

第 八 届 全国电源技术年会 论 文 集

(上册)

中 国 电 源 学 会

一 九 八 八 · 温 州

《全国电源技术年会论文集》编辑委员会

顾问	孟昭英				
主任委员	何金茂				
付主任委员	倪本来				
委员	丁道宏	马传添	王志城	李允武	
	李朔生	李厚福	李颖达	兆纯孚	
	郑秋白	季幼章	胡守约	蔡宣三	

《全国电源技术年会论文集》编辑部

总编辑	倪本来			
付总编辑	王志城			
编辑	李占师	李振江	孙胜利	
	于百江	阮保申	张祖刚	

前 言

中国电源学会第八届年会于一九八八年十一月在温州召开，本届年会共收到论文170余篇，年会论文集分上下两册出版，经学术委员会审定，全文刊载的论文76篇，其余69篇论文作摘要刊载。我们认为，这些全文刊载的论文反映了本届年会较为关注的课题；那些摘要刊载的论文，有很多是质量很好的文章，限于篇幅而割爱，当然它仍不失为一个窗口和线索，为欲深入探讨的读者提供某种帮助。

本文集从交稿到发行只有五个月的时间，尽管编辑部和编委会的同志做了相当的努力，缺欠也在所难免，诚望各界指点。

浙江省温州市精密电子仪器厂为本届年会的召开做了大量的筹备工作，给予很大的支持，国家海洋局海洋技术研究所对年会论文集的出版提供各种方便，在此特致谢意。

《全国电源技术年会论文集》编辑委员会

一九八八年十月

目 录

论 文 部 分

1	电源变压器用铁基非晶软磁材料·····	韩永柱 张伍信 史长利	(1)
2	C。基非晶态开关变压器的应用和研究·····	尤传宏	(8)
3	大容量门极可关断晶闸管的使用问题·····	吕征宇 陈友法	(17)
4	功率肖特基二极管的性能和应用·····	杨碧梧	(24)
5	高能氧化锌非线性电阻老化特性研究·····	季幼章 张树高	(31)
6	制造高能ZnO非线性电阻新工艺的研究·····	季幼章 汪良斌	(37)
7	我国交流稳压电源应优先发展的机型·····	张乃国	(42)
8	1.2V精密基准SW5010原理分析及应用·····	陈 佩	(46)
9	PWM开关调压系统的分析研究(综述)·····	蔡宣三	(52)
10	开关型电压调节系统数字仿真的一种新算法·····	邢 岩 蔡宣三	(61)
11	开关型功率变换器电路拓扑结构的新进展·····	龚绍文	(70)
12	一种新的开关直流变换器造型法·····	程仁杰 胡志宏	(83)
13	开关电路中的对偶原理、对偶方法及应用·····	李 纯	(92)
14	脉冲调制型网频交流开关变换器的模型·····	张兴柱 黄是鹏	(101)
15	IEEE PESC—87论文部分综合简述·····	庄蓄田	(109)
16	非晶态铁芯的开关电源·····	袁伯成	(116)
17	15KV6kW 调频式开关电源·····	罗忠省	(122)
18	250kHz谐振自激直流变换器·····	陈国平	(128)
19	程控PWM型直流高压开关电源·····	杨锁柱	(133)
20	单相静止变流器用于三相陀螺的裂相电路·····	林 峰	(140)
21	小型化百瓦百千伏直流电源·····	张 军	(143)
22	IPC—130电源系统(IBM—PC/AT·PC/XT兼容)分析·····	刘守智	(148)
23	电力晶体管开关的驱动电路·····	潘清波	(156)
24	5V60AFWM型半桥式开关电源·····	黄 灿	(161)
25	消除PWM型变换器尖峰干扰的一种新型补偿吸收 电路·····	周维维 侯振程 李再华	(170)
26	单相交流稳压电源瞬态过程的微机测试装置·····	李 政 王小海 黄海龙	(179)
27	并联式精密可调基准源集成电路及其应用·····	叶润涛 陈景银 任天任 杨承丰	(182)
28	KBCV—1可编程电压源与KBCI—1可编程 电流源·····	朱伯良 罗涵秋 楼桥信 赵东红	(190)
29	正负对称电源的一种设计方法·····	崔远幸	(194)
30	精密电源的程控过流保护·····	詹宏英 闵 浩 何新建	(198)
31	开关电源用辅助电源的分析与设计·····	顾梅华	(201)

32	矢量补偿型交流稳压电源	倪本来 刘铁城	(209)
33	电力—发电机(M—G)技术的新突破—介绍一种旋转型UPS	黄汉生	(213)
34	变速恒频电源的调压反馈	丁道宏 雷廷万	(216)
35	大功率交流稳压器的探讨	徐正华	(221)
36	QF1743型3 KVA数控交流稳压器试制方案	徐 城	(230)
37	电子交流稳压器的一种改进方案	黄济青	(235)
38	一种新颖的晶闸管不间断电源	廖英杰 巢石华	(241)
39	高性能晶体管小功率不停电电源	关士杰 侯守琴 金炽家 黄叔莹 高原	(246)
40	直流不间断电源	褚云龙	(251)
41	一种进口UPS系统的剖析	倪建农	(255)
42	航空三相静止变流器	赵修科 沈冬珍	(259)
43	TL431集成电路在直流稳压电源中的应用	金 光	(265)
44	WL4型稳流电源设计	陆其民 吴伯荣	(274)
45	调宽不等幅度逆变电路的分析与设计	许雪生	(284)
46	谐波分量的实用工程计算方法	卢尊甫	(292)
47	混合集成稳压器 μ A78H	何纪鑫 徐家权 李文杨	(299)
48	开关电源集成控制器件TDA1080的电路分析	陆 鸣	(305)
49	可控硅高稳定性稳流电源	王作栋 高鸿光 肖保路 郭占东	(313)
50	一种特殊的电源	王恕德	(322)
51	一种新颖的高功率聚光Si太阳电池	方建华 马鹤亭	(326)
52	50A离子激光器稳流电源	赵书印	(331)
53	快速充电与蓄电池的使用寿命	赵功伟	(336)
54	DZ系列高效能电子镇流器	遇建鹏	(339)
55	功率半导体器件热阻 $R_{th}(jc)$ 的计算方法和几种新型散热方式	叶治政 叶靖国	(343)
56	航天运载火箭电源的可靠性设计	鲁 虔 金步平 刘 鸣	(351)
57	电源用功率晶体管的快速筛选	竺树声 夏金得 韦 峻	(359)
58	电源故障的监测和保护(MC3424集成电路的分析和应用)	郑福元	(364)
59	500—1000W 大功率晶体管二次击穿测试分析	万积庆	(371)
60	磁性直流稳压电源的新发展	胡守约	(376)
61	5 V40A 双管单端开关电源	丁庆仁 田得露	(383)
62	用于低频发送机的大功率高频场效应管逆变器	方资端 陈德裕 李泽元	(389)
63	新型波形迭加与脉宽调制逆变器及滤波方法	刘载文 巩素芳	(395)
64	三相电动机及二相电动机用的方波电源	杨毓梅	(403)
65	毕逊整流器	郑喜乐	(409)
66	半导体恒流源概述	蒋阜康 竺树声	(413)
67	散热印制板在机载电源设备上的应用	崔学民	(418)
68	开关型多路稳压电源	张正兰	(423)
69	ACS68000电源系统分析	安鸿昆	(426)
70	氦离子激光电源的研制	庄福祿	(434)

71	小型异步电机变频调速电源	江 涛	(440)
72	电源调节器的新概念—净化电源分析	张汝海 张侠华 林秀英	(448)
73	500W 不间断供电电源	郭明森	(456)
74	发展太阳能发电站的一些问题	徐泽玮	(459)
75	功率MOSFET的应用—200kHz 降压开关电源	徐顺尤	(468)
76	空间电源中的直流升压调节器	钱虞喜 王桐生	(471)

摘 要 部 分

1	一台2.4kW 的大功率开关电源	张忠相	(474)
2	脉冲电镀电源及主要解决技术关键问题	葛建功	(474)
3	浅论高电压大功率连续可调的直流稳压稳流电源的电路设计	吕德宽	(474)
4	单片机控制的不停电电源	周子钧 卜建军 沈 眺	(475)
5	5V/6A 高效低功耗特殊电源	杨武书	(475)
6	解决开关稳压电源稳定性的一种新途径		(476)
7	浅谈开关电源的设计思想	杜 彦	(476)
8	变压器抽头式交流稳压电源提高可靠性的措施	师守杰 廖伍鸣	(478)
9	无触点自耦调压方式的设想	曲继圣 范勇征	(478)
10	微机程序控制大功率发射机电源	申玉兰 赵志明	(479)
11	Cuk 型开关电源用的非晶态电感铁芯研究报告	姚 中 吴勋之 姜进才	(480)
12	列车闭路电视彩电用逆变器电源	江惠康	(480)
13	一种最佳箭上计算机电源	赵秀兰	(481)
14	具有短路自动保护功能的小型化高压电源	金桂华	(481)
15	可控硅直流高压电源	严国彬	(482)
16	抑制电源干扰技术在工业微机控制中的应用	武知武 戴作东	(483)
17	恒压变压器校正交设计法	潘荣鑫 包满珪	(484)
18	高性能、高技术的RC型变压器	潘荣鑫 包满珪	(485)
19	大功率晶体管开关辅助电路	潘清波	(486)
20	LSI控制的5V50A 开关电源	时荣华	(486)
21	采用国际标准制订电源产品标准的意见	林周布	(488)
22	用于离子注入机的高压开关电源	于万生	(488)
23	微机控制5A 恒流源	陶建承	(489)
24	采用VMOS器件和开关电源集成控制器的1千瓦开关电源	甘克启	(490)
25	开关电源RC 吸收网络优化设计	陈道炼 庄心复	(490)
26	微控电源及其抗干扰措施的讨论	宁敬烈	(491)
27	高稳定度直流稳压电源的简易设计	刘 征 甘玉芳 杨庆德	(492)
28	调频叠加式高压电源	孙文涛	(493)
29	大功率音频电源的保护	马积勋	(494)
30	大容量门极可关断晶闸管(GTO)应用技术问题的研究	钱金荣	(495)

31	差动电源变换器的应用	张文学	(496)
32	双闭环直流稳定电源变压器损耗的讨论	吴景华 刘振升 孙明	(497)
33	受控有源电阻的原理及应用	倪诗镖 刘振升 吴景华	(497)
34	尖峰干扰的探讨	康守祯 董良 万桂敏 潘曙光	(493)
35	高性能脉冲调宽型稳压电源	乐敬明	(499)
36	一种特殊的电源	王恕德	(500)
37	HIC高性能新型DC/DC变换器	毛北钧 童尧萍 王东旗	(501)
38	高性能DC—DC开关稳压电源	李文	(502)
39	电力电子电路通用仿真方法的研究和通用仿真软件的开发	程肇基 徐德洪	(502)
40	单片微机控制交流稳压电源	韩有根	(503)
41	一个平均功率10千瓦的前向波管用固态调制器	李国楦	(504)
42	采用国产集成开关电源控制器SW3524设计的微型计算机专用电源	陆鸣	(504)
43	输出220V、300W变换器型直流开关稳压电源	庞祖楦	(505)
44	单片机控制的UPS电源	周子钧 卜建华 沈眺	(506)
45	一种用于20KHz以上的低损耗新型铁基非晶铁芯	张家骥	(506)
46	RC取样电路的数理分析	熊长娥	(507)
47	DC—AC变换器为微型计算机控制	郭胜利	(507)
48	开关谐振技术的发展	程仁杰 钟洪声	(508)
49	通用高精度高压稳压电源	刘富霞	(509)
50	畸变功率的测量	许祖安	(509)
51	提高电源装置运算的可靠性	张丕林 何蕴香	(510)
52	消除开关变换器铁芯饱和的方法——非对称磁路的应用	陈永真 王艳秋	(510)
53	SL—36集成开关电源控制器的应用	陆伟忠	(511)
54	可控硅稳压电源	李元彪 唐抗胜	(512)
55	在弯管技术中应用半导体变频电源的前景和选择	诸葛琨 朱伯年	(512)
56	晶体管开关电源的低损耗吸收电路	陈永真	(513)
57	用CW3524快速驱动功率场效应管	陈永真 王艳秋	(514)
58	高功率放大器及高压电源的智能控制	沈锡越	(514)
59	整流电源的电磁兼容性问题及其设计规则	王翰林	(515)
60	交流稳压变压器的设计与调试	沈永真 徐士佐	(516)
61	开关电源的零纹波探讨	宁合兴	(516)
62	肖特基大功率二极管	李国根	(517)
63	大系统通讯电力的全面自动化	郑舜煌	(517)
64	5V/6A高效低功耗特殊电源	杨武书	(517)
65	直流不间断电源	诸云龙	(519)
66	稳压变压器输出波形校正用滤波电感器的设计	杜以田	(519)
67	浅论高电压大功率直流恒压恒流连续可调电源的设计	吕德宽	(520)
68	IBG型高频磁放大器式开关电源	徐泽玮	(388)
69	WL4型稳压电源	吴伯荣 陆其民	(370)

电源变压器用铁基非晶软磁材料

韩永柱 张伍信 史长利

(首都钢铁公司冶金研究所)

摘 要

本文总结了作者近年来在铁基非晶软磁材料方面的研究和应用情况。文中讲到的材料已投入使用,通过鉴定,有的属于正在研究开发阶段。文中对铁基非晶材料和某些晶态软磁材料进行了性能比较。

一、引 言

自六十年代末,七十年代初非晶态材料问世以来,在二十年的时间里,取得了突飞猛进的发展。非晶态软磁材料与传统的晶态软磁材料相比,具有多方面的优点。其中最主要的是其低铁损的特性,因而这种材料在电子工业和电力工业中都得到较为广泛的应用。如果说七十年代是非晶态材料的研究和开发阶段的话,那么八十年代则是非晶态材料迅速投入使用的阶段。这种情况在我国更是如此。由于非晶态软磁材料种类较多、应用范围较广,故本文不准备对此进行全面评述,而仅对本人近年来研究的几种铁基非晶材料的性能及应用情况做一介绍。

二、偏差电桥电源变压器用非晶材料

此处讲到的偏差电桥是用于电子元器件测试的一种仪器,其型号为CD—22A。图1是电桥电路的试验连接图。所研制的非晶材料用于电桥电路中的变压器铁芯。在这以前,该电桥

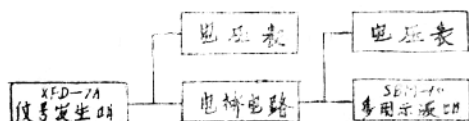


图1. 电桥电路的试验连接图

的变压器铁芯使用1J50cd铁芯。1J50cd是比普通1J50的性能优越的一种晶态坡莫合金,它具有高Bs和较高磁导率的特性。但其加工工序复杂,薄带成材率较低。而所研制的这种铁基非晶,制备工序简单,从

母材冶炼到出环状铁芯,仅3~4道工序。而且由于该材料的合金成份为Fe-B-Si,而1J50cd则含50%的Ni,故原材料成本较低廉。这是该非晶材料与1J50cd相比在工艺和成本方面的优越性。在磁性能方面,经过对合金成份和热处理工艺的研究,最后得到的性能与1J50cd相比较结果列于表1中。由表1的结果可以看到,铁基非晶的直流性能和损耗都优于1J50cd,而且其电阻率要比1J50cd高两倍。

表 1. Fe-B-Si非晶材料与1J50cd性能比较

材 料	物 理 性 能							
	μ 0.01 (G/Oe)	μ m (G/Oe)	H _c (Oe)	B _s (T)	P _{10/400} (W/Kg)	T _x (°C)	T _c (°C)	电 阻 率 ($\mu\Omega\text{-cm}$)
Fe—B—Si非晶	10000	230000	0.032	1.58	1.73	528	420	153
“	12000	268000	0.028	1.58	1.75	528	420	153
1J50cd标准	≥ 6500	≥ 45000	≤ 0.15	1.45 ~1.5	≤ 2.5	—	500	45
1J50cd铁芯性能	8000	130000	0.06	1.5	2.0	—	500	45

用这种非晶铁芯，进行了频率响应测试，并在CD-22A型偏差电桥上进行了应用，表 2 是该非晶铁芯的频响测试数据。由表 2 的数据中可以看出，这种非晶材料的频响特性很好。

表 2. Fe-B-Si非晶铁芯的频响测试数据

样 品 号	输入电压	输 出 电 压 (V)							
		20Hz	1K	10K	20K	50K	100K	150K	200K
F23D—1	1.5V	1.35	1.35	1.347	1.35	1.353	1.35	1.345	1.35
F33D—1	1.5V	1.35	1.35	1.352	1.35	1.345	1.355	1.350	1.35

在20Hz~200KHz频率范围内起伏很小(小于0.5dB)。把这种非晶铁芯装机后，通过各项例行试验，使用情况良好。

三、航空变压器用非晶铁芯

(1) 使用条件对材料的要求

图 2 是变压器的实用线路图。当初级输入13伏电压后，次级可通过不同的绕组抽头得到不同的输出电压值，其波形都是方波。在这种条件下，输入电压与工作条件及铁芯的性能参数应满足下式关系。

$$E = 4 f B S N \times 10^{-8} (V) \quad (1)$$

式中，E为输入电压，f为工作频率(Hz)，B为铁芯的工作磁感(Gs)，N为变压器的初级匝数，S为铁芯截面积(cm^2)。在这种使用条件中，E、f、S都已确定，仅B、N是变量。由于对航天器件的要求之一是重量要轻，因此N应尽可能少，故应使铁芯工作在较高的磁感值，从而要求铁芯本身的饱和磁感值应尽可能高。这是实际应用对铁芯材料的要求之一。另外，实际使用中，希望铁芯的空载电流I。的数值要低。而I。的数值由下

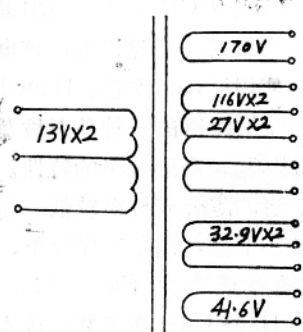


图2. 实用线路图

$$\text{式决定, 即 } I_0 = \sqrt{\left(\frac{P_c}{U}\right)^2 + \left(\frac{B}{N\mu}\right)^2} \quad (2)$$

式中, Pc为铁芯的损耗(W), U=E, μ 为磁料的交流磁导率。由(2)式可见, 降低铁芯的损耗, 提高铁芯的磁导率, 对于降低I₀值是非常有利的。这是实际应用对铁芯材料的要求之二。

经过对材料的合金成份及热处理工艺的试验, 研究出具有高饱和磁感、高磁导率和低损耗的铁基非晶材料。表3是这种高Bs低损耗非晶材料的一些性能参数。表4是这种高Bs低

表3. 高Bs低损耗非晶的性能

性能 样品号	μm (G/Oe)	Hc (Oe)	B50 (T)	P10/1K (W/kg)	I ₀ (mA)
BS-1	369000	0.029	1.56	5.47	29
BS-2	327000	0.023	1.56	4.84	26

•. I₀是在电压为14V、N=34、f=800的条件下测试的
损耗非晶软磁铁芯制成变压器后, 与硅钢及坡莫合金的对比情况。表4说明, 采用这种高BS

表4. 三种材料的应用比较

铁芯材料	硅钢	1J34B	铁基非晶
铁芯规格	CD10×32×0.05	φ25/40×20×0.05	φ25/40×20×0.04
铁芯重量(克)	98	104	75
变压器重量(克)	260	270	230
变压器尺寸(cm³)	124	103	100
空载电流(mA)	138	25	40

低损耗非晶后, 与坡莫合金1J34B相比, 虽然I₀稍高, 但却使变压器重量减轻15%, 与硅钢相比, 变压器体积减小20%, 重量减轻12%, 空载电流降低约70%。这些结果说明高Bs低损耗非晶材料具有较明显的技术效益。

四、3KVA、400Hz电源变压器用矩形非晶铁芯

目前400Hz电源变压器中的铁芯材料大部分用的是硅钢。由于铁基非晶的铁损比硅钢低得多, 特别是当功率较大(3~5KW)时, 因受到铁损的约束, 硅钢的工作磁感值仅能用在0.8T以下, 而高磁感非晶的工作磁感可用到1.2T, 因而使用高Bs值非晶代替硅钢制作变压器铁芯, 就具有很大的优越性。在研制这种较大功率的矩形非晶铁芯过程中, 进行了下面的一些工作:

(1) 在400Hz频率范围内铁芯损耗的分析

要想得到低损耗的铁芯材料, 搞清铁芯损耗的来源是十分重要的。我们分别在0.5、1.0、1.2T下测出铁芯的100~400Hz下的损耗, 然后根据p/f~f(每周损耗~频率)曲线对损耗进行分离。计算结果表明, 在100~400Hz频率范围内, 铁芯总损耗中的50~80%是磁滞损耗

耗。因此，要想降低铁芯总损耗，则应将磁滞损耗尽可能降低。

(2)降低磁滞损耗的途径

在非晶材料中，影响磁滞损耗的因素包括①晶化析出物的数量②残余应力的大小③非晶薄带的表面粗糙度和缺陷④制带过程中混入的夹杂。对于前两个因素，是材料热处理中应注意的问题，后两个因素则是制带技术中的问题。除此之外，从技术磁化的角度考虑，要想得到较小的磁滞损耗，还应选择适当的合金成份和热处理工艺。通过这种选择使铁芯造成较好的易磁化效果。这种易磁化效果，不仅影响铁芯的损耗，还对变压器的激磁功率有重要的影响。通过我们的一系列试验，找到了较好的合金成份和铁芯热处理方法，从而得到较为理想的铁芯性能。表5 是得到的部份铁芯的性能数据。

表5. 两种形状铁芯的性能

样品形状	样 品 号	P12/400 (W/kg)	Pe12/400 (VA/kg)	μm (G/Oe)	Hc (Oe)
环 形	H—3	2.73	3.00	222000	0.050
	H--6	1.80	2.89	227000	0.040
	H— 8	2.21	2.53	151000	0.060
矩 形	J—2	2.15	2.50	500000	0.023
	J—4	2.83	4.37	150000	0.051
	J—7	2.48	3.36	224000	0.035
	J—8	1.18	3.69	149000	0.043

(3)应用情况

实际使用的铁芯形状为矩形,其尺寸为170×105×50(mm),窗口面积为100×35(mm²),铁芯重量约为3.2kg。变压器输入电压215V, 电流14.15A, 输出电压222V, 电流13.5A, 效率达98.5%。表6 是制得的非晶变压器和硅钢 (DG4 —0.2) 变压器的主要性能比较 (硅钢变压器数据为典型计算值)。

由表6 中可以看出，在同样的工作条件下，用非晶材料作铁芯制成的变压器与硅钢变

表6. 两种变压器的比较

参 数 类 别	工作 磁感 (T)	输出 功率 (W)	铁芯 重量 (kg)	激磁 功率 (VA)	铁损 (W)	铜重 (kg)	铜损 (W)	铁芯 温升 (°C)	线圈 温升 (°C)	体积 (cm ³)
非晶变压器	1.2	3000	3.2	14.1	12.1	2.75	35	24	30	2520
硅钢变压器	0.744	3000	6.38	125	40.5	3.10	37.5	50	48	3018
非 晶 硅 钢	1.61	1	0.50	0.113	0.30	0.81	0.93	0.48	0.62	0.83

器相比，铁芯重量减轻50%，总重量减轻37%，铁芯损耗降低70%，铁芯温升减小52%，激磁功率减小了88.7%，而且铜损也降低了7 %。这些结果充分说明所研究的这种非晶是同类电源变压器的理想材料。

五、具有高Bs、高矩形比、高磁导率的铁基非晶材料

具有高饱和磁感 (B_s)，高矩形比、高磁导率特性的软磁合金是目前应用广泛的一种材料。这种材料可用于航空变压器、磁放大器、变换器、等电子器件中。目前，我国这样的晶态软磁合金有1J51、1J34、1J40等牌号。这几种材料，虽然各具优点，但原材料中含有较多的镍、钴等贵金属，而且晶态坡莫合金的生产周期长，工序繁多，造成产品价格较高，材料的成材率较低等问题。而我们研究出的具有上述三高特性的非晶软磁材料，在性能上达到或优于上面三种晶态软磁的水平，同时还具有生产工序简单，价格较低的特点。

所研究的这种具有三高特性的非晶软磁材料的合金成份是在Fe-B-Si中加入很少量的Ni。表7是这种材料的某些物理性能。表8是这种材料与国内外同类晶态材料的直流性能比

表7. 具有三高特性非晶软磁的某些物理性能

$T_x (^{\circ}\text{C})$	$T_c (^{\circ}\text{C})$	$\lambda_s (\times 10^{-6})$	$\sigma_s (\text{emu/g})$	ρ
480	460	36	161	125

较。由表8的比较中可看出，本非晶材料与1J51类型的合金相比，具有相同的矩形比和 B_s 值，而 μ_m 和 H_c 的数值却好得多。与1J34合金相比，也相当于其一般性能的水平。在铁芯损耗的性能对比中，我们参考了西德VAC公司较典型的一种高矩形比高 B_s 坡莫合金Permonorm 5000Z的指标。图3是在400Hz、1K、2K、4K、10KHz频率下损耗的比较结果。由该

表8. 具有三高特性的非晶材料与同类晶态材料的直流性能比较

牌 号	$\mu_m (\text{G/Oe})$	$B_s (\text{T})$	$H_c (\text{Oe})$	Br/B_s	说 明
Deltamax (美)	220000	1.51	0.061	0.98	实验室水平
1J51 (中)	36~38万	1.54	0.035	0.99	实验室水平
本 非 晶	366000	1.58	0.030	0.99	实验室水平
“	920000	1.55	0.020	0.95	实验室水平
Permenorm 5000Z (西德)	50000	1.55	0.15	0.97	生产水平
RNE (日)	90000	1.55	0.12	0.97	生产水平
1J34 (中)	20~30万	1.57	0.058	0.97	生产水平
1J51 (中)	90000	1.53	0.11	0.96	生产水平
本 非 晶	23~50万	1.54	0.04	0.96	生产水平
本 非 晶	160000	1.55	0.08	0.99	生产水平

图可以看出，在 400Hz~10KHz 的频率范围内，这种非晶材料的损耗均低于 Permonorm 5000Z。

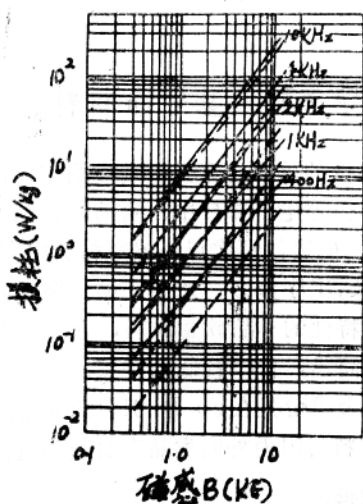


图3.具有三高特性的非晶软磁与
Permenorm5000Z损耗性能的比较
---- 非晶材料
——Permenorm5000Z

这种非晶材料可用于双极性脉冲变压器铁芯。测试结果表明，在 ΔB 值相近，脉宽相同的条件下，本材料的脉冲磁导率明显高于硅钢和1J51。表9是测试比较结果。

表9. 本非晶材料与晶态材料脉冲性能比较

牌 号	ΔB (Gs)	脉宽(μs)	脉冲导磁率 (G/Oe)
硅 钢	22800	3	3240
1J51	20300	3	5900
本 非 晶	20000	3	7000
本 非 晶	15000	3	9000

这种具有三高特性的非晶材料还在双向电源（交直流互换）变压器中进行了应用。变压器的工作参数为：输入电压11伏，频率50Hz，输出电压 0.9V，输出波形为方波。应用结果表明，与1J51相比，本非晶材料的空载电流仅相当于五分之一，表现出很大的优越性。

六、适用于中、高频使用的铁基非晶材料

在机械工业的某些热处理设备中，有的需用一种中频变压器，其工频率范围大约为1KHz ~ 8 KHz。由于有的热处理设备要求变压器绕着被处理工件转动（如汽车曲轴），因此希望在保证变压器功率的前提下，尽可能使变压器做到体积小，重量轻。这种中频变压器使用的铁芯材料通常是硅钢或铁氧体。而在这段频率范围（1K ~ 8 KHz），铁基非晶表现出突出的优越性。图4是我们最近研制出的可用于中频范围内的铁基非晶损耗曲线（图中实线），其频率分别为2.5K、5K和8KHz。图4中的虚线是西德VAC公司0.05mm原硅钢在5KHz下的损耗曲线。由图中结果可看出，非晶材料在8 KHz下损耗比0.05mm原硅钢5 KHz下的损耗还低。表10是三个环状小铁芯的性能测试结果。

随着电源技术的发展，电子器件的工作频率不断提高，目前已由过去的20KHz 提高到50K、100KHz甚至更高。在此频率范围内，铁基非晶的性能也可较好地满足使用要求。在

图5中，把我们研制的高频用铁基非晶与铁氧体进行了损耗比较。可以看出，铁基非晶的性能优于铁氧体材料。

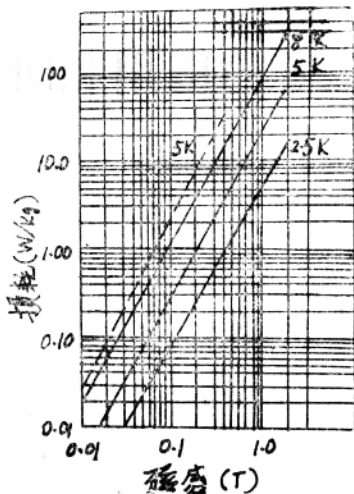


图4.中频用铁基非晶与0.05 mm厚硅钢的损耗比较

——非晶材料
-----0.05 mm 硅钢(5kHz)

表10. 中频用铁基非晶的损耗数据W/kg

样品号	P8/2.5K	(P10/2.5K)	P8/5K	P10/5K	P5/8K	P8/8K	P10/8K
F851—2	3.21	4.57	8.41	12.1	5.96	15.3	24.3
F851—3	13.1	16.0	31.5	44.0	29.2	60.0	88.7
F8634—18	6.81	9.37	14.2	22.2	13.1	28	39.3

七、结 束 语

由于铁基非晶材料与硅钢、铁氧体相比，具有损耗等方面的优点，与坡莫合金、钴基非晶相比，具有价格方面的优势，因此其应用范围正在不断扩大。应用频率可由几十周到几十千周乃至上百千周。我们相信，在材料研究单位和使用部门的密切协作下，今后铁基非晶在电源变压器中应用会越来越广泛。

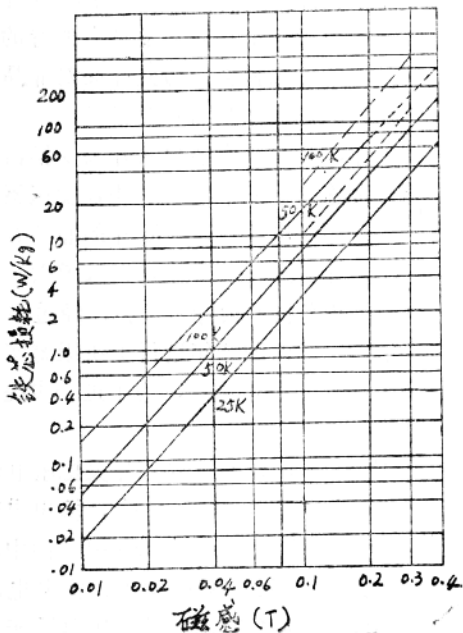


图5.高频用铁基非晶与铁氧体的损耗

——非晶材料
-----铁氧体

Co基非晶态开关变压器的应用和研究

沈 传 宏

(电子工业部一〇一四研究所)

七十年代国内外电子工业迅速发展,无工频变压器开关稳压电源的研制成功为电源的制作开创了新的一页。由于开关稳压电源采用了高频脉冲调制技术和开关变换技术,所以使电源消去了笨重的、令人讨厌的50Hz工频变压器,克服了传统串联稳压电源效率低的致命缺点,实现了电源小型化,提高了电源效率,达到了节能的目的。所以,它已广泛用于电子计算机、电视机、仪表、航空及雷达等电子设备电源之中。

国内,由于功率V—MOS及其他高频元器件的研制成功,给提高开关频率创造了条件。为此,开关电源也获得了迅速发展,开关频率在不断提高。由于工作频率的提高,过去传统的变压器用磁性材料已不再适用。所以,为在雷达电源上应用这一新技术,就需要研制新的铁芯材料,这一工作已迫在眉睫了。

国内外在电源革命的同时,在冶金工业上也进行了一场革命,即非晶态合金材料的开发应用。它由于改变了传统的冶金工艺,不需要传统的冶炼及轧制步骤,而采用了新颖的高频加热熔炼,高速冷却制带的新工艺(以 10^4 °C/s的速度冷却)省去了5~6道工序,节省了4—5倍的能耗,并且制得了磁性能优异的非晶态合金。非晶态合金在高频下具有独特的导磁率高,电阻率高、损耗小的优点,是目前用于高频变压器的理想材料。为此开展对非晶态合金材料的研制和应用研究对雷达电源实现小型化、节能、降低成本具有重要意义。

我们早在1980年就开展了非晶态合金材料探索性的工作,82年为半桥式开关变换器及推挽式开关变换器提出了开关变压器用铁芯材料“Co基非晶态合金材料在开关电源变压器中的开发和应用”的研制课题,82年11月在雷达局参加了冶金部及电子部联合召开的非晶态技术指标论证会,进行了论证。同月与冶金部有关厂所签订了研制协议书。课题列入了六·五规划。在材料研制方的要求下,84年11月在京召开了Co基非晶态技术指标协调会,经过多年双方紧密的合作,85年底研制的材料达到了协议书的技术指标。课题86年进行了所级鉴定。我们制成的Co基非晶态开关变压器成功的用于推挽式及半桥式开关电源中,为了进一步提高非晶态合金材料性能,此项目以列入了国家七·五规划之中。

我们Co基非晶态合金开关变压器用于频率为20KHz功率为240W的推挽式开关稳压电源之中,输入电压幅度为310V(最大值为340V,最低值为250V)输出电压为24V,输出电流为10A,在此线路上进行了非晶态样品的性能及应用试验。同时也应用于×××—1产品中,工作频率为20KHz,功率为180W的半桥式开关稳压电源之中,输入电压为140V,输出电压为27V,输出电流为7A。在以上两种开关稳压电源线路上,Co基非晶态开关变压器性能良

好，能稳定可靠工作。

20KHz推挽型或半桥型开关稳压电源，一般适用于中、大功率的开关电源之中。变压器和变压器的工作原理图见图1和图2。

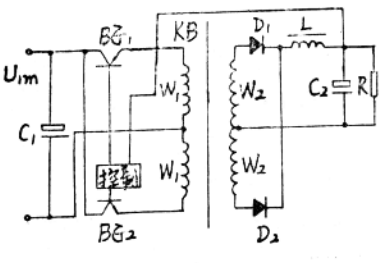


图 1

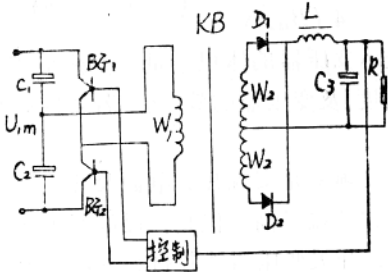


图 2

开关三极管BG₁和BG₂的基极接于控制电路上，它们的导通与截止时间长短受到控制电路的控制，控制电路一方面起到电源的稳压作用，另一方面提供了一个频率为20KHz脉宽可调的正负脉冲电压，分别轮流加在BG₁和BG₂的基极上，使二个开关管轮流导通，使电源电压U_{im}交替加在变压器初级绕组上，使变压器次级绕组二个部分轮流导通，不断向负载供电。开关变压器KB初级绕组W₁由于加上了一个频率为20KHz的脉冲方波所以变压器磁心中磁通变化如图3磁滞回线所示，磁感应强度（磁通）工作在磁化曲线四个象限之中。变压器中初级电流i₁、初级电压u₁、磁通φ变化情况见图4所示。

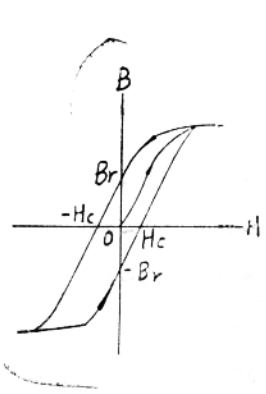


图 3

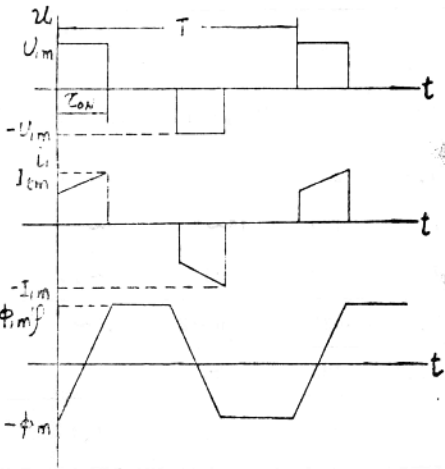


图 4

变压器的磁通在一个周期中实际变化了2φ_m，根据楞次定律

$$e_1 = -W_1 \frac{d\phi}{dt}$$

由上式可推出变压器初级绕组W₁为

$$W_1 = \frac{100 U_{1m} \tau_{ON}}{2 B_m S_c}$$

上式中 τ_{ON} 单位为 μs 、 B_m 单位为Gs、 S_c 单位为 cm^2

从上式可看出，当变压器工作频率和尺寸确定后，要增大输出功率，减小 W_1 ，只有增大 B_m 值，提高磁芯材料的 B_m 值。

从变压器电磁参数的基本关系式可推出变压器的电磁参数与结构参数之间的关系式为：

$$S_m S_c = \frac{P_{in} 10^6}{4 f B_m j K_m} \left(1 + \frac{1}{\eta} \right)$$

式中 $S_m S_c$ 表示变压器的体积重量。要减小 $S_m S_c$ 必须提高电源频率 f 、铁芯材料磁通密度 B_m ，导线电流密度 j 及变压器的效率 η 。若要提高变压器效率，就必须降低变压器的铁耗 P_c 及铜耗 P_m 。

提高电源开关频率是实现开关电源及开关变压器小型化的重要途径，所以目前商品开关电源的工作频率在日益提高。但是，提高开关频率要受到高频元器件发展的限制，例如开关管、高频电容器、开关变压器铁芯材料等，根据目前情况实用电源频率已从20KHz提高到50KHz甚至100KHz。

电源频率确定后，对一具体变压器而言，变压器的体积、重量取决于绝缘材料的绝缘等级和磁性材料的磁性能。导线电流密度的选择受绝缘材料的耐热等级所限制。目前常用E级绝缘材料最高工作温度为120℃。因此，要提高开关变压器输出功率的能力，减小体积重量，提高磁性材料的磁性能起着决定性的作用，在高频下必需采用高磁感应强度 B_s 和低损耗 P_c 的材料。其次需要有高的导磁率，来提高变压器功率因素和减小铁心磁化时消耗的功率。

高频开关变压器铁心用磁性材料可采用铁氧体，坡莫合金粉芯、常用坡莫合金、Fe基非晶态、Co基非晶态合金材料，其性能见下表1。

表1

性 能 材 料	B_s	T_c	P_c W/Kg				ρ	价格
	KGs	°C	$P_1/10KHz$	$P_1/20KHz$	$P_1/50KHz$	$P_1/100KHz$	$\mu\Omega-cm$	美元/Kg
Mn—Zn铁氧体	4.5	230	5~10	10~20	40~60	35~50	3	1
坡莫合金粉芯	7	400	15~30	30~80	100~200	150~200	1	5
常用坡莫合金	7.8	460	4—5	10~12	35~50	30~40	58	15
1J85—1	7.5	430	1.6~2	4.5~5	26	12	58	
Metglass3605 S—3Fe基非晶态	15.8	405	25	12	32	20	125	5~8
ViTROVAC6025 —FCo基非晶态	5.5	250	0.5	1.8	10	9	135	18

从上面表格中看到铁氧体虽然价格低些，但是它的磁性能较差。磁感应强度 B_s （20℃）一般小于5000Gs，国外目前 B_s 最高为5100Gs，另外铁损较大， $P_2/20KHz$ 在10~20W/Kg，同时铁氧体温度特性与机械特性差，磁芯最高工作温度不能超过100℃，否则会使磁化电流剧增而烧坏开关管，装配或运输时不当心容易损坏磁芯。所以在要求较高的军品中不易采用。