

文章编号 :1001-4322(2004)02-0205-04

# 微型计算机在脉冲磁场作用下的效应试验\*

高 成 , 周璧华 , 石立华 , 陈 彬 , 李炎新

( 解放军理工大学 工程兵工程学院 江苏 南京 210007 )

摘 要 : 介绍了脉冲强磁场模拟器的工作原理,将微型计算机置于脉冲磁场模拟器中,通过改变脉冲磁场的幅度和上升时间,研究脉冲磁场对微电子设备的干扰途径、干扰阈值与脉冲上升时间、脉冲宽度的关系。试验结果表明,微电子设备的连接电缆是脉冲磁场干扰引入的主要途径,简单的屏蔽措施对于脉冲磁场干扰有一定的抑制作用,脉冲磁场的时间变化率越大,对微电子设备的干扰作用越强。

关键词 : 脉冲磁场 ; 微电子设备 ; 效应 ; 干扰阈值

中图分类号 : TM153 文献标识码 : A

随着信息技术的广泛应用,对电子信息设备构成威胁的电磁干扰和损伤倍受人们的重视。关于 HPM, UWB, HEMP 等对微电子系统的效应已有较多的研究<sup>[1~4]</sup>,而脉冲磁场对微电子设备的效应研究还不多见。地面核爆炸的源区电磁脉冲(SREMP)是磁场能量占有较大份额的低阻抗场,它对电子信息系统特别是地下、建筑物内的电子信息设备构成了严重的威胁。在防雷接地导体和传导瞬变电流的金属构架附近,磁场强度的峰值为几百 A/m 到上千 A/m<sup>[5]</sup>。相对于脉冲电场,对脉冲磁场的防护较为困难。普通金属材料对磁场的屏蔽效能较差,铁磁材料存在磁饱和现象,岩土介质对磁场的衰减较弱。由于脉冲磁场持续时间比涡流的衰减时间长得多,屏蔽将从对磁场的不透明变到对磁场的透明。对电子设备中的敏感电子器件可能造成损伤,能使磁存储器完全翻转。因而对电子信息系统构成了严重威胁,甚至对于防护工程内部的电子信息系统也构成了威胁。

为了研究强脉冲磁场对微电子设备的干扰与损伤效应,作者研制了一套脉冲强磁场模拟器。将微型计算机置于脉冲磁场模拟器中,通过改变脉冲磁场的幅度、脉冲磁场的上升时间,研究脉冲磁场对微电子设备的干扰途径、干扰阈值与脉冲上升时间的关系。

## 1 试验方法简介

设备组成如图 1 所示,脉冲强磁场模拟器由高压控制台、直流高压源、脉冲充电电路、空气开关、形成强磁场的放电环、测量示波器等部分组成。放电环既是脉冲电流源的负载,也是强磁场形成装置。该设备可等效为一个工作在过阻尼状态的二阶电路,通过放电环的电流是双指数波形。设备能产生峰值达 mT 量级的脉冲磁场,放电电压可达 50kV;产生的脉冲磁场波形参数(上升时间、宽度、峰值)在调整的范围可调;可在局部形成一个峰值脉冲磁场强度较高、均匀度比较好的工作空间,以便放置试件进行试验。

试验时将一台 486 微型计算机置于放电环中央。通过控制放电电压来控制放电电流的幅度,从而控制脉冲磁场峰值。

## 2 宽度相同、上升时间不同的脉冲磁场对微机干扰阈值的影响

为了得出不同上升沿的脉冲磁场对微机的干扰阈值,通过调整放电回路的电参数,来改变磁场波形的上升时间,同时保持脉冲宽度不变。

当放电回路的放电环为半径 1m 的圆环时,不同上升时间的放电电流波形如图 2 所示;当放电回路的放电环为边长为 1m 的方环时,放电电流波形如图 3 所示。放电环内的脉冲磁场波形与电流波形相同,磁场值可方

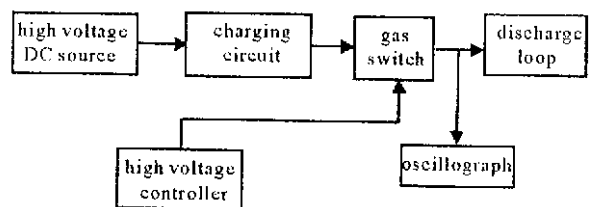


Fig. 1 Schematic of strong pulsed magnetic field simulator

图 1 脉冲强磁场模拟器的组成框图

\* 收稿日期 2003-02-12; 修订日期 2003-08-04  
基金项目 国家自然科学基金资助课题(50237040)  
作者简介 高成(1964—),男,博士,副教授,现从事电磁兼容的教学与研究工作, E-mail: gaocheng2001@hotmail.com.

便地由电流值计算得到。

被试计算机处于工作状态,置于模拟器放电环中央。取以下 4 种情况(前 3 种情况的放电环均采用半径为 1m 的圆环,放电电流波形如图 2 所示)(1)将计算机主机箱的盖板取掉,使得计算机内的各种板卡裸露,鼠标通过 RS232 串口线连接在主机的多功能板卡上。(2)将计算机主机箱的盖板取掉,使得计算机内的各种板卡裸露,拔掉通过 RS232 串口线连接在主机多功能板卡上的鼠标线。(3)将计算机主机箱的金属盖板盖上,使得计算机内的各种板卡有一般的屏蔽保护,鼠标通过 RS232 串口线连接在主机的多功能板卡上鼠标线。(4)将计算机置于  $1\text{m} \times 1\text{m}$  的正方形电流环内,放电电流波形如图 3 所示。将计算机主机箱的金属盖板盖上,鼠标通过 RS232 串口线连接在主机的多功能板卡上鼠标线。逐渐增加放电电压峰值,找出不同的磁场波形使得计算机死机的阈值见表 1。

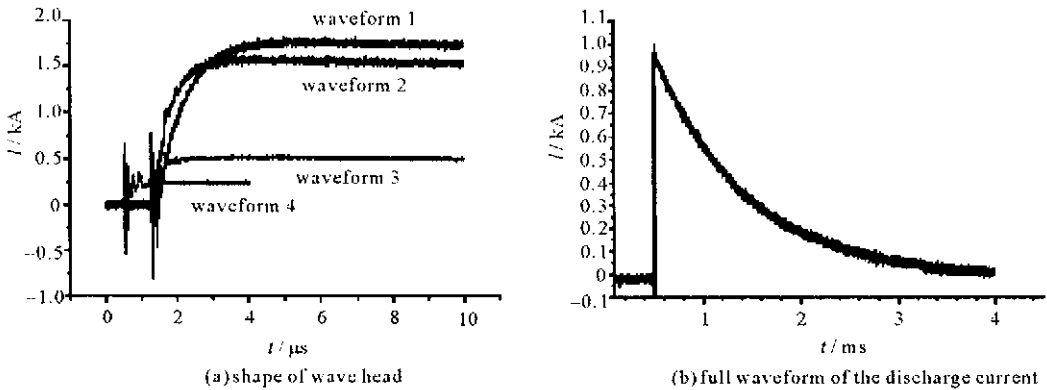


Fig. 2 Discharging currents with different rise time and same duration (discharging loop is a round circle with radius of 1m)

图 2 上升时间变化(脉冲宽度相同)时的放电电流波形(放电环为半径 1m 的圆环)

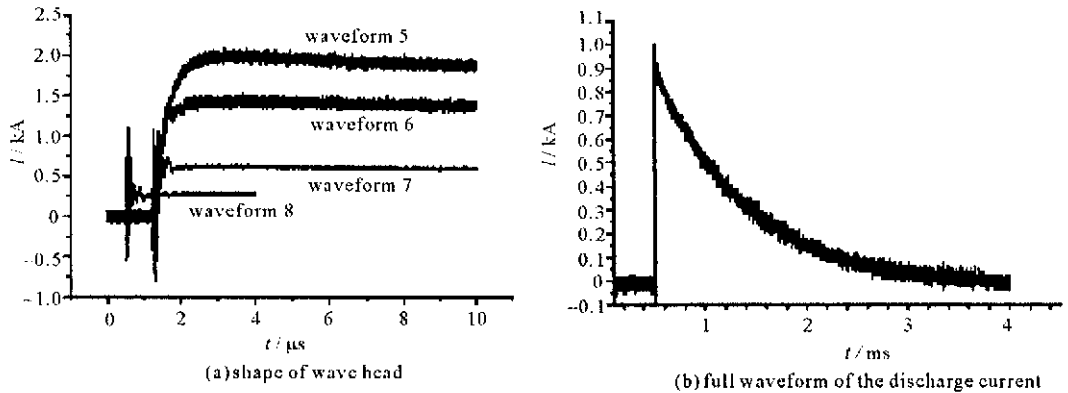


Fig. 3 Discharging currents with different rise time and same duration (discharging loop is a square with side length of 1m)

图 3 上升时间变化(脉冲宽度相同)时的放电电流波形(放电环为边长 1m 的方环)

表 1 不同上升时间的脉冲磁场使计算机死机的峰值阈值

waveform number	peak value threshold of pulsed magnetic field/mT			$t_r/\mu\text{s}$	$t_d/\text{ms}$
	cover board off. without mouse line.	cover board off. with mouse line.	cover board on. with mouse line.		
waveform 1	2.6	1.11	2.7	2.0	2.1
waveform 2	1.2	0.65	1.2	1.2	2.1
waveform 3	0.69	0.27	0.59	0.4	2.1
waveform 4	0.48	0.19	0.41	0.2	2.1
waveform 5	\	\	2.5	1.10	2.1
waveform 6	\	\	1.2	0.60	2.1
waveform 7	\	\	0.50	0.30	2.1
waveform 8	\	\	0.24	0.15	2.1

### 3 上升时间相同、脉冲宽度变化的脉冲磁场对微机干扰阈值的影响

为了得出相同上升前沿而脉冲宽度不同的磁场对电子设备的干扰阈值,改变磁场脉冲波形的宽度,同时保

持脉冲上升时间不变。实际通过放电环的放电电流波形如图 4 所示。放电环内的脉冲磁场波形与电流相同。

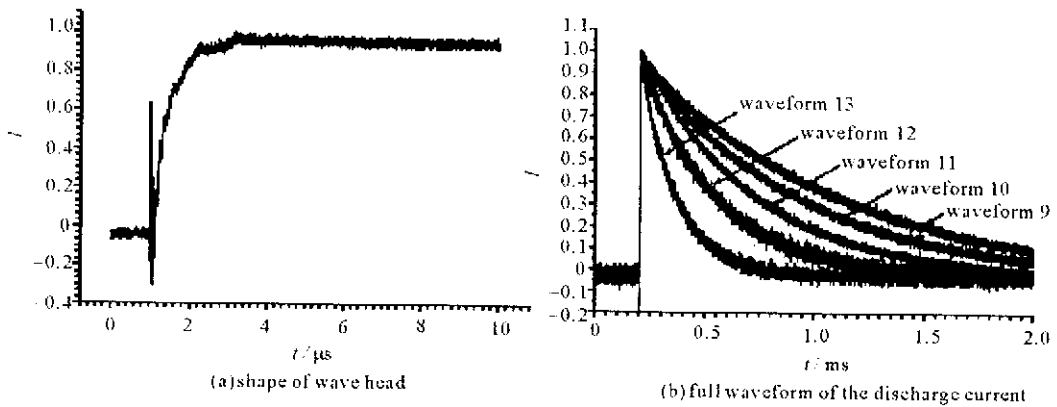


Fig. 4 Discharging currents with different duration and same rise time

图 4 上升时间相同、宽度变化的一组放电电流波形

被试计算机处于工作状态，置于模拟器放电环中央。将计算机主机箱的金属盖板盖上，使得计算机内的各种板卡有一般的屏蔽保护，鼠标通过 RS232 串口线连接在主机的多功能板卡上鼠标线。逐渐增加放电电压幅度，找出不同的磁场波形使得计算机死机的阈值见表 2。

表 2 不同宽度的脉冲磁场使计算机死机的峰值阈值

Table 2 Threshold ( peak value ) of pulsed magnetic field with different duration times that cause the computer dead

waveform number	peak value threshold of pulsed magnetic field /mT	$t_r/\mu s$	$t_d/ms$
waveform 9	1.2	1.2	2.0
waveform 10	1.3	1.2	1.6
waveform 11	1.1	1.2	1.2
waveform 12	1.1	1.2	0.8
waveform 13	1.2	1.2	0.4

## 4 结 论

从以上试验结果，可以得出以下结论：

1. 脉冲磁场可以对微电子设备产生较强的干扰。当持续时间相同时，上升时间短的磁场脉冲对微电子设备的干扰能力强。当上升时间相同，持续时间变化时，磁场脉冲对微电子设备的干扰阈值变化不大。即脉冲磁场对微电子设备的干扰主要由干扰信号的功率( 时间变化率 )决定，而与脉冲的总能量( 脉冲宽度 )关系不大。
2. 微电子设备外接的各种电缆是脉冲磁场对设备形成干扰的主要耦合途径。
3. 微电子设备经过加装简单的金属外壳屏蔽，其抗脉冲磁场的干扰能力会有一定的提高。

致谢 研究生徐其威、李正东、杨杰、任合明、张立群、谭坚文等参加了部分实验工作，在此表示感谢。

## 参考文献：

[ 1 ] 高成, 陈子铭, 马运普. 微机及微机测控系统抗电磁脉冲阈值的研究 [ J ]. 工程兵工程学院学报, 1996, 11( 2 ) : 24—28. ( Gao C, Chen Z M, Ma Y P. Experiment of measure and control system resistant to interference. *Journal of Nanjing Engineering Institute*, 1996, 11( 2 ) : 24—28 )

[ 2 ] 潘峰, 余同彬, 李炎新. 电磁脉冲对微机接口电路的耦合试验研究 [ J ]. 安全与电磁兼容, 2001 ( 3 ) : 12—16. ( Pan F, Yu T B, Li Y X. The study of coupling experiment about interface of microcomputer under electromagnetic pulse. *Safety and EMC*, 2001 ( 3 ) : 12—16 )

[ 3 ] 李平, 刘国治, 黄文华, 等. 半导体器件 HPM 损伤脉宽效应机理分析 [ J ]. 强激光与粒子束, 2001, 13( 3 ) : 353—356. ( Li P, Liu G Z, Huang W H. The mechanism of HPM pulse-duration damage effect on semiconductor component. *High Power Laser and Particle Beams*, 2001, 13( 3 ) : 353—356 )

[ 4 ] 侯民胜, 刘尚合, 王书平. 单片机系统在核电脉冲辐照下的效应研究 [ J ]. 强激光与粒子束, 2001, 13( 5 ) : 623—626. ( Hou M S, Liu S H, Wang S P. Study on irradiation effects of nucleus electromagnetic pulse on single chip computer system. *High Power Laser and Particle Beams*, 2001, 13( 5 ) : 623—626 )

[ 5 ] IEC 61000-4-9, Electromagnetic compatibility-testing and measurement techniques - pulse magnetic field immunity test [ S ]. 1993.

## Effects of pulsed magnetic field on personal computers

GAO Cheng , ZHOU Bi-hua , SHI Li-hua , CHEN Bin , LI Yanxin

( *Engineering Institute of Engineering Corps ,PLA UST ,Nanjing 210007 ,China* )

**Abstract :** A pulsed magnetic field simulation system was developed to study the effect of micro-electronic system under strong magnetic pulses. In the experiment ,personal computers were put into the electromagnetic environment of the simulator. Coupling paths ,interference threshold ,the relation of the threshold with rising time and duration time of the field were studied by changing the peak value ,duration time and rising time of the simulated pulsed magnetic field. Results show that the connecting cables are the main paths that introduce interference ,simple shielding can reduce the interference at some extent ,and the interference is more potential to affect the micro-electronic system if its time derivative is larger.

**Key words :** Pulsed magnetic field ; Micro-electronic device ; Effect ; interference threshold