

DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2015.03.00X

文章编号: 1006-9941(2015)03-0205-03

观点

## 火工品集成技术的发展机遇与途径

### 一、火工品集成技术发展的必要性和机遇

#### 1. 基于信息化的火工品集成技术是现代武器装备发展的必然需求

基于信息系统的体系作战是信息化条件下战斗力的基本形态,信息主导、网络支撑、体系增能、综合集成、精确释能成为现代战争的主要特点。为适应现代战争的需求,新型火工品技术必须具备下列功能:信息化—能够融入到信息链体系中;智能化—具备精确打击、高效毁伤的能力;微小型—符合微小型武器装备技术需求;适应性—优良的环境适应能力和突防能力。火工品信息化将成为主要的技术形式,火工品集成技术将成为主要的制造形式。

#### 2. 基于信息链的火工品集成技术是发达国家新型火工品技术研究的重点

现代战争中精确武器的应用是战争的主角,基于信息交互的体系化战争模式成为战争主导。因此,将微电子芯片、微安保器件和微起爆、微传爆序列集成一体的基于信息链的火工品技术成为发达国家研究的重点。

#### 3. 集成技术是非线性火工品高可靠性、小型化的必经技术途径

非线性火工品由于作用机理的特殊性,其安全性可靠性得到了本质提高。但是,以电-爆换能机理和光-爆换能机理为主的爆炸箔火工品、激光火工品等典型非线性火工品的可靠性与

#### 4. MEMS 技术的应用,使火工品技术集成为必然

MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems)工艺开创了火工品系统集成、超大批量、低成本制造的新纪元,使火工品技术发生了革命性的变化。MEMS 火工品的技术发展表明,传统的火工药剂、装药方法以及换能元在微型火工品中已不适用。火工品的制备技术必须具备良好的 MEMS 工艺系统兼容性,从而在亚毫米尺寸下实现起爆与传爆能量的可靠传递、在低激发能量下达到可靠与安全的平衡统一。

#### 5. 火工品技术的系统集成为提高火工品行业地位和产品附加值带来机遇

新技术的应用为提高火工品行业地位和产品附加值带来机遇。一是 MEMS 技术和微电子技术的发展,可以使如安保器件、微电子芯片体积足够小至成为火工品的一个组件;二是火工药剂的敏感性使得采用 MEMS 工艺制造的火工品系统其装药成为最后工序;三是非线性火工品相关发火

器件的高度集成和系统发火高可靠性的要求。这些因素将使火工品成为传爆序列的部件总成,直接配备于武器系统总体。

## 二、火工品系统集成的技术途径

随着火工品技术的发展,火工品研究已经脱离了简单的加工、制作和测试,先进火工品技术的研究越来越多的受到工艺制备条件、测试与试验条件的限制。三代、四代火工品技术的系统制造已经成为其技术发展的必然。因此,火工品系统集成的主要对象是三代、四代火工品。

### 1. 爆炸箔火工品系统集成技术

基于冲击片起爆的爆炸箔起爆器(EFI)是第三代火工品的典型代表。由于爆炸箔起爆器特有的发火条件,其发火感度不仅与EFI本身有关,还与发火回路的电感、电阻、放电波形,发火器件的关键参数,电容大小及放电效率,开关大电流导通能力及导通时间等因素密切相关。典型的爆炸箔火工系统(图1)组成为:环境传感器、环境激活储备式电源、安全逻辑与控制模块、高压起爆电路及冲击片雷管。爆炸箔火工系统的集成建议以高-低压界面划线,将高压起爆单元与EFI集成一体(图1中虚线部分)。

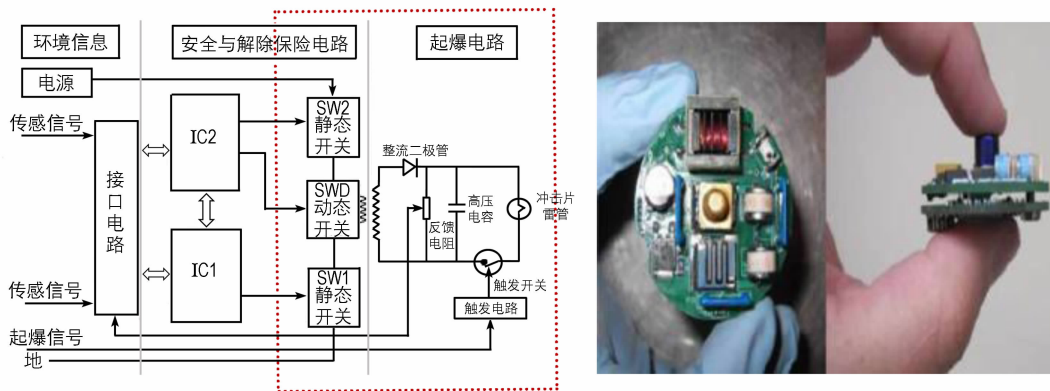


图1 典型的爆炸箔火工品系统

通过系统集成,将高压起爆电路的电感降至最小,从而有效提高脉冲功率源的放电效率,有利于EFI的低能化、系统的低成本小型化和高可靠性。

### 2. 激光火工品系统集成技术

激光火工品系统主要由小型半导体激光器或固体激光器、光纤传输网络与激光起爆器/点火器等火工器件组成。激光火工品的作用机理是激光光子能和光热能的复合换能机理。与常规热桥丝点火起爆系统相比,它没有桥丝和引线,避免了由电磁场、静电释放或杂散电流引起的意外发火,但其感度仍然受到光纤传输分配效率,激光器工作原理、脉宽、波长以及系统自检效率的影响。图2为典型的激光火工品系统。

由于激光器含有复杂的辅助电子元件,国内外有专业的研究机构和厂家。因此,激光火工系统

的集成建议集中在光能传输、分束、自检和激光火工品等对发火感度影响因子较大的单元上以解决药剂装药激光点火阈值偏高,光路连接、传输与耦合较难,光学换能稳定性等技术难题。

### 3. MEMS 火工品系统集成技术

MEMS 火工品是指基于 MEMS 工艺或与 MEMS 工艺兼容的火工品技术。其特点为换能结构和药剂结构尺度在微米量级,核心器件尺度在亚毫米量级,系统尺度在毫米量级的火工品,采用适合的封装工艺,将微发火电路、微作动机构、微换能元、微装药、微序列集成一体。

MEMS 火工品系统集成一般由微电子芯片、微隔断单元、微起爆器、微尺度传爆药等几部分构成(图 3)。从结构上回归了传统的能量隔断式设计;从设计思想上通过含能材料的纳米化,减少装药量,来实现火工序列的安全性与可靠性;从制造工艺上,采用以 MEMS 制作工艺为主,辅以其其他工艺手段的制造方式。

MEMS 火工品技术重点涉及到高效微型换能元技术;低极限药量起爆药、纳微米结构火工药剂技术;小临界尺寸传爆药技术;亚毫米特征尺寸的微型火工序列技术;换能、发火、能量传递一体化集成技术;安保内置技术等。

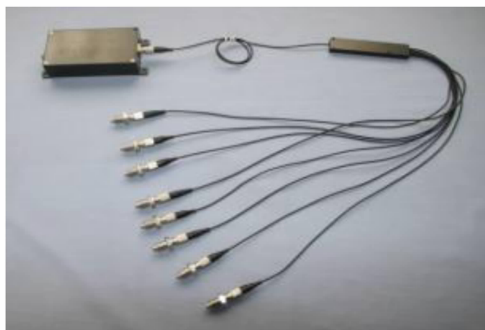


图 2 多路激光火工品系统

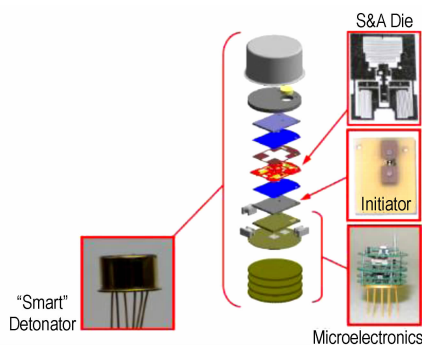


图 3 MEMS 火工系统示意图

## 三、结 论

火工品集成技术针对三代和四代火工品技术更有实际意义。该技术的综合应用,将使火工品在系统能量利用效率,耐受环境能力,系统集成小型化、低成本大规模制造等方面具备跨越性发展的巨大潜力。多功能集成火工品的技术进步和市场需求,为我们提供了难得的发展机遇,为提高火工品的市场价值和配套地位带来了良机。

褚恩义, 贺爱锋, 任 西, 薛 艳

陕西应用物理化学研究所应用物理化学国家级重点实验室  
e-mail: haf780724@163.com