

团 体 标 准

T/CIE 134—2022

磁随机存储芯片数据保持时间测试方法

Test methods for data retention time of magnetic random-access memory chips

2022-08-10 发布

2022-08-10 实施

中国电子学会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测试设备及条件	2
4.1 测试设备和装置	2
4.2 测试条件	2
5 测试方法	2
5.1 通则	2
5.2 磁随机存储芯片的数据保持时间测试	3
5.2.1 测试原理	3
5.2.2 测试方法	4
5.2.3 测试记录	5
参考文献	6

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电子学会提出并归口。

本文件起草单位：北京航空航天大学、致真存储(北京)科技有限公司、中国电子科技集团公司第五十八研究所、上海佑磁信息科技有限公司、北京时代民芯科技有限公司、深圳亘存科技有限责任公司、合肥致真精密设备有限公司。

本文件主要起草人：赵巍胜、彭守仲、李伟祥、芦家琪、李月婷、雷娜、曹凯华、王昭昊、聂天晓、张博宇、刘佳豪、刘照春、王戈飞、刘宏喜、赵桂林、帅喆、孙杰杰、王超、卢辉、王亮、郑宏超、陆时进、李鑫云、曹安妮、郭玮、何帆、程厚义、杜寅昌。

磁随机存储芯片数据保持时间测试方法

1 范围

本文件规定了磁随机存储芯片数据保持时间测试方法的测试原理、测试环境、测试设备、测试程序等。

本文件适用于磁随机存储芯片的数据保持时间测试和磁随机存储芯片的数据保持时间验证。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磁随机存储器 magnetic random-access memory; MRAM

利用磁性层的磁矩作为信息存储的载体,利用隧穿磁阻效应作为信息读取方法,具有非易失性、近乎无限次擦写和快速写入等优点的随机存储器。

3.2

数据保持时间 data retention time

磁隧道结或者磁随机存储芯片不进行读写的情况下,在允许错误范围内能够保持数据稳定存储的最长时间。

注:数据保持时间决定了磁随机存储芯片的可靠性。数据保持的定义见 GB/T 35003—2018 中 3.2 的相关规定。

3.3

热稳定性 thermal stability

磁随机存储芯片的耐热性,磁随机存储芯片在温度影响下的稳定性。

3.4

热稳定因子 thermal stability factor

Δ

表示热波动下自由层磁化方向随机发生翻转的倾向。用能量势垒 E_b 和操作温度 T 与玻尔兹曼常数 k_B 的乘积的比值来计算。热稳定因子越大,相同操作温度下存储中数据储存时间越长。

3.5

垂直磁各向异性 perpendicular magnetic anisotropy; PMA

薄膜的自发磁化方向沿着垂直于薄膜平面方向的现象。

3.6

面内磁各向异性 in-plane magnetic anisotropy; IMA

薄膜的自发磁化方向沿着平行于薄膜平面方向的现象。

3.7

磁各向异性场 magnetic anisotropy field

H_K

当磁矩方向偏离易磁化轴方向时受到的可使磁矩恢复到易磁化轴方向的等效磁场。

3.8

数据错误率 failure rate

F

不进行任何操作,经过一段时间后,磁随机存储芯片发生翻转的比特数与总比特数的比值。

4 测试设备及条件

4.1 测试设备和装置

磁随机存储芯片数据保持时间测试需要主控驱动、磁随机存储芯片和温度控制箱等设备。磁随机存储芯片放置于温度控制箱中,可以进行不同温度下的测试。主控驱动根据磁随机存储芯片的不同接口对其进行读/写驱动,通过串口等接口与 PC 端通信,最终在 PC 端显示磁随机存储芯片写入和读取的数据,如图 1 所示。

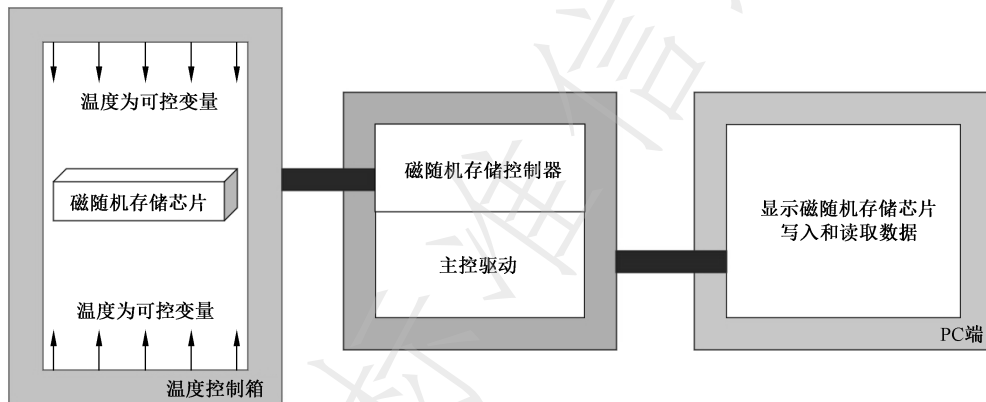


图 1 磁随机存储芯片数据保持时间测试设备示意图

4.2 测试条件

测试条件应符合以下要求。

- a) 环境温度。除另有规定外,环境温度应在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。
- b) 环境磁场。除另有规定外,环境磁场应小于 0.1 mT 。
- c) 测试设备的准确度。除另有规定外,电源电压和偏压准确度应保持在规定值的 $\pm 1\%$ 之内;输入调整电压准确度应保持在规定值的 $\pm 1\%$ 或 $\pm 1\text{ mV}$ 之内,取其大者;输入脉冲特性、重复率、频率等准确度应保持在 $\pm 10\%$ 之内。

5 测试方法

5.1 通则

磁随机存储芯片的非易失性、抗辐照、低功耗、无限次高速读写等优点使其有望成为下一代低功耗通用存储器。数据保持时间是衡量磁随机存储芯片性能的一个重要指标。不同的应用场景对磁随机存储芯片的数据保持时间有不同的要求,例如部分场景下,磁随机存储芯片应具有长达 10 年的数据保持时间,这种情况下宜选择更加合理的测试方法。

为了在较短时间内测试得到磁随机存储芯片的数据保持时间,测试时采用业界广泛使用的线性加速模型。首先测试较高温度下磁随机存储芯片的数据错误率,计算得到此温度下的热稳定性因子;其

次,改变测试温度,得到一系列较高温度的热稳定性因子;最后,通过线性拟合,计算出某一较低温度(规定温度)下磁随机存储芯片的热稳定性因子,从而推导得到磁随机存储芯片在该温度下的数据保持时间。

5.2 磁随机存储芯片的数据保持时间测试

5.2.1 测试原理

磁随机存储芯片的阻态变化与热稳定性因子 Δ 相关。不进行任何操作的情况下,经过一段时间后,磁随机存储芯片发生翻转的比特数与总比特数的比值被称为数据错误率。在 N 比特的磁随机存储芯片中,数据错误率 F 与热稳定因子的关系见公式(1):

$$F = 1 - \exp\left[-N \frac{t}{\tau_0} \exp(-\Delta)\right] \dots\dots\dots (1)$$

式中:

t ——所测芯片的数据保持时间;

τ_0 ——固有尝试时间,一般为 1 ns。

已有研究表明,热稳定性因子 Δ 与温度之间的关系是线性关系,满足 $\Delta_T = -kT + \Delta_0$,其中 Δ_T 为温度 T 时的热稳定性因子, Δ_0 为 0 K 时的热稳定性因子。因此本测试方法通过线性加速模型获得热稳定性因子,随后根据公式(1)计算得到规定数据错误率 F 下的数据保持时间。具体原理为在较高的不同温度下,经过不同时间,测试磁随机存储芯片的翻转概率,即数据错误率 F ,通过公式(1)计算得到不同温度下的热稳定性因子。对得到的热稳定性因子进行线性拟合,得到较低温度下的热稳定性因子,如图 2 所示,通过公式(1)即可计算得到规定温度和规定数据错误率下的数据保持时间。测试原理框图如图 3 所示。

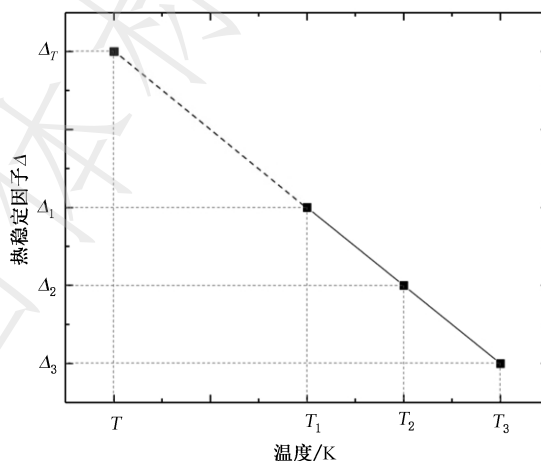


图 2 热稳定性因子随温度 T 的变化示例

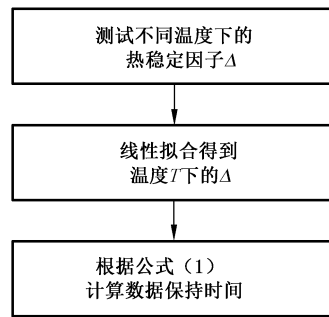


图3 磁随机存储芯片的数据保持时间测试原理框架图

5.2.2 测试方法

在磁随机存储芯片的数据保持时间测试时,需要测试 m 个芯片 (m 的取值范围为 $10^0 \sim 10^5$), 根据实际情况及要求选择测试芯片的一个阵列或者全部阵列, 测试方法流程图如图4所示, 具体测试步骤如下。

- a) 将磁随机存储芯片置于温度为 T_1 的高温环境中。
- b) 对磁随机存储芯片进行初始化。采用芯片额定工作电压进行数据写入, 将磁随机存储芯片的全部比特写为“0”。
- c) 经过时长 τ_1 后, 采用芯片额定工作电压读取磁随机存储芯片的状态, 统计错误比特数, 错误比特数与总比特数的比值即为此温度下的数据错误率 F_1 , 将 τ_1 和 F_1 分别代入公式(1)中的 t 和 F , 计算得到 Δ_1 。
- d) 重复 a)~c), 用逐渐递增的温度 $T_2 \sim T_n$ 代替 a) 中的温度 T_1 , 用时长 $\tau_2 \sim \tau_n$ 代替 c) 中的 τ_1 , 测试得到数据错误率 $F_2 \sim F_n$, 计算得到 $\Delta_2 \sim \Delta_n$ 。
- e) 采用加速模型对 $\Delta_1 \sim \Delta_n$ 进行线性拟合, 得到磁随机存储芯片在某个较低温度 T 下的热稳定因子 $\Delta_T^{“0”}$ 。
- f) 重复 a)~e), 初始化时采用芯片额定工作电压将磁随机存储芯片的全部比特写为“1”, 得到磁随机存储芯片在某个较低温度 T 下的热稳定因子 $\Delta_T^{“1”}$ 。
- g) 取 $\Delta_T^{“0”}$ 和 $\Delta_T^{“1”}$ 中的较小值, 作为温度为 T 时的热稳定性因子 Δ_T 。
- h) 根据公式(1), 计算规定数据错误率(例如 $10^{-9} \sim 10^{-3}$)、温度为 T 时的数据保持时间, 即待测芯片的数据保持时间。
- i) 重复测试 m 个芯片, 取 m 个芯片的数据保持时间平均值, 即为所测芯片的数据保持时间。

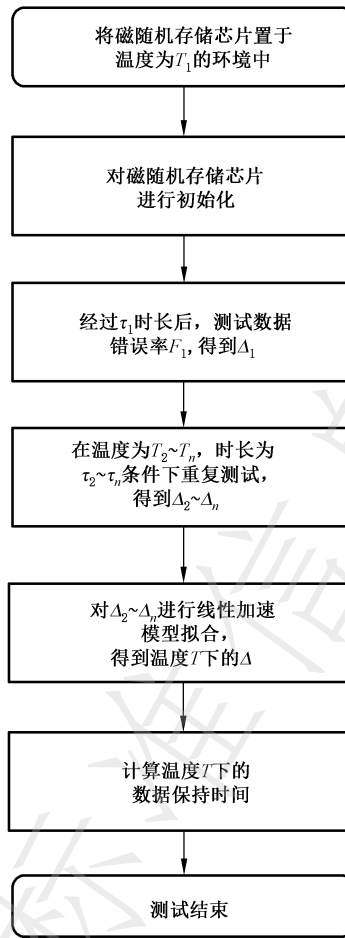


图 4 磁随机存储芯片数据保持时间测试方法

5.2.3 测试记录

测试记录表见表 1。

表 1 测试记录表

芯片编号	序号	温度 T/K	时长 τ/s	数据错误率 F	热稳定因子 Δ	数据保持时间 t/s
1	1					
	...					
	n					
	T					
...						
m	1					
	...					
	n					
	T					

参 考 文 献

- [1] GB/T 35003—2018 非易失性存储器耐久和数据保持试验方法
 - [2] GJB 548B—2005 微电子器件试验方法和程序
-