20 多年的努力,取得了一定的成绩。目前已形成一支从事光学材料、声光器件、电子线路、导波光学、薄膜光学和光学测量等门类齐全、力量雄厚的科技队伍。研制出的产品有:声光移频器、声光 Q 开关、声光锁模器、声光调制器、声光偏转器、声光扫描器、声光滤光器及各种驱动电源。一些产品已达 80 年代后期国外同类产品的水平。这些产品已在激光打印机、汉字照排、电子分色、60 路报纸新闻传真机、光盘记录、激光测距、光通讯、遥测遥感、图象处理和时域反射计等 20 多个领域中获得应用,取得了良好的社会和经济效益。

三、功能陶瓷和薄膜器件

现在,陶瓷材料已逐渐发展成继金属和塑料之后的第三种工业材料,成为新技术、新材料革命的生力军。它从应用上可分为结构陶瓷、功能陶瓷和生物陶瓷,其中功能陶瓷已成为当代优良的高科技材料。从市场情况看,1988 年全世界功能陶瓷为 84 亿美元,约占陶瓷市场的 70%,而 1992 年已至 112 亿美元。精细陶瓷约为 3 000 亿日元,预计 10 年后将达到 11 000 亿日元。在应用方面,功能陶瓷器件已广泛用于家用电器、汽车工业、工业自动化、精密机械加工和军事系统中。

另外,压电薄膜器件由于具有体积小、温度特性好,制作方便和容易构成多层结构产生不同功能等晶体和陶瓷材料难以实现的优点,一直受到国内外的重视。尤其是近 10 多年来,随着薄膜制备技术的深入发展,对其应用研究工作异常活跃。据不完全统计,国内外从事薄膜及其器件的单位有几十家,研制成功的 ZnO 和 Ta₂O₅ 以及 AlN 薄膜为开发高频器件打下了牢固基础,开发的 SAW 卷积器和采用薄膜换能器的声体波微波延迟线均已研制成功,已在军事工程、航天技术和国民经济建设等领域获得广泛应用,并已着手研制令人瞩目的存储器用的铁电薄膜。

特别是声体波微波延迟线,国外从 60 年代中期开始研究,到 70 年末期 2~18 吉赫的器件已达到实用化。近年来,在换能器研制方面取得了突破性进展。美国斯坦福大学率先采用多层结构换能器,使工作频率在液氮温度下提高到 96 吉赫,为研制新型微波器件奠定了基础。国内从事声体波微波延迟线研制进展较快。1986 年 3 吉赫声体波微波延迟线通过了设计定型鉴定,填补了国内空白,达到国外 70 年代末期水平。近年来,工作频率已能覆盖 1.5~15 吉赫、延迟时间为 0.2~10 微秒,产品的综合性能与法国汤姆逊公司、美国特立达公司的产品相当,而且每年都有不同型号的产品问世,基本能

满足国内用户的急需。已在电子点火、目标模拟、雷达定标、电子对抗目标显示、高度计定标、分离延迟、相关与振荡、频率存储和鉴频等装置中应用。

四、压电与声光晶体材料

晶体材料是电子工业不可缺少的基础材料之一,是许多新兴学科和高科技发展的关键材料。压电与声光晶体分别是指具有优良的机电转换功能和声光相互作用特性的晶体材料。同时,许多晶体又具有良好的非线性光学特性,它们在压电、声光、光电及电子光学等领域获得了广泛应用。

国外非常重视压电与声光晶体的研制和生产。自 50 年代初期合成人造石英晶体获得成功,60 年代实现工业化生产以来,现在全世界石英的年产量为 2 200 吨,其中日本占 1 000 吨,美国占 800 吨。除石英外,用量最大的是铌酸锂和钽酸锂晶体,其用量以吨计,主要用于制造声表面波器件。美国晶体技术公司、日本住友和东芝公司新生产的直径 76 毫米和 102 毫米的晶体均已商品化,127 毫米和 152 毫米的晶体已开发成功。 TeO_2 、 PbMoO_4 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、BGO 和 $\alpha\text{-AlPO}_4$ 等晶体虽早已开发,但由于用量不大,基本没有形成生产规模。

60 年代我国人造石英晶体研制成功,70 年代投入工业生产,1990 年石英产量已达到 280 吨,居世界第三位。对 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、BGO、BSO、 TeO_2 、 PbMoO_4 和 LiB_3O_7 等晶体的研究,稍迟于国外,但发展相当快。目前,生产 Li_2NbO_3 的厂家有 30 多个,总产量达 5~6 吨,性能已达到国际水平。生产 LiTaO_3 单晶的厂家有 10 多个,但晶体尺寸多在直径为 50.8 毫米以内。 TeO_2 、 PbMoO_4 、BGO、BSO 晶体的性

能也已达到国际水平,除了满足国内在 SAW 器件、声光和电光等器件需要外,已有少量出口。另外,近年来研制成功的 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 和 $\alpha\text{-AlPO}_4$ 晶体也开始提供使用。

另外,近几年来,非线性光学技术发展很快,国外竞相研究光波导器件、瞬态器件、双稳态器件、自适应器件、相位共轭器件和空间光调制器等有关光信息处理和光计算机等的尖端技术。其中, LiNbO_3 、BSO 和 BGO 等晶体就是用作倍频和光信息处理的重要材料。随着集成光学的飞速发展,作为光波导和光集成基础材料的光学 LiNbO_3 也会越来越引起人们的注意。

我国压电与声光晶体的发展,虽然在一定程度上满足了国内器件研制生产的需要,但某些方面还不能适应发展的需求。SAW 器件提出了向高频高稳定性发展的要求,国外正大力研究开发高耦合、低温度系数的新型压电单晶材料,我国也应在这方面加大投入,奋起直追。声光器件在向高效率、大容量、快速、高可靠性和红外波段发展,国外 3 吉赫的高频器件和红外波段声光器件已经成熟,究其原因,是国外有材料作基础。因此,必须努力开发研究我国的红外声光晶体材料。

综上所述,超声电子技术是蓬勃发展的新兴科学技术,所形成的产品具有独特的技术优势,有着广泛的应用前景和巨大的发展潜力,国内已把它称为“特种器件”,并成为我国国防建设和经济发展不可缺少的组成部分。我们一定要在现有基础上,追踪国际发展动态,组织好国内力量,把超声电子技术及其应用研究不断提高到新的水平。

(责任编辑 肖庆山)

(上接第 60 页) 一个机构,使工人真正感到不仅他们的政治权利,而且他们的经济权利也与他们的主人翁地位是相一致的,从而激发广大职工的积极性。

其次,职工持股计划为工人谋取福利的实质是通过职工的努力,用他们创造的未来收益,而不是用过去的存储和企业的当前收益获得资产。如果职工不努力,企业效益不好,职工也就不能获得资产。这种思想对我们探讨调动职工积极性的具体办法,应该有所启迪。在我国,不可能通过银行贷款来发展职工持股,但是可以考虑通过企业节余的奖励基金和职工个人节余的购买力来购买企业的股票,使职工通过自己的努力,获得一种长远利益。

再次,职工持股计划是在资本主义私有制土壤中生长起来的,其最终前景如何还有待于实践的进一步检验。我国坚持以生产资料社会主义公有制为

主体,允许和鼓励其他经济成份的适当发展,在公有制基础上实行职工持股并不违背上述方针。私有制基础上的职工持股最终当然需有利于资本家阶级,公有制基础上的职工持股最终当然需有利于无产阶级和广大劳动人民。同样是职工持股,因所有制性质不同,其最后结果也不同。因此,在实践中,并不妨碍我们借鉴西方国家的一些具体作法。

在目前我国股份制试点中,职工持股试点占有相当地位,并取得了初步成效。但在试点中,也存在着一些问题,如没有法规,不注意建立股份制的运行机制等,解决这些问题需要我们认真借鉴西方经济发达国家的一些成功经验,制定有关法规和办法,作出一些比较详细的规定,使职工持股试点有章可循。

(责任编辑 蔡德诚)