

中等容量和大容量声表面波标签研究

徐海林¹,陈智军²,黄鑫²,蒋玲²,童锐²,李勇¹,陈培杖¹

(1. 中国电子科技集团第五十五研究所,江苏南京 210016;2. 南京航空航天大学自动化学院,江苏南京 210016)

摘要:声表面波标签因其自身固有生产工艺的缺点及容量有限而限制了其应用和发展。从实际生产的角度出发,以脉冲位置编码声表面波标签为基础,提出了中等容量和大容量声表面波标签的设计方案,在提高容量的同时可降低生产成本。该文核心内容为大容量声表面波标签的设计,其基于相关叉指换能器和排列组合原理,与之对应的两种阅读器结构方案也展开了讨论。

关键词:大容量;声表面波标签;相关叉指换能器;防碰撞标签单元;阅读器

中图分类号:TN65 **文献标识码:**A

Research on SAW Tag with Medium and Large Capacity

XU Hailin¹, CHEN Zhijun², HUANG Xin², JIANG Ling², TONG Rui², LI Yong¹, CHEN Peidi¹

(1. No. 55 Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210016, China;

2. College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: The application and promotion of the SAW tag are unsatisfactory due to the inherent defects of the manufacturing technology and limited capacity. From the perspective of practical production, the design scheme of medium capacity and large capacity SAW tag based on the pulse position coding method is proposed, which can reduce costs besides increasing capacity. The large capacity SAW tag is designed based on the correlation inter-digital transducer (IDT) and permutations and combinations theory. At the same time, some ideas about the reader structure for this large capacity SAW tag are given.

Key words: large capacity; SAW tag; correlation IDT; anti-collision tag unit; reader

0 引言

和集成电路(IC)标签相比,声表面波(SAW)标签具有无线、无源、防篡改及适于恶劣环境等特点,但其容量小,尤其是幅度编码的SAW标签。利用时间延迟和相位信息编码的SAW标签容量已满足全球性的应用^[1],但为了保证每个反射栅的回波一致性和时间准确性,含有不同编码的标签需单独设计和制造,这导致成本高。SAW相关器可利用相位编码法避免低信噪比^[2],又可获得防碰撞特性^[3]。本文提出了两种SAW标签,一种是含有传统叉指换能器(IDT)的中等容量标签,而另一种是含有经相位编码调制的相关IDT的大容量标签,这两种标签的编码都应用了脉冲位置调制方式及排列组合原理。本文的核心内容是基于相关IDT和排列组合原理的新型大容量SAW标签设计方案及基于该新型标签的两种阅读器结构方案。

1 脉冲位置编码SAW标签

SAW脉冲沿着压电基底的表面传播,其能量集中在基底表面1~2个波长的深度内,基底采用铌酸锂、钽酸锂等具有较强压电耦合系数的材料。SAW在传播过程中碰到编码反射栅时会部分反射并部分透射。反射栅是由一根或几根很窄的铝条组成,其在基底上的位置需经过精确计算。反射回波的时延对应着反射栅的编码,而时延由反射栅的位置所决定,这就是脉冲位置编码方法,如图1所示。当回波脉冲到达IDT时,声信号通过压电效应转换为电信号通过天线发射出去,反射信号被阅读器接收后解码获得标签信息。



图1 脉冲位置编码SAW标签结构

收稿日期:2013-08-22

基金项目:江苏省科技支撑计划工业基金资助项目(BE2011180),国家自然科学基金资助项目(51005121),江苏高校优势学科建设工程基金资助项目

作者简介:徐海林(1969-),男,江苏南通人,高级工程师,主要从事声表面波器件,RFID和SAW Filter的研究。

图 1 所示的标签包含了一对用于校验的起始、截止反射栅和一些数据区。在每个数据区里有一个或多个反射栅,每个数据区里的位置个数由时隙决定。 D 为隔离区的宽度, d 为每个数据区中时隙的宽度。 x 为每个数据区里时隙的个数,共有 n 个数据区。若每个数据区只有一个反射栅,故这种标签的容量为 xn 。当标签长度固定不变时,想要增大标签容量就需更大的 x 和 n ,同时 D 和 d 要减小,但 D 和 d 是由 IDT 的带宽和阅读器的时间分辨率所决定的。由于阅读器依赖回波的幅度和时间延迟来解码,这样一来设计将变得更难,因为每个标签的情况都不相同,需对每个标签单独设计与制作,以保证回波一致性和时间准确性。在大容量的情况下,这是不可能完成的任务。

2 中等容量 SAW 标签

多声道的 SAW 标签与单声道的 SAW 标签相比可部分降低多次反射效应^[4]。即使多通道会有一些的能量损失,但对查询脉冲的能量进行等分也是一个很好的思路。我们根据这一思想,提出了新型的中等容量组合 SAW 标签。假设有 8 个反射栅,包括 2 个校准反射栅和 6 个数据编码反射栅。首先将这 8 个反射栅奇偶对分放入两个标签单元,每个标签单元内再次进行均分,让反射栅等分在两个声道上,该结构如图 2 所示。

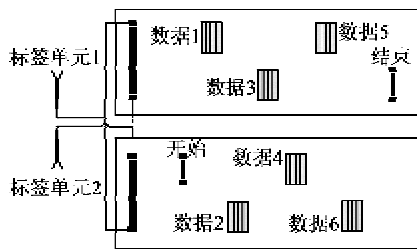


图 2 多声道组合 SAW 标签结构图

两个 SAW 标签单元并联接入天线组成一个组合标签。图 3 为该组合标签的回波时间关系图。每个单元的校准反射栅是为了消除制造误差,标签单元 1 用截止反射栅作为参考,标签单元 2 用起始反射栅作为参考。数据反射栅回波与校准反射栅回波

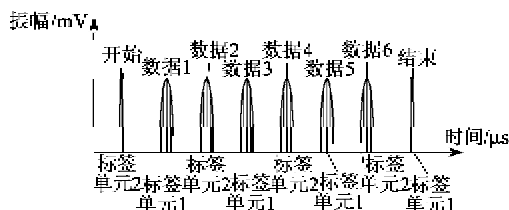


图 3 组合标签回波与时间关系

间的时间差用于区分该数据回波属于哪个标签单元及取得其编码。

这种组合标签的容量和脉冲位置编码标签的容量一致,但回波一致性要改善很多,最有意义的是这种方案可有效减少生产环节中成本最贵的掩膜板的数量。如果每个数据区时隙的个数是 4,那么容量就是 4^6 ,即 2^{12} 。对于传统的脉冲位置编码的标签需 4^6 个掩膜板,而这种新型标签需掩膜板数量为 2×4^3 。这是由于标签单元 1、2 可任意组合,这样成本降低到原来的近 1/40。

但这种组合标签也有其缺点:以标签工作频率为 433 MHz 为例,我们必须仔细地选择第 1,2 反射栅的位置,以便让它们的二次回波移至隔离区或最后一个数据区后。当扩大组合标签的容量时,就要考虑更多的反射栅的二次效应影响。所以它不适合作为大容量标签使用。

3 大容量 SAW 标签

可实现相位编码调制和解调的 IDT 称为相关 IDT(CIDT)。它只对相应的相位编码调制载波脉冲做出反应,这种情况称为自相关。对错误的相位编码调制载波脉冲,它不会有任何反应,称为互相关。在自相关的情况下,CIDT 会在基底上激发出典型的激励脉冲,而互相关情况下则不会。

3.1 防撞撞 CIDT

防撞撞 SAW 标签单元的关键是 CIDT。通过使用巴克码序列^[5]或正交频率编码方法^[6],可使 CIDT 获得编码以及防撞撞特性。图 4 为使用 7 位巴克码序列 [1110010] 编码的 CIDT 输出的仿真结果图。图 4(a)为自相关情况的 CIDT 输出,图 4(b)为输入序列为 [1011000] 情况下 CIDT 的输出,这是 7 位巴克码组里互相关幅度最小的情况。

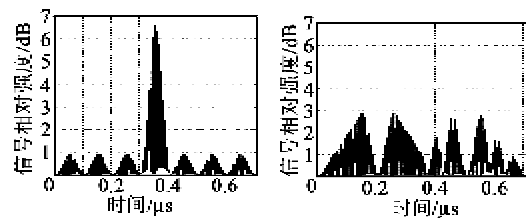


图 4 CIDT 输出仿真结果图

3.2 防撞撞声表面波标签单元的结构

图 5 为防撞撞 SAW 标签单元的结构,同样包含了多个声道也利用了脉冲位置编码方式。但和中等容量 SAW 标签不同的是不同标签单元中的数据区无任何关系,在时间上可重合。当正确的相位调

制载波脉冲加载到 CIDT 上,其将产生一个典型激励脉冲,在基底表面传播,当脉冲遇到反射栅反射回 CIDT 时,该脉冲将会转换为相应的脉冲相位编码电磁波通过天线发射出去。

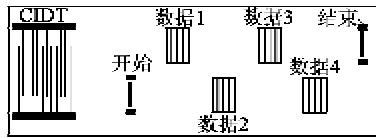


图5 防碰撞 SAW 标签单元结构

3.3 大容量组合 SAW 标签的结构和容量

大容量组合 SAW 标签的结构如图 6 所示,其由多个防碰撞 SAW 标签单元组成,这些单元同样也是并联接入天线。当阅读器发射一系列相位调制载波查询脉冲时,组合标签内的标签单元将会按顺序依次响应并返回其所携带的编码信息。图中,PSK 为一种信号调制方式。

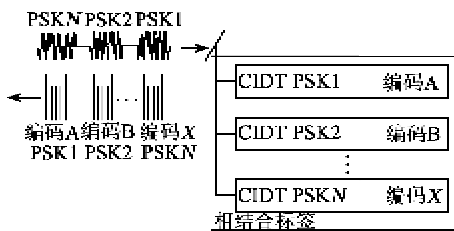


图6 大容量 SAW 标签结构

相容度 N 代表一个组合标签内防碰撞 SAW 标签单元的最大个数,决定于 CIDT 使用的相位调制码组。高相容度的非周期极性编码组在大容量应用中是必须的。我们课题组根据通信编码理论找到了一组 13 位编码组,其相容度达到了 8。如果数据区时隙和数据区的个数分别是 6 和 4,那么该种组合 SAW 标签的容量为 $(6 \times 6 \times 6 \times 6)^8$,约等于 2^{83} 。这完全满足全球应用的需求,且将所需掩模板的个数降低到 $6^4 \times 8$ 。

3.4 基于大容量 SAW 标签的两种阅读器结构方案

由于载波频率很高,阅读器如何产生相位调制的载波脉冲成为一个问题。第一种解决方案采用的相关编码器,如图 7(a)所示。

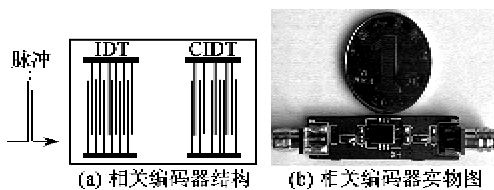


图7 SAW 相关编码器

当一个载波脉冲加载在普通 IDT 后, CIDT 会输出相应的相位调制编码脉冲,这个脉冲便可作为阅读器的查询脉冲。我们设计制作并测试了一个 8 位相位调制 SAW 相关编码器(见图 7(b)),每个码元包括 28 个载波周期,码组为 [00101100],加载的载波频率为 434 MHz,脉冲宽度为 10 ns, CIDT 输出结果如图 8 所示。

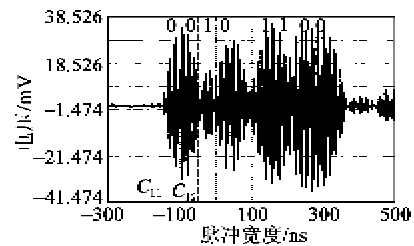


图8 SAW 相关编码器输出结果图

输出结果和设计吻合,每个码元持续 65 ns,即 $28 \times (1/434 \text{ MHz})$ 。但这个方案也有两个缺点:

- 1) 如果组合 SAW 标签里有 8 个标签单元,那么阅读器就需 8 个 SAW 相关编码器,在每次读取数据时信号要在 8 个相关编码器间切换很麻烦。
- 2) 如果阅读器和标签在不同温度场,那么相关编码器和标签的中心频率就不相等,造成无法读取标签数据。

根据软件无线电的定义(SDR),第二种方案采用高速切换单刀双掷射频开关来产生相位调制载波脉冲,如图 9 所示。将一对差分载波信号输出给单刀双掷开关的双端,单端输出在控制引脚控制下选择其中一路信号输出完成相位调制。图 10 为这种方案的输出结果图。和参考波形相比,单刀双掷开关的切换速度迅速,切换时间小于 5 ns。

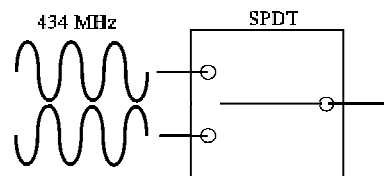
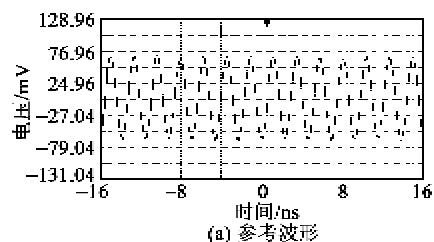


图9 单刀双掷射频开关产生相位调制载波脉冲示意图



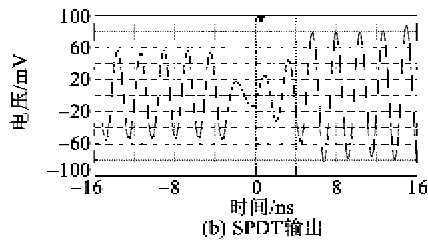


图10 单刀双掷射频开关输出

单刀双掷射频开关方案克服了相关编码器方案的两点不足:

- 1) 通过改变控制信号,可获得任意相位调制编码。
- 2) 通过对载波的频率进行扫频便能识别在任何合理温度范围内的组合标签,并找到最大回波幅度的频点。

4 结束语

在脉冲位置编码 SAW 标签的基础上,提出了中等容量 SAW 标签和大容量 SAW 标签。对于中等容量的 SAW 标签,其结构简单,与传统阅读器结构兼容,适合低成本和小规模应用的场合。对于大容量 SAW 标签,其基于相关 IDT 和排列组合原理,容量可达 2^{83} ,满足全球性应用,且适合于大规模生

产。同时,讨论和对比了与大容量 SAW 标签对应的两种阅读器结构,单刀双掷射频开关的方案比 SAW 相关编码器的方案更优。

参考文献:

- [1] HARTMANN C S. A global SAW ID tag with large data capacity[C]//S. I.; 2002 IEEE Ultrasonics Symposium, 2002; 63-67.
- [2] HOFINANN H, STAB H, KOMAROV S. Design of SAW correlation devices with evolutionary strategy methods[C]//Toronto Canada, 1997 IEEE Ultrasonics Symposium, 1997; 171-174.
- [3] BUFF W, EHRENFORDT J, KLETT S, et al. On-chip correlation-a new approach to narrow band SAW identification tags[C]//S. I.; Ultrasonics Symposium, 1998, 1; 385-388.
- [4] PLESSKY V, REINDL L. Review on SAW RFID tags [J]. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, 2010, 57(3); 654-668.
- [5] 韩振国. 13 位巴克码低旁瓣 SAW 相关器[J]. 火控雷达技术, 1996, 25(2); 34-39.
- [6] MALOCHA D C, PUCCIO D, GALLAGHER D. Orthogonal frequency coding for SAW device applications [C]//S. I.; Ultrasonics Symposium, 2004, 2(2); 1082-1085.
- [2] 张凯, 蓝宇, 李琪, 等. 1-3 型压电复合材料发射换能器研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2010, 31(11); 1485-1489.
ZHANG Kai, LAN Yu, LI Qi, et al. Research on 1-3 piezocomposite projector[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2010, 31(11); 1485-1489.
- [3] 李邓化, 居伟骏, 贾美娟, 等. 新型压电复合换能器及其应用[D]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] CHONG C P, CHAN H L W, LIU P C K. Study of 1-3 composite transducer for ultrasonic wirebonding application [J]. Ceramics International, 2004 (30); 1141-1146.
- [5] SAKTHIVEL M, AROCKIARAJAN A. An effective matrix poling characteristics of 1-3-2 piezoelectric composites [J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2011(167); 34-43.
- [6] XIONG Ke, ZHANG Weigong, LUO Yi. Research on 1-3 orthogonal anisotropic piezoelectric composite material sensors [J]. Journal of Southeast University: English Edition, 2002, 18(2); 136-140.

(上接第 493 页)

式。理论仿真与实际制作了 1-3-2 型压电复合陶瓷材料,结果表明,1-3-2 型压电复合材料除具有 1-3 型压电复合材料的低声阻抗,低机械 Q 值,高静水电容常数外,还具有电极制作工艺简单,受热或外力不易发生变形等优点。

利用 1-3-2 型压电复合陶瓷材料制作了水声换能器并进行了测量,测试结果表明,该型材料制作的换能器具有在工作频带内模态单一,高发射响应及宽频带等特点,该型换能器满足了用户提出的工程应用要求。

参考文献:

- [1] 黄世峰,叶正茂,王守德,等. 1-3 型水泥基压电复合材料的制备及性能[J]. 复合材料学报, 2007, 24(1); 122-126.
HUANG Shifeng, YE Zhengmao, WANG Shoude, et al. Fabrication and properties of 1-3 cement based piezoelectric composites [J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2007, 24(1); 122-126.