

内 部

技 术 交 流 资 料 汇 编

半 导 体 器 件 可 靠 性

第十四研究院第二次半导体器件可靠性和质量控制会议

一九七六年六月

提高砷化镓电调变容二极管 可靠性的几项措施

一四二五所

一、引言

随着我国电子工业和国防建设的不断发展，不但提高了对电子元器件电参数的要求，也相应提高了对其可靠性的要求。因此，迅速提高电子元、器件的可靠性，已经成为我们从事电子元、器件研究和生产工作的同志不可忽视而且必须严肃对待的一项重要任务。

提高砷化镓电调变容二极管可靠性的工作，是在充分吸取参放变容二极管经验的基础上进行的。由于在管芯结构、工艺控制、工艺筛选等方面采取了一些必要措施，基本消除了 V_s 下降和不稳定的现象。从而使管子的可靠性有了进一步提高，并通过了1973年十四院制订的《半导体器件、集成电路质量考核规范草案》的C级考核。

二、提高可靠性的几项措施

1. 管芯结构、电极材料及封装的选取

半导体器件是由形成P-N结的半导体管芯、电极引线和保护管芯的管壳构成的。这些构成要素都可以使器件发生失败。所以，选取合理的管芯结构、电极材料、封装形式等，对提高半导体器件的可靠性作用是很大的。为了选取合理的管芯结构、电极材料及管壳，首先要处理好管芯结构和电参数指标的关系以及管芯结构和管壳的关系。我们在考虑砷化镓电调变容二极管的设计时，不单纯追求电参数的高指标。而且，重点地考虑了管芯本身结构的高可靠，即在满足电参数设计指标的基础上，选取高可靠性的管芯结构。在管芯和管壳二者之间的关系上，我们既要求管壳有可靠的机械性能和高密封性能，又要求管芯本身有好的抵御外界恶劣环境的能力。

因而，在电调变容二极管的管芯结构上，我们对台式结构和平面结构在电参数指标和可靠性二者之间做了认真的比较和挑选。大家熟知，变容二极管管芯采用台式结构无疑能获得较高的电参数指标，但它的弱点是P-N结裸露在外，容易受外界环境的影响。从根本上解决此类器件的可靠性问题困难较多。另外一种方法是采用扩散—腐蚀台面—沉积 SiO_2 保护膜的工艺方法，把台柱的P-N结部分保护起来，以提高器件的可靠性。

但由于复盖SiO₂前, P—N结仍有可能被沾污, 很难得到完全保护。因而, 管子的反向漏电流要随工艺技术而发生变化, 仍有可能影响器件的可靠性。最后, 我们考虑了平面结构。采用平面结构是生产高可靠性、高成品率器件的有效方法, 这是大家一致公认的。如果能在砷化镓器件上实现这种结构, 器件的可靠性就可以进一步提高。经过试验, 我们成功地解决了利用射频溅射SiO₂的方法, 在砷化镓材料上沉积了一层7000埃左右的SiO₂保护膜, 实现了Zn掩蔽扩散, 同时解决了P型欧姆接触问题, 使砷化镓电调变容二极管采用平面结构成为现实。由于采用了射频溅射SiO₂—光刻SiO₂窗孔—扩散的工艺方法, P—N结部分既不会在工艺过程中受沾污, 同时也提高了P—N结抵御外界环境影响的能力。由于平面结处有侧面曲率和附加MOS环, 因而它的电学特性较台式结构差。即便这样, 我们考虑在能够达到使用单位提出的电参数指标的前提下, 仍采用了高可靠性的平面结构。

我们在研制初期做了平面结构和台式结构的实验比较, 结果列于表1、表2、表3。

从表1可以看出, 在反向漏电流方面, 平面结构的样管有了较大改善。

表1 平面和台式二极管反向漏电流比较

管芯结构	样管数(只)	90% V _B 处反向漏电流在某范围内的样管数					
		<1毫微安	1~10毫微安	10~50毫微安	50~100毫微安	>100毫微安	
台 面	26	2(7.7%)	3(19.2%)	4(15.4%)	5(19.2%)	10(38.4%)	
平 面	22°	7	4(57%)	3(43%)	0	0	0
	27°	11	0	7(63.6%)	4(36.4%)	0	0
	26°	15	4(6.7%)	8(53.3%)	1(6.7%)	1(6.7%)	1(6.7%)

表2 塑料封装的台式和平面器件筛选情况比较

结 构	封 装 情 况	样管数(只)	失 效 情 况		
			V _B 下降	断	总 计
台 式	环氧—环氧	25	11 (44%)	0	11 (44%)
	FS—203—环氧	37	21 (57%)	7 (19%)	28 (76%)
	1053—环氧	50	22 (44%)	1 (2%)	23 (46%)
平 面	环氧—环氧	20	0	0	0

(注) 筛选条件及项目: (1) 高温贮存: 150℃, 72小时
 (2) 温度循环: -65℃~+125℃, 五次
 (3) 湿度试验: 72小时

从表 2 中可以看出，虽然同是塑料封装，平面结构器件筛选时失效的管数小于台式结构。

表 3 台式和平面器件高温贮存寿命试验比较

结 构	批 号	封 装	样 管 数 (只)	实 验 条 件	失 效 数 (只)
台 式		金属—陶瓷	22	150℃ 250小时	2
平 面	1°	环氧封装	20	150℃ 1000小时	0
	2°	金属—陶瓷	45	175℃ 1000小时	0
	3°	金属—陶瓷	88	175℃ 2500小时	1 ($\Delta R_F = 0.25$ 欧姆)

从表 3 中我们也可以看出，平面结构的管子可以承受更高条件的试验。

以上对比实验，虽然是研制初期的结果，但可以清楚地看出，平面结构的器件在可靠性上优越于台式结构。最后，我们选取的管芯结构如图 1 所示，并采用如下工艺：射

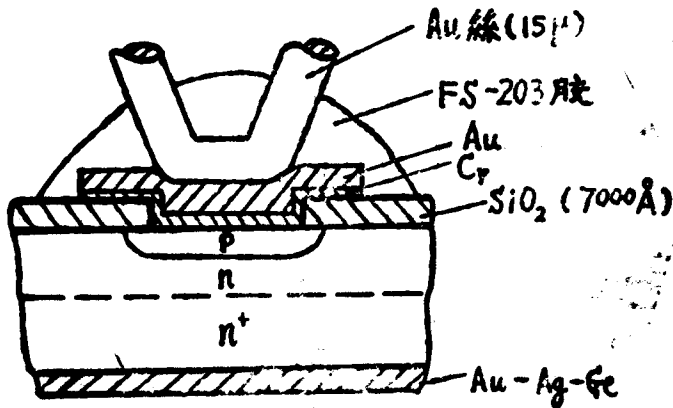


图 1. 管芯结构示意图

频溅射 SiO_2 —— 一次光刻 SiO_2 窗孔 —— 闭管扩散 ZnAs_2 —— 真空蒸发 Cr、Au —— 二次光刻 Cr、Au 电极 —— 真空蒸发 Au-Ge —— 超声热压焊片 —— 点焊热压金丝 —— 内涂 FS-203 保护胶 —— 封帽 —— 电镀 —— 工艺筛选 —— 参数测试。

有几个问题说明一下：

(1) 采用热压金—金接触。长期实践证明，金—金接触系统的机械性能和化学稳定性能都是很好的。避免了 Au-Al 接触或 Al 电极的缺陷。

(2) Cr-Au 接触系统的稳定性问题。我们对管子作了 175℃、1000 小时；175℃、2500 小时以及 200℃、100 小时的高温贮存试验，然后测试管子的正向微分电阻，测试结果与高温贮存前的数据差在测试误差范围内。即管子的接触电阻无明显增大现象。从而

说明，在目前工艺条件和实验条件下，Cr-Au层电阻的变化是可以忽略的。

(3) Cr和P型GaAs接触电阻。温度在400℃以下，对接触电阻没有影响。超过400℃的温度将对接触电阻产生影响，如图2所示。至于Cr是否会渗透或扩散到GaAs中而形成半绝缘层问题，在目前工艺条件和考核条件范围内，未发现此现象。

从我们的实验结果分析，感到Au-Cr—P型GaAs系统，在我们的工艺条件和考核实验条件下，它的化学稳定性和机械性能还是较好的。

(4) 对于射频溅射SiO₂保护膜内是否含有钠离子，以致由于钠离子的迁移而引起沟道穿通现象问题。我们虽对SiO₂膜没有做过杂质含量的定量分析，但从多次实验结果观察，没有发现此种现象。实验证明，如果把SiO₂膜厚控制在1微米以下，它和GaAs材料的热匹配及粘附性能是能够满足制管要求的。SiO₂膜厚超过1微米时，SiO₂膜有发生龟裂的现象。

(5) 前面曾提出，不但要求管芯可靠性好，而且也同时要求有一个可靠的封装结构，这两者缺一不可。最终，我们采用了 $\phi 1.8 \times 1$ 毫米的金属—陶瓷封装结构及点焊熔封的形式。结构如图3。此种管壳是经过显微镜挑选，并经过按失效效率3%进行抽样考核合格后才提供使用的。实践再次证实，这种封装结构虽然管壳寄生电容大一些，但它的机械性能和密封性能都较目前的低温玻璃包封和塑料包封好。

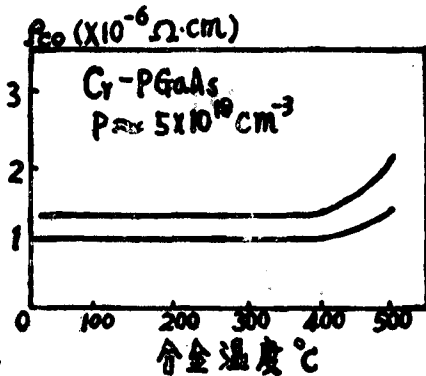


图2. Cr和P型GaAs接触电阻与温度关系曲线

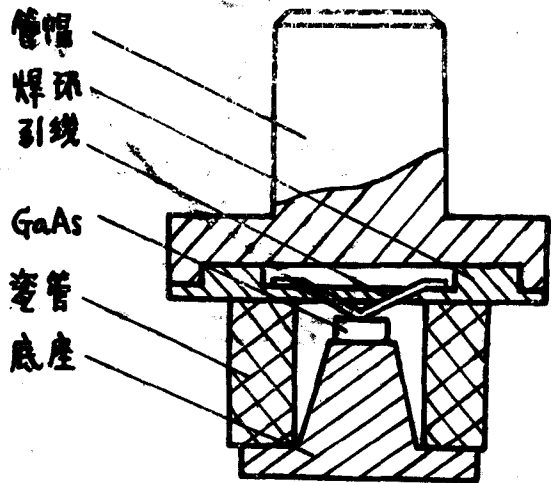


图3. 管壳结构示意图

2. 严格进行二极管的伏—安特性检查

伏—安特性是变容二极管的基本特性，它不仅反映了器件的电性能，而且还反映了器件的可靠性。长期实践证明，有一部分管子的伏—安特性虽然能满足电参数指标要求，但它的可靠性却存在着严重问题。所以，严格进行器件的伏—安特性检查，可以达

到提高管子可靠性的目的。管子有诸如以下类型的伏—安特性，我们在工艺测试中把它剔除。因为，产生这类伏—安特性，不管它是体内原因、表面原因或工艺上的缺陷，从总的效果上看，管子本身是存在严重的不可靠因素的，所以要坚决剔除，过去往往忽视了这一点。

(1) 两次击穿或多次击穿现象：伏—安特性如图4、图5。

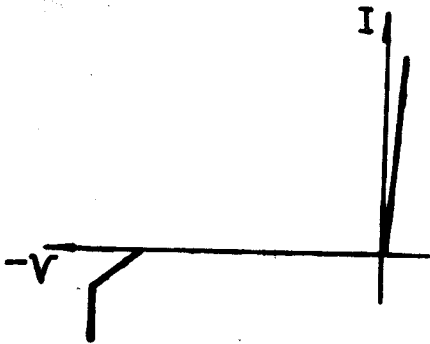


图4. 二次击穿伏—安特性

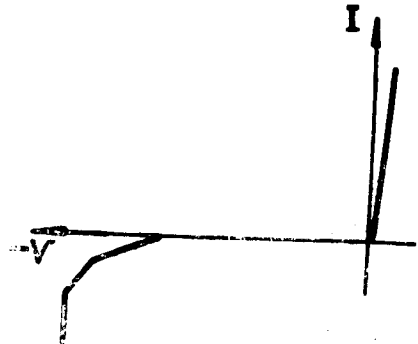


图5. 多次击穿伏—安特性

在我们研制的电调变容管中，属于这类击穿特性的管子的比例还是比较大的。从这类管子的电参数看，击穿电压 V_B 、反向漏电流 I_{r0} 、结电容 C_V 、优值 Q_V 都能满足设计指标要求。但我们认为，这类管子本身是有严重缺陷的，而这种缺陷是由于材料的缺陷和不均匀性或光刻 SiO_2 窗孔时形成的针孔、小岛以及扩散时形成的表面合金点等原因造成的。因而在管子两端加反向偏压时，在这些局部先行击穿。由于这些局部面积很小，所以电流上升不快，呈现大电阻特性，随反向偏压逐步升高，整个结面随即发生击穿，电流迅速上升，即出现二次击穿或多次击穿。这类器件很难保证在长期高温贮存和加电寿命试验中不失效。

(2) 软击穿现象：如图6所示。

我们把反向电流为1微安时的电压定义为二极管的击穿电压。有一部分器件，在反向电压刚加上几伏时就出现电流，但它不超过1微安，随反向电压增高，反向电流逐渐达到1微安，击穿点不明显，这类器件我们称它为软击穿。这种管子从击穿电压看可以满足指标要求，其它参数也不一定低。过去，我们往往误认为此类器件为合格品，实际上，这类器件的可靠性是很差的。产生这种情况的原因主要是由于沾污而造成的表面漏电或其它形式的

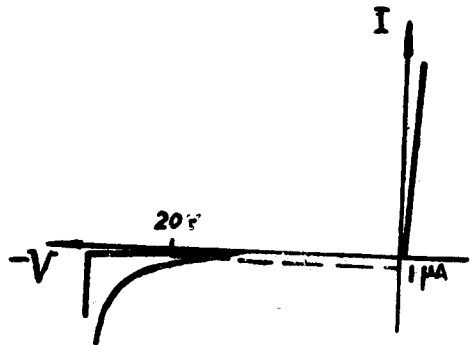


图6. 软击穿伏—安特性

漏电。这类管子的漏电流是很不稳定的，尤其是它随外界温度的变化而剧烈变化，所

以，它根本无法长期稳定的工作。我们为了满足整机电路使用的要求，提高管子的可靠性，坚决把这类管子剔除。特规定测试 $80\%V_B$ 处的反向漏电流，如果在此点的漏电流大于15毫微安，即被剔除（在室温下测试）。

(3) 负阻现象：如图7所示。

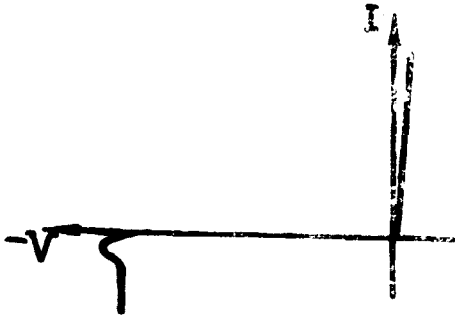


图7. 出现负阻现象的伏—安特性

这种在击穿点出现负阻的情况，往往不易引起人们的注意而产生漏洞。产生负阻的原因也是属于一种局部击穿，到击穿后，P—N结两端的电压突然降到一个比 V_B 小得多的数值，这类器件真正的击穿点很难把握，击穿点很不稳定， V_B 值根本读不准，故将此类管子也剔除掉。

经过这样挑选后，二极管的伏—安特性就比较理想了。器件击穿时的转折点非常显著，击穿以前的漏电流很小，击穿后电流上升非常迅速，即所谓硬击穿。这样

就表明了管子内部无严重的缺陷，器件的可靠性自然提高了。

3. 显微镜检查（简称镜检）

由于目前工艺水平所限，大部分工序需要手工操作，因而在制管的工艺过程中不可避免地会引入一些有害因素，影响器件的可靠性。为了提早排除这些有害因素，把好质量关，只靠工艺筛选还是不够的。我们还要在热压金丝后，涂胶工艺前，对100%的半成品管进行一次显微镜检查。实践表明，它能起到筛选工艺所不能起到的作用。对提高管子的可靠性有明显的效果。通过大量管子的镜检，我们感到经常容易出现的或应该特别注意的有以下几种情况，这些情况将严重的危害管子的可靠性。

- (1) P区欧姆接触Cr—Au点不完整，没有将 SiO_2 窗孔完全盖住。
- (2) P区欧姆接触Cr—Au点紧靠GaAs片子的边缘。
- (3) GaAs片上有裂纹，并且很接近管芯部位。
- (4) GaAs片在管壳中的位置很接近管壳的焊环。
- (5) GaAs片上 SiO_2 保护膜有破损，特别是破损处接近Cr—Au点图形。
- (6) 热压点处金丝变形不够或金丝变形太严重。
- (7) 金丝有损伤或者金丝太松或太紧。
- (8) 金丝在焊环上点焊不牢或有火花痕迹。
- (9) N区欧姆接触Au—Ag—Ge合金熔化不好，或合金过多，以致和焊环金属化部分非常接近。
- (10) 有其它杂物，如金丝须、棉花或滤纸絮、GaAs或金属屑、灰尘等物。

我们采用放大倍数100~200倍左右的双目立体显微镜进行检查，如果发现上述情况，

都一律剔除或返工修复，排除隐患。镜检最好在无尘或少尘环境气氛中进行，以避免再次落入灰尘或被沾污。

4. 二极管制管过程中的化学腐蚀

二极管的可靠性和每一工序都有直接的关系，都可能因操作的疏忽而使器件“带病”。所以，要发动群众，人人把关，每一个工序都按规定条件严格操作，达到必要的质量标准。我们感到工艺因素影响器件可靠性的关键在于化学腐蚀及化学清洁处理，所以，选择有效的化学处理方法就显得很重要。一方面要千方百计用化学腐蚀的方法去除各种因素对管芯的沾污，另一方面也要求化学腐蚀后不对管芯带来新的沾污。

现简要地介绍电调变容二极管的化学腐蚀方面的情况：

- (1) 在射频溅射 SiO_2 保护膜前，GaAs片的化学腐蚀采用 $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2 = 9:1$ 进行表面微腐蚀，腐蚀5秒，冲洗干净后放入溅射台溅射 SiO_2 膜。
- (2) 闭管扩散 ZnAs_2 前，片子用 $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2 = 9:1$ 进行微腐蚀，避免光刻过程中对表面的沾污。
- (3) 蒸P区欧姆接触Cr、Au前，片子用 $\text{HF}:\text{H}_2\text{O} = 1:20$ 溶液，腐蚀10秒，以去除表面脏物。
- (4) 热压后，涂保护胶FS—203前，用 H_2O_2 腐蚀30秒。

我们认为，选择这样几步化学腐蚀对提高器件的可靠性起到了相当重要的作用。它不但保证了工艺顺利进行，而且既能排除沾污而管芯又不被重新沾污。

5. 加强工艺筛选

我们还特别注意了管子的筛选工作，因为它是在一定时间加热应力或电应力来反映器件的稳定性的一种方法。通过比较筛选前后电参数的变化可以发现缺陷的管子，并加以排除，即把早期失效的管子挑掉，尽最大的努力使管子进入正常工作阶段。所以，工艺筛选工作对提高器件的可靠性意义很大。我们在工艺过程中，对100%的管子都进行筛选，并制定了如下筛选条件及规范：

(1) 筛选项目及条件：

- a: 高温贮存：200℃，96小时。
- b: 温度循环：-65~+125℃，5次。
- c: 加速潮湿：相对湿度95~98%，40~65℃变温72小时。

(2) 筛选规范：

筛选前和每项筛选后均测量器件的击穿电压、结电容、正向微分电阻和反向电流，数值超过如下标准时，说明器件已有不可靠因素，均应剔除。

击穿电压变化： $\Delta V_b \geq \pm 0.6$ 伏

结电容变化： $\Delta C_{jo} \geq \pm 0.05$ 微微法

正向微分电阻变化： $\Delta R_t \geq 0.2$ 欧姆

80% V_B 处反向漏电流： $I_{ro} \geq 15$ 毫微安

另外，电调变容二极管的正向微分电阻我们控制在2~3欧姆之间。如果 $R_t > 3$ 欧姆，我们即把它剔除。 $R_t > 3$ 欧姆说明了器件串联电阻大。可能是由于热压金丝接触不良，P区欧姆接触大，或因超声热压焊片时，焊得不牢而使N区欧姆接触电阻大。这些器件是经不起机械试验或长期寿命试验的。

现将正样管工艺筛选情况列表于下：

表 4 正样管工艺筛选情况

投入筛选 总数 (只)	筛选项目 及 条 件	电容失效数 (只)	击穿电压 失 效 数 (只)	正向微分电 阻失效数 (只)	反向漏电 流失效数 (只)	百分比 (%)
766	高温贮存 200℃, 96小时	1	14	3	5	3
	温度循环 -65~+125℃ 5次	0	2	2	4	1
	加速潮湿 变温72小时	0	2	0	4	0.78

以上即是我们提高砷化镓电调变容二极管的可靠性所采取的几项措施。采取这些措施后，对提高器件的可靠性收到了一定成效，基本消除了常见的击穿电压下降或不稳定的现象。

三、失效标准及考核实验结果

1. 失效标准：

(1) 环境试验、工作寿命、高温贮存寿命试验失效标准：

- 结电容 C_{jo} ：实验前后变化 $\geq \pm 10\% C_{jo}$ ；
- 击穿电压 V_B ：实验后下降 $\geq 10\% V_B$ ，上升 $\geq 20\% V_B$ ；
- 正向微分电阻 R_t ：实验后变化 $\geq \pm 0.2$ 欧姆；
- 80% V_B 处反向电流 I_{ro} ：实验后 ≥ 100 毫微安

(2) 高、低温性能测试：

- 高温85℃，在80% V_B 处，反向电流 $I_{ro} \geq 300$ 毫微安；
- 低温-40℃，击穿电压 V_B 下降 $\geq 20\%$ ；

2. 考核实验结果:

在以上措施的基础上, 我们按1973年第十四研究院《半导体器件、集成电路质量考核规范草案》进行了考核, 考核结果列于下表:

表5 寿命试验结果

	工作寿命试验 (直流工作点: 3伏、7.5伏、12伏; 85℃, 交流50~; 正向2~6微安; 1000小时)				高温存贮寿命试验 (175℃; 1000小时)			
	投入数 (只)	250小时 失效数 (只)	500小时 失效数 (只)	1000小时 失效数 (只)	投入数 (只)	250小时 失效数 (只)	500小时 失效数 (只)	1000小时 失效数 (只)
摸底试验结果	74	0	0	0	77	0	0	0
正样考核结果	78	0	0	1*	78	0	0	0
定型考核结果	78	1**	0	0	78	0	0	0

* 反向漏电流超过考核规范。

** 250小时试验后, 刚加电时p-n结烧通。

表6 环境试验结果

	投入数 (只)	振动冲击 离心失效数 (只)	变频振动 失效数 (只)	热冲击 失效数 (只)	温度循环 失效数 (只)	加速潮热 失效数 (只)	跌落 失效数 (只)
摸底试验结果	93	0	0	1	0	0	0
正样考核结果	78	0	0	0	0	0	0
定型考核结果	78	0	1	0	0	0	0

表7 高、低温性能测试结果

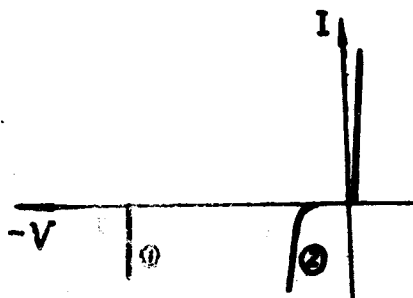
	投入数 (只)	高温性能测试 +85℃ 测I _{ro}	低温性能测试 -40℃ 测V _B
		失效数 (只)	失效数 (只)
摸底试验结果	65	0	0
正样考核结果	78	0	0
定型考核结果	78	0	0

表8 长期温度试验结果

失效数 (只)	试验时间 (小时)	250	500	1000
投入数 (只)	17	0	0	0

四、结束语

砷化镓电调变容二极管虽然通过了十四院新规范考核，但管子的可靠性可能还有不少问题，需今后进一步研究。另外，在我们多次试验中，发现工作寿命试验中开始加电时有烧坏管子的现象，即p-n结被烧通，表现为反向击穿下降，如图8所示。对此问题



曲线①：管子原来的伏—安特性；

曲线②：管子烧坏后的伏—安特性

图8. 工作寿命试验中管子烧坏前后的伏—安特性

产生的原因，目前还不十分清楚，这一工作今后必须进一步分析研究，并采取必要的措施加以排除。我们相信，在此基础上，进一步做工作，平面型砷化镓变容管的可靠性会得到进一步提高，可以达到更高的可靠性标准，在不远的将来赶上和超过世界先进水平。

(三室梁玉彬、田 牧)

我厂集成电路可靠性对比

— 〇 九 厂

1975年初, 对我厂生产的高速TTL与非门集成电路进行了1000小时的高温功率老化试验。报告如下:

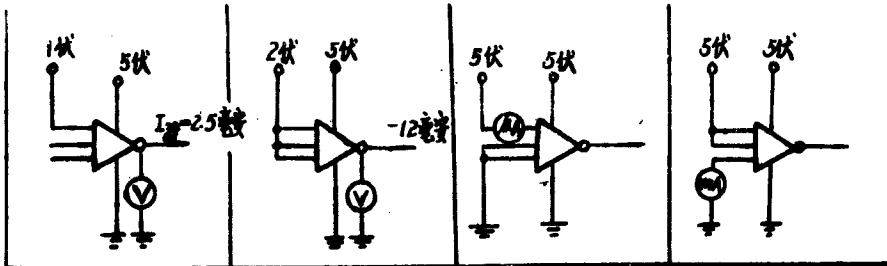
一、实验情况

1、**样品:** 高速TTL单与非门117块, 双与非门117块。经测试, 电参数符合我厂产品出厂规格。

我厂出产合格参数如下所示 (以每个门电路计):

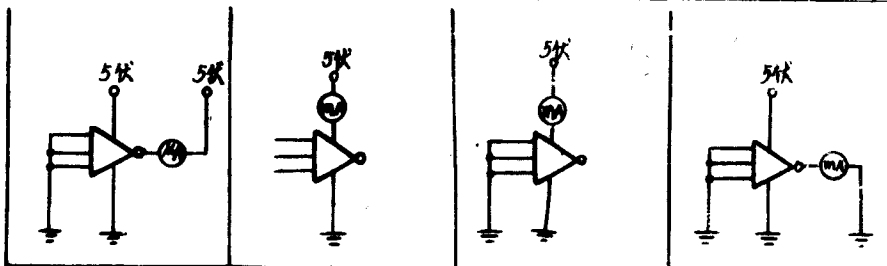
参 数	输出高电平 V_{OH} (伏)	输出低电平 V_{OL} (伏)	输出交叉漏电流 I_{rl} (微安)	输出短路电流 I_{rd} (毫安)
数 值	2.8~4.0	<0.45	< 100	<1.50

测
试
条
件



参 数	输出对地漏流 I_{cl} (微安)	导通电源电流 I_{cct} (毫安)	截止电源电流 I_{ccl} (毫安)	输出短路电流 I_{cd} (毫安)
数 值	< 150	< 9.0	< 5.0	20~100

测
试
条
件



2、实验方法：电路分三组进行试验。

a、85℃：单门 $1^{\circ} \sim 37^{\circ}$ ，双门 $1^{\circ} \sim 37^{\circ}$ 共111个门电路。

b、125℃：单门 $41^{\circ} \sim 77^{\circ}$ ，双门 $41^{\circ} \sim 77^{\circ}$ 共111个门电路。

c、150℃：单门 $81^{\circ} \sim 117^{\circ}$ ，双门 $81^{\circ} \sim 117^{\circ}$ ，共111个门电路。

老化讯号源：频率1兆赫左右，幅度3伏的方波，电路图如图1所示。

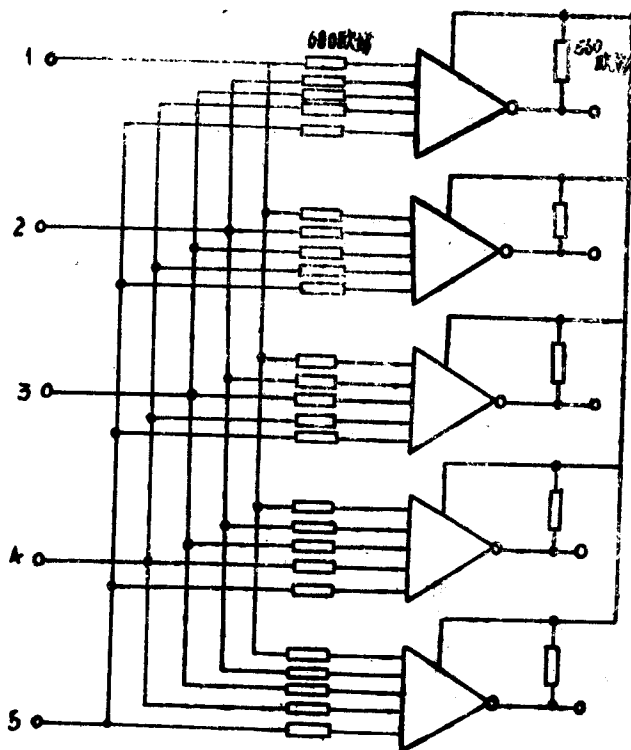
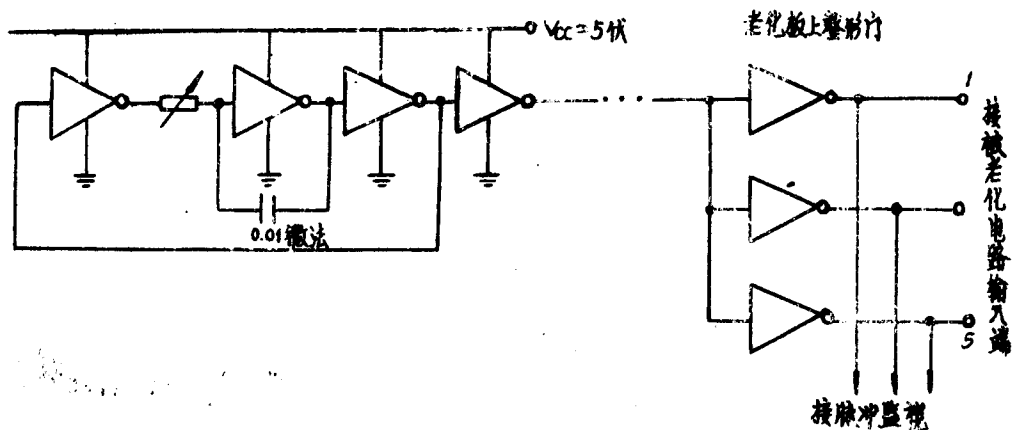


图1

二、试验结果

见表1、表2所列

表1

失效数 (只)	时间 (小时)									
		5	10	20	50	100	200	500	800	1000
温度 (°C)										
85		0	0	0	0	1 (I_{rd})	0	0	0	0
125		0	1 (I_{rd})	0	0	0	0	0	0	0
150		1 (I_{rd})	0	0	0	1 (V_{cg})	0	0	0	1 (I_{cct})

表2

个数 (只)	失效 表征	导通电源电流	输出短路电流	输出高电平
		I_{cct}	I_{rd}	V_{cg}
温度 (°C)				
85		0	1	0
125		0	1	0
150		1	1	1

三、失效组件解剖情况

全部失效组件经氟油粗检漏，漏气率均大于 10^{-5} 大气压·厘米³/秒。失效原因如下：

16*与非双门：门I的第3输入端内引线硅铝丝碰线。把碰线挑开之后，参数变好了。压焊时，两条硅铝丝挨得太近。经高温功率老化之后，环氧树脂变形，引起碰线，如图2所示。

51*与非双门：门II第一输入端压焊点有裂纹，如图3所示。

94*与非单门：地线内引线硅铝丝在管芯压焊处断裂，如图4所示。

103*与非双门：门II第5输入端内引线硅铝丝塌下，搭在管芯硅片的边缘上，如图5所示。

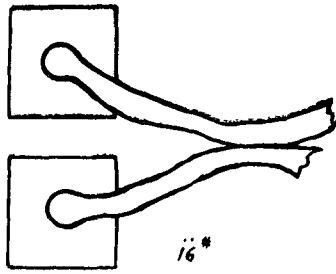


图 2

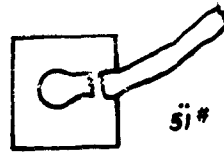


图 3

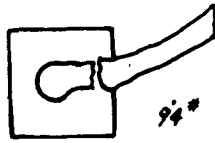


图 4



图 5

116* 与非双门：输出端高电平逐步退化到2.6伏。在 T_5 管基极铝引线下氧化层与隔离槽有针孔漏电（见图6箭头指处）。

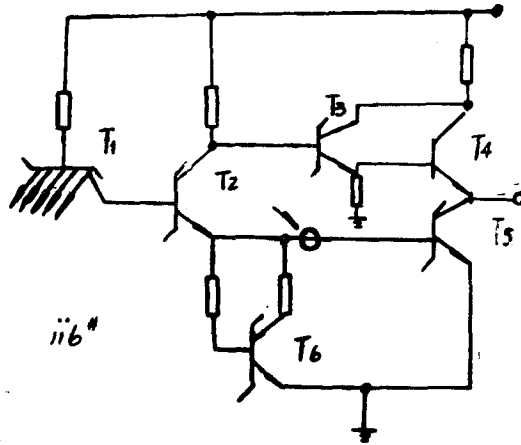


图 6

四、对于实验工作的小结

本实验的预定目的是求出我厂集成电路高温功率老化的加速因子，以便估算出厂电路的失效率。但是，由于缺乏经验以及考虑物力、人力之不足，所以取的样品太少，加之组件可靠性相对提高，在1000小时内，失效组件太少，至今还无法算出加速因子，必须延长时间。目前本实验还在进行之中。

现在只能就1000小时的实验情况与1972年的实验情况做一下对比分析。

(1) 1972年对我厂生产的组件进行可靠性实验，其结果与1975年的试验结果对比如下(表3)：

表 3

失效百分比 (%)	温度(°C)	年 度	
		1972	1975
85		5	0.9
125		0	0.9
150		18	2.7

(2) 在失效模式方面，与1972年以前的产品有明显的不同。1972年前，由于电参数的退化引起的失效占绝大多数。而1975年，由于焊接不良引起的突然失效占绝大多数(80%)而由于电参数退化引起的失效占少数(20%)，这与我厂在工艺线上采取的可靠性措施有关。从这次实验中看出，要进一步提高产品的可靠性必须在后工序，尤其是对压焊工序应采取更有效的措施。

(3) 从实验的结果可以看出，高温功率老化对于组件的筛选还是有作用的。而且，150°C功率老化比125°C功率老化效果为好。

(4) 要做好加速寿命试验，样品数太少不行。必须用数百到一个组件，才能在1000小时内看出结果。由于每个组件都要详细记录10多个参数，这就必须解决自动打印的测试仪问题。

(5) 从这次1000小时的实验结果可以看出，大部分的失效是发生在开始的100小时以内，这与1972年以前的产品失效规律有明显不同(图7)。

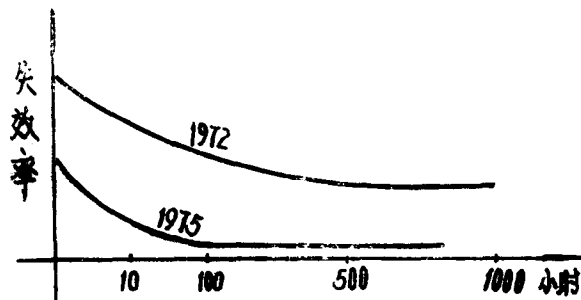


图 7

(九 车 间)

3DK4中功率开关晶体管加速寿命 试验及加速因子的研究

八 二 三 厂

一、引 言

利用加速试验方法来研究电子元器件各种可靠性特征，已越来越为人们所认识。近几年来，半导体器件的加速寿命试验技术发展很快，这种试验方法是在短时间内给器件施加高的应力，以加速它们的失效，从而可以预测器件在正常应力下的平均寿命及失效率。由于近几年来半导体器件的可靠性水平提高很快，涌现出了一些高可靠性水平的半导体器件，对这些高可靠性器件的鉴定工作必须采用加速试验技术，方能预测器件的水平。在这一方面，长期寿命和统计寿命试验的方法已是相形见绌了。反过来用高应力鉴定的器件，必须开展对其加速因子的研究，才能对器件的可靠性水平做出较为正确的预测。所以，加速试验的研究工作，已经广泛地深入到半导体器件的各种可靠性研究工作中。总的说来，我们认为下面一些工作都与加速试验技术有密切联系：

1. 寻找半导体器件的失效规律，探索电子元器件的损耗失效阶段的全过程

不用加速试验方法是难以了解长寿命元、器件的这种失效全过程的。例如，某器件在正常应力下的平均寿命为1000万小时，如果在正常应力条件下研究其失效规律，需花费上千年的时间，这种试验是根本无法做到的。而运用加速因子为10000倍的加速试验1000小时，就可以了解其失效规律。既节省了人力，又节省了物力，这是一种多快好省地进行科学研究的试验方法。

2. 有助于开展失效机理的分析和研究

通过利用加速试验，可以观察到在通常应力条件下观察不到的失效模式，加速试验往往能给出一种主要的失效型式，并且利用所求得失效激活能，对一些典型的失效预测其失效机理。也可以利用失效分析的方法和手段，对加速试验提供的失效样品开展失效分析工作，确定失效模式和失效机理。这一结果反馈到生产工艺线上去，为制定工艺质量控制措施和改进设计、结构、工艺和原材料等提供了科学依据，以促进产品质量的提高。

3. 用来进行产品质量对比

根据加速试验结果表明，对同一设计、同一工艺的半导体产品，以及在不同时期的同类产品，其加速因子（或失效激活能）几乎保持不变。运用这一规律，可以对同一工