

# 磁头内置 DFH 控制元件的过载荷可靠性分析和磁头温升实验设计

肖祥慧<sup>1</sup>, 黎福海<sup>1</sup>, 刘建平<sup>1</sup>, 梁来朋<sup>1,2</sup>

1. 湖南大学电气与信息工程学院, 长沙 410082
2. 98756 部队电子教研室, 天津 300131

**摘要** 结合原子力显微镜(AFM)测试方法,从形变的性质和大小角度评估磁头内置动态飞行高度(DFH)控制元件,结果表明,即使在长时间过流的情况下,磁头内置 DFH 控制元件的突起仍属于弹性形变,未发生永久塑性形变;静止空气冷却条件下,磁头内置 DFH 控制元件的结构变形量与能量呈线性关系。采用脉冲式电场的破坏性测试方法,对磁头内置 DFH 控制元件进行过压击穿测试,测试结果表明,实际产品的击穿电压在安全区以外。论证了静止碟面加冷却膏法的可行性,进一步简化了磁头温升的实验过程。

**关键词** 动态飞行高度;磁头;原子力显微镜;温升

**中图分类号** TP211+.5

**文献标识码** A

**文章编号** 1000-7857(2010)21-0030-04

## DFH Control Components Built Head over the Reliability of Load and Head Temperature Experiment Design

XIAO Xianghui<sup>1</sup>, LI Fuhai<sup>1</sup>, LIU Jianping<sup>1</sup>, LIANG Laipeng<sup>1,2</sup>

1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China
2. Electronics Department, 98756 Units, Tianjin 300131, China

**Abstract** Combined with Atomic Force Microscope (AFM) testing methods, from the size and property of the deformation to assess the head of the built-in Dynamic Flight Height (DFH) components. The results show that, even in a long time over-current circumstances, the processes of the built-in DFH components still belong to the nature of elastic deformation, no permanent plastic deformation occurs. In the still air cooling conditions, AFM results show that the relationship of the size of the distortion and energy about the head of the built-in DFH components is linear. Using the Destructive testing methods of pulsed electric field, the voltage breakdown test to the built-in DFH components was carried out, and the tests shows that the breakdown voltage of the actual product is outside the security zone. Meanwhile, the result demonstrates that the method of adding cooled paste to the static disc surface is possible. Thus it would further simplify the experimental process of the head temperature rise.

**Keywords** DFH; head; atomic force microscope; temperature rise

### 0 引言

动态飞行高度(Dynamic Flight Height,DFH)能通过磁头上内置的加热元件直接控制读写磁头的突起,使读写磁头与记录磁盘的间距减少,从而获得更好、更稳定的读写性能<sup>[1]</sup>,但磁头内置 DFH 控制元件的可靠性会对磁头的寿命造成影

响,因此对其可靠性进行分析研究,对于硬盘工作寿命的保证具有重大意义。

现行温升测试数据是通过动态测试仪在飞行中实际测量而得到的,采用的冷却方法会增长实验周期,甚至影响测试结果。

收稿日期:2010-05-17;修回日期:2010-10-09

基金项目:国家自然科学基金项目(60775047)

作者简介:肖祥慧,工程师,研究方向为电子技术及应用及磁头静态飞行特性等,电子信箱:xiaoen3@126.com



本文对磁头内置 DFH 控制元件的过压击穿现象、形变可靠性等进行了测试,并对比分析了静止空气对流冷却、磁碟热传导冷却和高速空气对流冷却 3 种冷却方式的优劣,以寻找一种冷却方法,可以更好地解决动态温升测试中样品损坏带来的周期延长等问题。

### 1 过压击穿测试评估

DFH 调节仪通过加电压方式,使极尖位发热从而突起,因此线路对电压的承受能力是一个重要的参数。当对电压的承受能力偏低的时候,线路容易出现击穿或者烧熔现象,如图 1 所示。

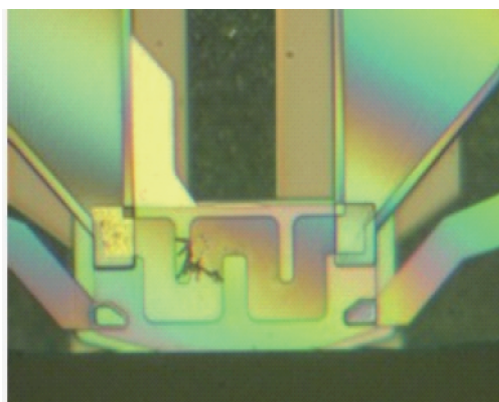


图 1 击穿模式的坏品  
Fig. 1 Breakdown failure sample

从磁头内置 DFH 控制元件的磨削切面可明显看出,线路已经出现击穿现象,电压击穿模式是必须采用的可靠性测试之一<sup>[2]</sup>。采用脉冲式电场测试方法进行电压击穿模式测试,该方法类似于破坏性测试,但其脉冲时间较短,因此测试时间较短,可以较快得到检验结果。只需通过检验测试过程中电阻的变化判断电压是否失效。一旦失效,即将该施加电压定义为失效电压,将至此的脉冲时间之和<sup>[3]</sup>定义为失效时间。具体的实验设定如图 2 所示。

脉冲电压的程序为:① 起始电流为 1mA;② 第二步电流为 4mA;③ 第三步开始,电流每步增加 2mA,最大电流为 100mA。

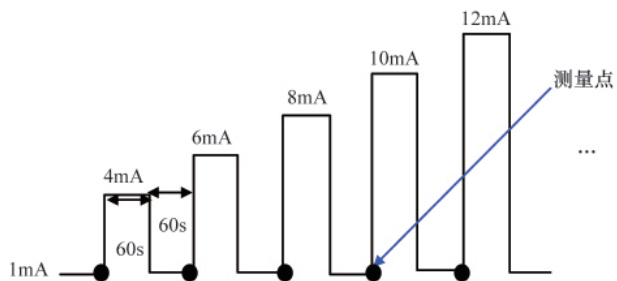


图 2 脉冲式电压过程  
Fig. 2 Pulse voltage scheme

进一步图形处理,可以得到图 3。其中,图 3(a)为电阻与电流的关系图,将其归一化处理后得到图 3(b);图 3(c)为电阻与功率的关系图,将其归一化处理后得到图 3(d)。由图 3 可以看出,当所有样品的电阻变化时,功率超过 200mW,而磁头内置的 DFH 控制元件的工作功率一般低于 60mW,因此,对于击穿电压测试模式而言,磁头内置 DFH 控制元件是可行的。

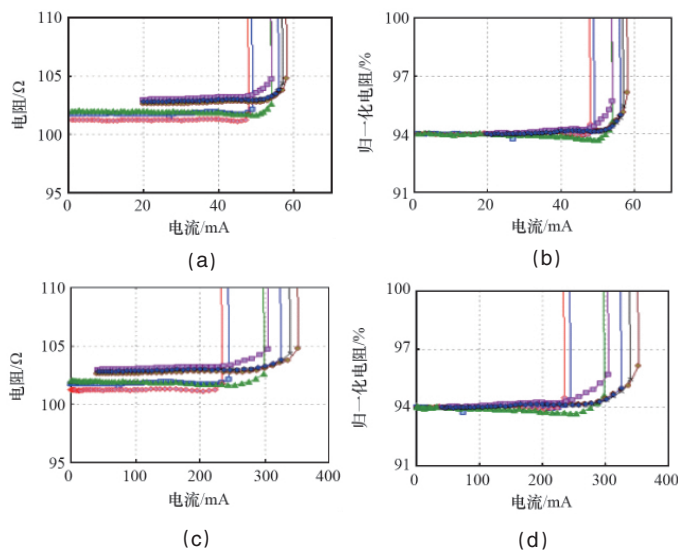


图 3 击穿电压测试结果  
Fig. 3 Breakdown result

### 2 形变可靠性评估

#### 2.1 过流形变性质

磁头内置 DFH 控制元件的新型设计,要求该元件在通电时的突起是弹性形变,即在长时间的通电过程中不会出现塑性形变。

为了验证 DFH 控制元件的过流形变性质,对同一个磁头通以不同的电流,使其功率为 0,增大至 80mW,后减小至 0,以检验结构是否发生大的塑性变形<sup>[4]</sup>。该实验过程是在 AFM 下实时给磁头内置 DFH 控制元件通电进行的,最后得到 AFM 照片如图 4 所示。

图 4 中,绿色箭头处表示磁头写线圈屏蔽层所在位置,黑色箭头处为底层屏蔽层。可以看出,给磁头内置 DFH 控制元件通电流,当电流功率从 80mW 减小到 0 时,极尖的突起正常;且在 80mW 的条件下,连续工作 10min 后(控制元件的正常工作功率为 35mW),变形可以恢复,由此可以证明,该过程属于弹性形变。

#### 2.2 结构变形量与能量的关系

结构变形量与能量应呈线性关系。为了验证该关系,对磁头内置 DFH 控制元件加以不同的电流,用 AFM 检测极尖位置的突起,通常写屏蔽层与第一层屏蔽层处于最靠近极尖的位置,因此在通电情况下,AFM 检测的是写屏蔽层与第一

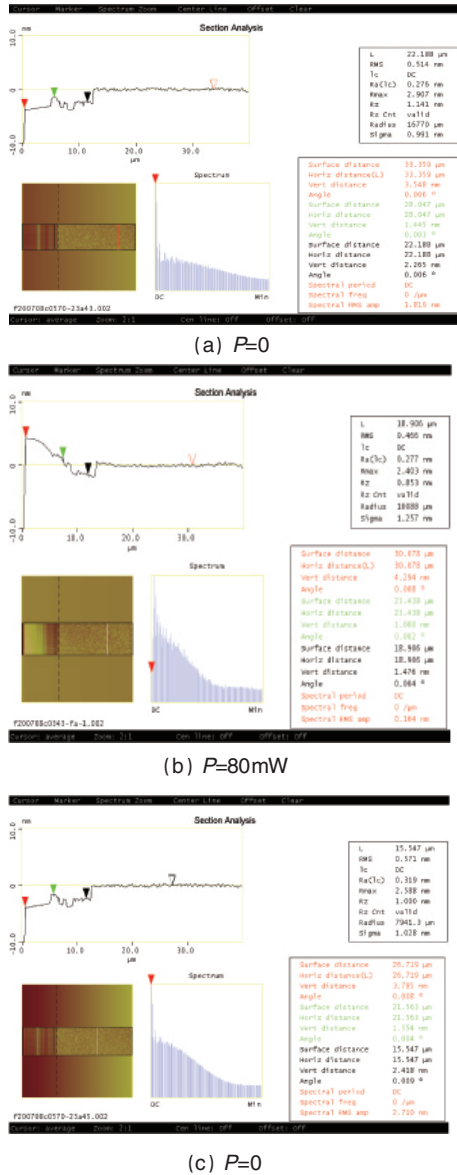


图 4 不同功率时的突起效果  
Fig. 4 Protrusion result vs different power

层屏蔽层,且可以使用 AFM 的平均模式分析屏蔽层的宽度,避免了线扫描带来的位置误差。实验结果如图 5 所示,结构变形量和能量呈线性关系。写线圈屏蔽层处的结构变形量和能量的关系式为  $y=0.2381x-1.6308$ , 底层屏蔽层处的结构变形量和能量的关系式为  $y=0.2631x-1.6711$ 。

### 3 温升的替代方法

所研究的磁头内置 DFH 控制元件具有静止在空气状态、静止在磁碟上和在碟上飞 3 种状态,分别对应静止空气对流冷却、磁碟热传导冷却和高速空气对流冷却 3 种冷却方式。大量实验证明后两种冷却方式效果相差不大,在此只讨论静止冷却和飞行状态冷却 2 种冷却方式的差异。

现行的磁头内置 DFH 控制元件温升测试是通过动态测试仪器(图 6)在飞行中实际测量而进行的。动态飞行高度调

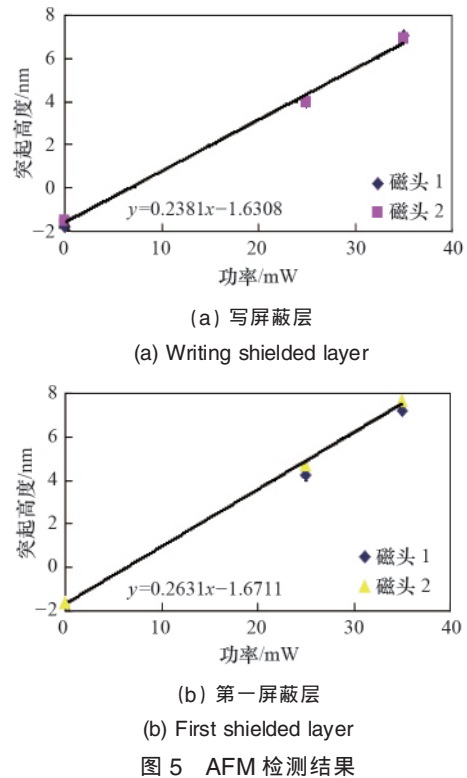


图 5 AFM 检测结果

Fig. 5 Relationship of 6FC38 L type DFH between power and vertical distance between slider and disk

节器采用使极尖突起与碟之间短暂接触的方法,由于一些特殊的原因或在动态测试中测试碟上出现的污迹或划痕,会对样品的测试结果造成影响,并对样品造成损伤,导致在重复测试中样品的减少、实验的周期增长甚至影响测试结果<sup>[5]</sup>。从以往的实验统计结果看,由于重新准备样品、重新测试引起的周期增长使温升测试实验的时间长达 1~2 月,而硬盘的更新速度较快,一款新的磁头内置 DFH 控制元件从设计到使用往往不超过 6 个月。因此,温升测试方法的改良对磁头内置 DFH 控制元件投放周期的缩短意义重大。

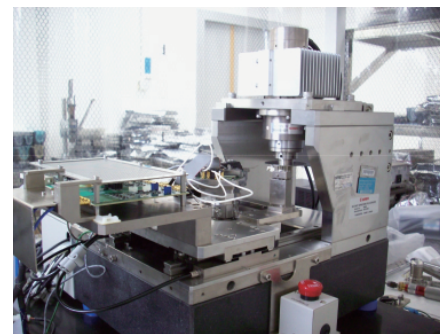


图 6 动态测试仪  
Fig. 6 Dynamic deformation tester

为了避免上述动态测试中存在的问题,尝试用静止冷却方法替代动态冷却方法。静止在空气状态和静止贴在磁碟上两种方法不会产生因与磁碟高速摩擦而引起的损伤,因此选

用这两种方法作为研究对象。在初步实验中,已经显示静止在空气中的散热效果不佳,且与飞行测试的效果相差太多(图7、图8),因此着重研究静止贴在磁碟上的状态。由实验结果可知,纯碟面冷却方法(图9)与碟面加冷却膏法(图10)升温的结果比较接近,且碟面加冷却膏法与实际飞行结果几乎

一致,因此被选为代替实际飞行的测试方法,这样不但避免了样品数量减少的问题,而不会导致实验周期增长和测试结果受影响。该方法可将实验周期缩短为1周时间。特别地,在磁盘使用寿命足够长的情况下,静止碟面加冷却膏冷却方法是完全可以代替动态碟面冷却方法的。

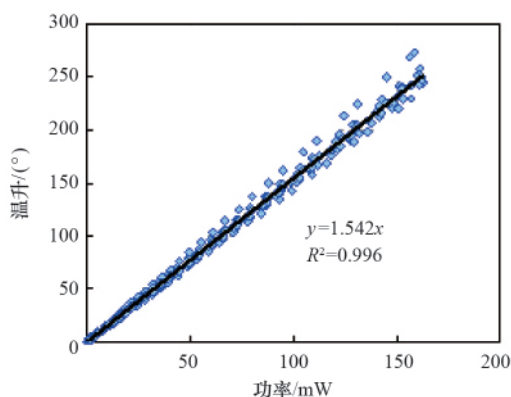


图7 实际的飞行温升结果

Fig. 7 Flying status temperature rise results

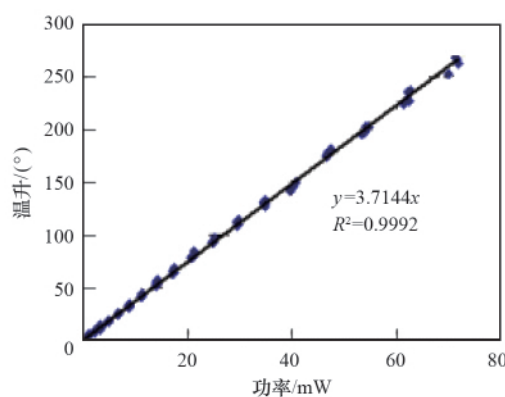


图8 空气中自然冷却温升结果

Fig. 8 Air cooling status temperature rise results

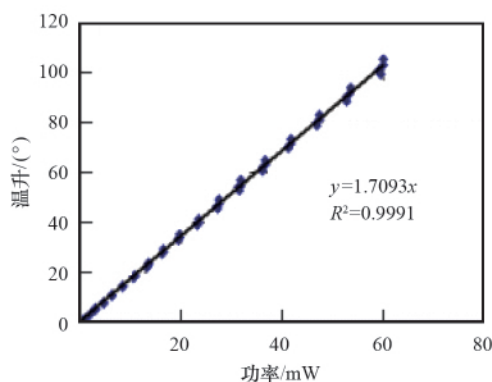


图9 纯碟面冷却温升结果

Fig. 9 Pure media cooling temperature rise results

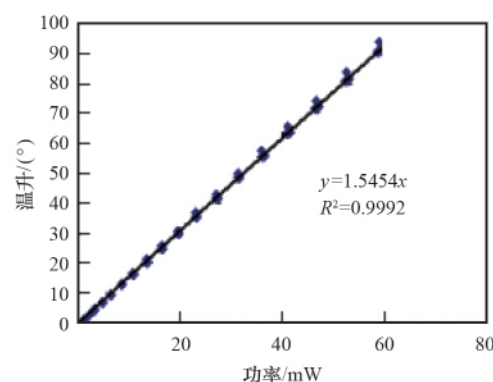


图10 碟面加冷却膏温升结果

Fig. 10 Media cooling plus lube temperature rise results

#### 4 结论

利用原子力学显微镜,对磁头内置 DFH 控制元件的过载荷可靠性进行研究,得出以下结论。

1) 在连续通电的情况下,磁头内置 DFH 控制元件的形变属于弹性形变,且结构变形量和能量呈线性关系。即使在过流情况下,突起性质仍属于弹性形变。

2) 过压载荷实验表明,实际产品的击穿电压在安全区以外,因此磁头内置 DFH 控制元件是可行的。

3) 碟面加冷却膏法与纯碟面冷却方法温升实验结果接近,且碟面加冷却膏法与实际飞行测试结果几乎一致,因而被选为代替实际飞行的测试方法,不但避免了样品数量减少问题,而且不会导致实验的周期增长和测试结果受影响。

#### 参考文献 (References)

- [1] Wang R H, Wu X Z, Weresin W, *et al.* Head protrusion and its implications on head-disk interface reliability [J]. *IEEE Transactions on Magnetics*, 2001, 37(4): 1842-1844.
- [2] Schuegraf K F, Hu C M. Hole injection SiO<sub>2</sub> breakdown model for very low voltage lifetime extrapolation [J]. *IEEE Transaction on Electron Devices*, 1994, 41(5): 761-767.
- [3] Kulkarni A V, Chilamakuri S K, Gupta B K, *et al.* Pole Tip Recession (PTR) measurements with high accuracy, precision, and throughput [J]. *IEEE Transactions on Magnetics*, 2000, 36(5): 2736-2738.
- [4] Menon A K. Critical requirements for 100 Gb/in<sup>2</sup> head/media interface[C] //Proceedings of the Symposium on Interface Techniques Towards 100Gb/in<sup>2</sup>. New York: ASME, 1999: 1-9.
- [5] Schmalhorst J, Bruckl H, Reiss G, *et al.* Temperature stability of Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Co junctions[J]. *Journal of Applied Physics*, 2000, 87(9): 5191-5193.

(责任编辑 刘志远)