

数字集成电路
技术交流资料选编

上海科学技术情报研究所

73.7554
667
C.2

毛主席语录

独立自主, 自力更生。

打破洋框框, 走自己工业发展道路。

中国人民有志气, 有能力, 一定要在不远的将来, 赶上和超过世界先进水平。

在生产斗争和科学实验范围内, 人类总是不断发展的, 自然界也总是不断发展的, 永远不会停止在一个水平上。因此, 人类总得不断地总结经验, 有所发现, 有所发明, 有所创造, 有所前进。



前 言

在伟大领袖毛主席的革命路线指引下，为了加速我国数字集成电路的发展，不断提高器件的可靠性水平，逐步提高集成度。四机部于一九七三年五月至七月在上海无线电十九厂进行了质量试验，试验结束后，在苏州召开了数字集成电路试验总结与经验交流会。

到会代表进行了广泛的技术交流活动，分析了数字集成电路的可靠性问题，讨论了提高可靠性的措施，研究了提高集成度的技术问题，取得了积极的成果。

会议决定将这次技术交流的内容汇编成《数字集成电路技术交流资料选编》一书，并委托上海科学技术情报研究所出版，供从事这方面工作的工人、干部和技术人员参考。

四机部数字集成电路试验总结与经验交流会

1975年8月

目 录

以路线斗争为纲 提高电路可靠性的体会	苏州半导体器件一厂	(1)
为提高电路合格率而努力	上海无线电十九厂	(6)
对硅(100)晶面在集成电路中应用的探讨	八三三一厂	(13)
浅饱和高速 TTL 电路及其在高低温下的适用性	北京无线电器件厂	(19)
关于提高介质隔离数字集成电路参数稳定性问题	上海无线电七厂	(42)
用 MOS 电容法测量 SiO_2 中的离子沾污	复旦大学物理系	(44)
表面钝化和 $C-V$ 分析	上海冶金研究所	(54)
数字电路高电源大功率直流老化筛选	八七八厂	(65)
筛选数字集成电路的一种新方法—— $V_{cc}-I_{cc}$ 特性曲线筛选法	八七八厂	(77)
集成电路可靠性试验总结		
.....京字一一五部队、四〇一所、北京半导体器件三厂、八七八厂		(85)
集成电路底座酸性镀金(合金电镀)	上海无线电十九厂	(119)

以路线斗争为纲 提高电路可靠性的体会

苏州半导体器件一厂

我们苏州半导体器件一厂生产数字集成电路已有几年的历史, 由于受到刘少奇一类骗子的破坏和干扰, 一度只重视产品的数量, 而产品质量却一直没有突上去。近年来, 特别是 1972 年以来, 在苏州市机电局领导下, 厂党总支以路线斗争为纲, 在深入开展批修整风运动中, 充分发动了群众, 加强了企业管理, 狠抓了产品质量, 取得了一些初步效果。目前电路可靠性已达到部标总技二类标准, 在今年部数字集成电路试验中, 没有出现失效和损坏, 参数比较集中。使用单位初步反映比较好。现在把我们做的工作简要汇报如下。

一、以路线斗争为纲, 端正了对电路质量问题的认识

我们厂把电路的可靠性提到质量问题的第一位来认识, 是有一个过程的。最初, 我们主要把精力放在抓管芯成品率的提高方面, 这是必要的。因为, 管芯成品率与电路可靠性有一定联系。但是, 对与电路可靠性有直接联系的表面质量、铝条划伤、键合、封装等环节还没有引起足够的重视, 因而, 电路可靠性的问题, 必然在很多整机厂反映出来。具体表现在上机前进行老化和测试时, 就有相当比例的电路被淘汰, 而在调机过程中, 又有相当比例的电路失效。早期失效时间拖得很长, 整机无法可靠工作。因此, 质量问题特别是电路的可靠性问题很突出, 使用单位要求调换。在电路总技标准颁布后, 我们曾按总技二类标准对从前生产的电路进行可靠性试验, 结果, 在 20 块电路中, 损坏的竟达 5~6 块之多。这一严重的质量问题, 引起了我们各级领导的重视。毛主席说: “一切产品, 不但求数量多, 而且求质量好”。“质量问题也是个路线问题”。我们按照毛主席的抓主要矛盾的教导, 又学习了兄弟单位的先进经验, 使我们进一步认识到电路的可靠性是个路线问题, 也是电路工艺水平和管理水平的综合反映, 是当前质量问题的关键。为了迅速改变落后面貌, 在党总支的领导下, 我厂成立了电路质量攻关小组, 总支书记亲自挂帅, 并深入到电路车间作动员报告, 放手发动群众。各车间及有关部门也立即行动, 对电路攻关给予积极的支持。电路车间党支部也针对可靠性问题, 加强了领导和思想路线教育, 并在整顿和加强企业管理的同时, 狠抓了工艺卫生制度的落实, 狠抓学习大庆“三老四严”作风的培养, 加强了工艺管理, 逐步健全了质量检验制度和产品例行试验制度, 在工艺上采取了一系列措施, 技术力量上也作了相应的调整。

二、发动群众搞好工艺卫生, 为实现局部无尘准备条件

众所周知, 工艺卫生和个人卫生是提高电路可靠性的先决条件, 电路质量的翻身就应该从

这里开始。电路车间首先发动了群众,建立和健全了工艺卫生制度。在执行过程中,有的工人不使头发沾污管芯,做到了把前额头发全部戴在帽子里,有的班组发现扫帚扫地会增加空气中的灰尘,就改用抹布擦地板。车间领导抓住了这个好的苗头,就加以表扬推广。但是,在执行过程中,也遇到过一些阻力。例如,有的人说:“戴帽子后,女同志变得男不男,女不女,勿好看”;有的人觉得抹布擦地板不自在,不习惯。针对这些思想,我们一方面用工艺卫生对可靠性的影响的实际事例来进行教育,另一方面,再用先进事例来教育群众,克服习惯势力,收到了较好的效果。有个青年女工激动地说:“从前,我们的父母给地主资本家擦地板,累死累活还被人看不起。现在,我们工人当家作主,为多快好省地建设社会主义,为提高产品质量擦地板,是无上的光荣”。

环境卫生有了基础,加强工艺卫生,为实现局部无尘准备条件就有可能。我们针对后工序流程长的特点,把精拣、烧结装片、压焊后的检验、封装等工序都放在操作箱内进行。尤其是封装,考虑到管芯在大片清洗后要经过揀片、精拣、烧结、压焊、检验等五道工序才到封装,在目前的卫生条件下,还会落上纤维和灰尘。因此,先把管芯用大流量干燥氮气吹洗,然后放在通干燥氮气的操作箱中用红外灯烘烤,驱除水气,再滴胶、烘胶。水煮试验证明:在目前所采用的封装结构中(1152 胶内涂,环氧封盖),对可靠性的好坏起决定作用的是 1152 胶,而 1152 胶与管芯、陶瓷的粘接能力并不是很好的。因此,若管芯表面、管壳内有水汽灰尘沾污,就会大大降低 1152 胶的保护作用。由解剖可知,通过以上措施的电路,其清洁度大大提高,因而提高了电路的可靠性。

三、加强了工艺措施

实践证明:在目前的工艺水平下,单靠加强工艺筛选来提高电路可靠性的方法虽有一定成效,但也有消极的一面,即成品率不会高,检验中发现有问题的电路也不会全部筛选掉,甚至缩短合格电路使用期限(关于这一问题,国内外有很多报导。所谓集成电路失效率曲线中不存在晚期失效上升阶段,这是有条件的,即应有相应的工艺条件来保证,特别是要在全密封结构及合理的工艺筛选条件下才能达到。)我们认为,加强工艺措施已成为提高电路可靠性的关键。在这方面我们着重抓了三个环节,即减少沾污和漏电,保护铝层和管芯,采用超声压焊。具体措施如下:

1. 加强了片子的清洁处理

我们全部采用过氧化氢洗液煮片、热去离子水冲片,消除了由于相互摩擦碰撞而引起的划丝,解决了以前采用硫酸煮片时所产生的片痕沾污,有的工序还加超声清洗。

2. 用低温退火减少漏电

在氧化扩散时,因氧化速度较快,在氧化层中往往形成氧离子空位。同时,在钠离子沾污情况下,钠离子还原 SiO_2 ,也能产生氧空位,这些氧空位带正电荷,会在低浓度 p 区表面感应生成反型层,引起沟道漏电,使二极管、三极管漏电变大^[1]。为了消除沟道漏电,我们在基区再分布后或三次氧化后,通氧低温处理,以填补氧化层中的氧空位,经处理后,漏电有很大改善,提高了管芯合格率和可靠性。

3. 采用氧化去胶, 吸气划片及大片清洗工艺, 大大减少了铝层的划伤

铝层划伤是电路可靠性的大敌。我们发现在长期功率老化中, 铝层划伤部分往往因电流密度大、发热而烧断。采用以往的工艺, 很难保证铝条不划伤。首先在腐蚀铝后, 用发烟硝酸去胶时还要用棉花擦, 免不了要擦伤铝层; 同时, 在随后的工艺中, 若硝酸清洗不干净, 也会使铝条腐蚀变黑, 颗粒变粗。其次, 清洗管芯是在撇片后进行的, 若不用超声清洗, 则表面沾污很难去干净; 若用超声清洗, 管芯之间又免不了因相互摩擦而损伤铝层。另外, 在划片、沾片、取片过程中, 铝层很容易被松香及其他污物沾污。为了解决铝层的划伤问题, 我们采用了氧化去胶、吸气划片及大片清洗管芯工艺, 基本上解决了以上的矛盾。

4. 用超声压焊代替原来的热压自动送丝

可靠性试验及测量热压铝丝拉力的结果表明: 热压焊的键合强度是成问题的。另外, 在热压时, 由于管芯暴露在空气中加热, 电路特性容易变坏, 管壳镀金层也容易变色。这些因素都促使我们改革工艺, 超声压焊就解决了上述热压存在的问题。在短短两个月中, 超声压焊迅速上马, 破除了超声难上的迷信, 克服了“宁愿做自动送丝, 不愿上超声压焊”的畏难情绪, 解放了思想。大家苦学苦练基本操作, 克服了超声压焊中的一道道难关。例如: 压焊机功率与压力的调节问题, 压点形状问题、同镀金管座的配合问题、以及蒸铝的质量问题等, 压焊质量迅速提高。原来热压自动送丝只能承受 2~3 克拉力, 而现在超声压焊一般都在 8 克以上, 有的还达到十几克。经例行试验多次考验, 至今还没有发现因压焊不好而失效的例子。同时, 在提高质量的基础上, 也提高了数量, 平均每人每天可压 200 只, 快的可达 300 只以上, 成品率达到 95%。

5. 在环氧封盖工艺上改成用苯二甲胺作固化剂, 进行常温固化

据有关资料报导和兄弟单位介绍, 环氧树脂在长期潮湿的环境中会透水, 这是缺点, 但在粘结能力、机械强度、耐化学药品能力方面还有一定的特长, 可补救 1152 胶耐溶剂性能差的缺点, 所以在全密封管壳解决前作一些改进, 还是有一定意义的。我们原来是采用 647 酸酐作固化剂的, 因为要多次加温烘烤, 比较麻烦, 而且, 操作时挥发物要刺激眼睛, 经常会出现气泡漏气现象, 成品率不稳定, 有时只有 50~60%。后来改用苯二甲胺作固化剂, 在常温下固化, 就大大提高了成品率, 一般都在 95~98% 以上。简便、低毒是它的特点。一般说来, 虽然酸固化的环氧树脂比用胺固化的环氧树脂耐热性要好一些, 但是, 苯二甲胺在结构上属于芳香二胺, 因它固化后的苯环很稳定, 所以它的耐热性比一般胺固化的环氧来得好, 只要在配料过程中加以注意^[2], 对于部标总技二类电路使用温度范围是足够的。另外, 647 酸酐成分比较复杂, 在配比中所占分量较大, 固化后的环氧树脂中含有羧基^[3] (特别在固化不充分时更是这样), 环氧吸水后就可能产生离子, 增加对管芯的污染。而采用苯二甲胺作固化剂时则反应比较简单, 不含有羧基, 故不存在沾污的问题, 可靠性试验中没有发现与 647 酸酐固化的环氧树脂有什么不同。因此, 我们认为用苯二甲胺固化的环氧比原来工艺效果好。

四、初步健全了生产过程中的检验制度

工艺必须有相应的检验相配合,才能判断工艺效果。另一方面,从检验发现问题,促使工艺改进和创新。以前各工序也有某些检验,但比较混乱,没有统一标准,分布也不合理,管芯做成以后的检验更不完善。针对这一落后情况,发动群众初步建立了自检、互检与专职检验相结合的检验制度,制订检验标准,在班组内部的检验一般采用自检、互检形式,班组之间及质量关键地方则建立专职检验。专职检验包括材料检验、测管芯、合金化大片检验、精拣、管壳检验与压焊后检验,而总测中则增加了漏电测试。其中精拣、压焊后的检验,已发展成工序。随着对电路质量的要求愈来愈高,以及工艺的改进,检验标准也是不断调整的。我们的体会是,检验标准从严要求,对提高工艺水平有好处。例如,原来锑扩散的方块电阻规定在 40 欧/方以下,只要击穿特性好就可以流下去。后来,根据产品质量要求,把标准提高到 25 欧/方以下,否则就算报废。在锑扩散工序操作同志们的努力下,现已能达到标准。另外,过去为了提高成品率和均匀性,一般把电流放大系数做得较小。但是,这样做会使电路的低温性能不好,所以管芯的电流放大系数不能做得太小。后来,我们从严要求,规定 $\beta \leq 13、14$ 的片子为报废。这样就促使工艺从严要求。经过一阶段努力,均能达到大于 15,一般在 20~50 之间。测管芯后还要经过合金化,电流放大系数还会提高,从而保证管子的电流放大系数大于 20。在低温测试中,我们没有发现由于电流放大系数小所引起的电路不合格。

为了提高电路的可靠性,研究电路的漏电特性是很必要的,我们增加了用示波器测试输入交叉漏电和输出反向漏电,观察了高温下漏电变大的过程,并发现我们目前的版子设计中,交叉漏电的起因,主要是交叉 β 的贡献,eb 结反向漏电的贡献是次要的。同时,发现各批电路交叉 β 相差很大,这对版子设计、管芯工艺改进、研究扩散机理有很大参考价值。

以上的例子并不说明检验工序愈多愈好,相反,不必要的检验反而会增加麻烦。由于我们加强了初测(共测七个直流参数),加强了表面检验和保护铝层,采用了超声压焊,中测就显得意义不大,因此取消了压焊后的中测,除节省人力、仪器外,对减少管芯沾污、保护管脚有一定好处。取消中测后总测成品率也没有降低,一般在 85% 左右,有的还达到 95%。

五、不断改进版子设计

生产实践表明,在一定工艺条件下,版子设计是否合理,对成品率与可靠性都有一定影响。我们的体会是:要充分利用线路的对称性,使版子尽可能对称,光刻方便,参数也整齐。另一方面,不刻二次引线孔的简单电路,铝引线不越过三次氧化层,以免铝层与氧化层下面磷扩散区之间漏电或短路。此外,还要控制氧化层的落差。在版子设计中,应使落差不要太大。因为,在铝引线跨过落差较大的地方,会产生台阶。而台阶处铝层容易发生缺陷,失效可能性就比较大。为了消除漏电的影响,压点铝层应置于一个隔离岛内。即使氧化层有针孔,也不至于同衬底短路。管芯内部铝引线则要适当粗些。为了适应超声压焊的要求,压点要适当大些,相互之间的距离不要太近,压点距管芯内引线不能太近。

从以上汇报可以看出,我们在电路可靠性方面所做的工作还刚刚开始。有些措施就是从各兄弟单位学来的,与这些兄弟单位相比,差距还比较大,特别在进一步提高电路可靠性的措

施方面,还要做大量艰巨而细致的工作。

以上汇报如有不当之处,请予指正。

参 考 资 料

- [1] 上海无线电十九厂:《工艺专题报告》p. 16. 1972 年
- [2] 上海树脂厂:《环氧树脂》p. 68~70, 1971 年
- [3] 《国防科委半导体器件技术交流资料汇编》,“可靠性和质量控制会议”p. 24.

为提高电路合格率而努力

上海无线电十九厂

概 况

毛主席教导我们：“一切产品，不但求数量多，而且求质量好”。毛主席的这一教导，明确地指出了数量与质量对立统一的关系。提高产品质量是一项基本的任务。

我们厂是生产固体电路的专业厂，我厂三车间又是主要生产车间。所以，提高电路的质量，提高电路的合格率是我们迫切需要解决的问题。尤其是在当前提供中大面积集成电路已愈益显得甚为突出的形势下，提高单元电路合格率就更为迫切和需要。

我们遵照毛主席的教导，坚决贯彻执行党的社会主义建设总路线，以批林整风为纲，深入开展群众性的质量教育运动。发动群众，积极开展技术革新，改进生产体制，加强班组建设，建立和健全车间生产管理制度，工艺卫生制度以及各项检验制度。做到思想发动、组织保证、措施落实。从而使电路合格率有了比较明显的提高。以单门或双门（双门中单门不算）为例：1972年上半年初测合格率平均为40%，下半年平均为50%，1973年以来则达到平均为70%的水平。

但是，如何提高合格率，还需继续努力。因为影响电路合格率的面很广，它是政治思想、班组建设、生产管理、基础材料，工艺技术等多方面的综合反应。下面汇报一下我厂三车间范围内的

一、开展社会主义劳动竞赛，力争高产优质低消耗

毛主席教导我们：“人民群众有无限的创造力。他们可以组织起来，向一切可以发挥自己力量的地方和部门进军，向生产的深度和广度进军，……”。毛主席的教导，给我们指明了方向。要把电路合格率提高一步，就必须搞群众运动，发动群众，坚持政治挂帅，大打质量之仗。

1973年起，我们在厂党总支的领导下，在1972年连续三次车间与车间质量对口竞赛，取得良好成绩的基础上，开展了车间班组竞赛。车间成立了竞赛领导小组，通过群众的广泛讨论，制定了内容包括学习、思想、团结、任务、质量、纪律、工艺卫生等方面的劳动竞赛方案。在车间大会上动员宣读。让每个群众都明确，充分发挥群众的积极性。在竞赛过程中，进行不定期的检查。每月召开一次车间大会。进行批林整风交流，竞赛讲评，表扬好人好事与好的班组，指出存在问题，提出下阶段的任务与要求。做到有比赛、有检查、有总结、有交流、有提高。通过不断深入的批林整风和班组竞赛，进一步树立了工人是工厂的主人的观念，极大地发挥了社会主义积极性。不断地使“自在之物”变成“为我之物”，电路合格率不断上升，而且比较稳定，以实际行动有力地批判了林彪所散布的反动的“天才论”和“顶峰论”等谬论。

从1973年以来，全车间六条管芯生产线连续保持电路的初测合格率平均在70%的水平

(单门或双门)。比 1972 年又有较大的提高。从而使生产任务不断超额完成。与此同时,上半年还进行单块 JK 触发器、单块双 D 型触发器等四个品种的试制。准备年内陆续定型,进行正式生产。工人同志讲:“过去加班加点赶任务,现在是不加班超任务”。生产形势欣欣向荣,高产、优质、多品种、低消耗的群众运动正在不断深入地发展。

二、改进体制,挖掘潜力

我们认为:生产体制合理不合理是关系到生产能否持续提高的重要问题。根据我厂三车间任务重、试制任务多的特点,车间党支部反复分析研究,和群众座谈讨论。认为原来的生产体制不能适应生产发展、质量提高的要求。从而进行了改进,具体做法是这样的:

原来隐埋氧化,隐埋光刻,隐埋扩散、外延是分开的。不属于同一个组。这样不仅管理分散,而且质量也不能保证。例如氧化后的片子是分到各条生产线上去做隐埋光刻的。而各个光刻表面质量又各不相同。这样就影响到隐埋扩散和外延的质量,从而产生了矛盾。因为不是同一个组,所以往往要车间领导去解决。为了改正这些缺点,我们将四个方面的工序集中,成立一个材料组。这样在管理上车间便于对口,车间有多少抛光片提供材料组,材料组有多少外延片上交车间,便于统计材料利用率。质量上的问题又容易在组内相互配合,得到解决。从而改正了过去的不足之处。

与此同时,由于人员、场地、设备跟不上生产与试制任务的需要,我们将原来的三条管芯生产线一分为二,变为六条生产线(组)。两条生产线按早、中班轮翻,共用一套设备与场地。过去一条线十六人左右,现在一条线八人左右。包括氧化、扩散、光刻、蒸发、初测等工序。就是说,每条线都包括从外延片一直到初测为止的所有工序。这样,在每天完成同样工作量的情况下,以前一条线分早、中班,每天投料四批,每批五大片。现在一条线每天投料三批,每批五大片。对整个车间来说,在人员没有增加的情况下,生产量比过去增加了三分之一。而且充分利用了设备的潜力。

另一方面,整个车间的蒸发与初测原来是集中的,各设一个小组。现在都分到各个生产线上,这样,搞工艺的同志能及时看到自己工艺的结果,就更有利于各个工艺之间的密切配合。

经过半年多的实践,结合我厂三车间的实际情况,与过去相比,我们认为有如下的好处:

(1) 有利于安排班组的学习,因为一条线上的同志同做一个班头,同时上班,同时下班,不像过去分早、中班,所以便于安排。

(2) 有利于完成生产任务与试制任务。过去只有三条生产线,现在有六条,面比较广。这样就容易安排落实。

(3) 有利于提高劳动效率。过去一条线十六人,现在八人,但每天都完成同样的工作量,所以效率要提高一倍。为什么过去两个班头的工作,现在一个班头内能做好呢?主要是安排上抓得紧,工艺上也进行了一些改进,所以困难就少了。

(4) 有利于提高产品的质量。过去早、中班打统仗,早班做不完,中班接着做。现在是一个班头做好,工作铺开,自己负责到底。责任分明。所以片子返工少了,碎的少了,合格率提高了。

(5) 有利于开展班组之间的劳动竞赛。现在早、中班,每个班头都有三条独立的生产线。

相互有对比,有促进,有提高,始终呈现着竞赛的气氛。长江后浪推前浪,一浪更比一浪高。大家都鼓足干劲,力争上游。

(6) 有利于解决生产上的问题。凡是六条线共同出现的问题,共同分析找原因,车间组织攻关小组来解决;凡是单一性问题,自己线上找原因。这样,解决问题的针对性就强,反馈周期快,容易解决问题。

总之,目前的生产体制,前后集中,中间分线。有利于管理,有利于提高劳动效率,有利于提高质量,有利于完成任务。从而有可能在一段时间内达到相对的稳定。但是事物总是不断发展的,所以需要不断适应新形势的要求,而不断加以改进。

三、加强检验,把好电路质量关

1. 要不要检验?

进行质量检验应该说是理所当然的事情,但并不是一帆风顺的。在要不要检验的问题上,一开始就暴露了许多思想。有的同志认为检验是不相信群众,或者是怕麻烦,爱面子、不服气、损纱帽等等。检验同志也有怕“得罪人”,搞坏关系,怕负责任等思想。所以检验工作就很难推下去。例如:有一次检验同志要求将不合格的片子进行返工,可是操作同志就不肯返工。你讲要返工的理由,她讲不要返工的道理。最后虽然口头上同意返工,可是行动上又不返工。总认为自己做得并不错。于是转了一圈就把原片子又送去检验。检验同志认真地把原片子检验后讲:“老毛病,还是要返工”。但操作同志还是不肯返工。检验同志觉得很为难,只得由车间领导来解决。

为什么会出现这些情况呢?归根结蒂是有的群众思想上还没有真正树立起质量第一的思想,还没有真正认识到提高质量的重要性。多年来没有这种习惯了,现在重新建立检验制度,必然会有阻力,这也是正常的。只要我们做深入细致的思想工作,并在不断的实践中加以认识和提高,是会逐步克服的。群众是通情达理的。所以,我们在进行质量教育的同时,不断地用事实来对比。而事实是最有说服力的。

例如过去几年,电路合格率总是不稳定,忽高忽低。群众讲:“真象神经病”。但是进行检验后,电路初测合格率不断地从30%提高到40%、50%、70%。合格电路中的优品率从百分之几,提高到15%、25%、30%。这些都是群众亲身经受的,体会特别深。从而认识逐步统一,认为质量检验不是可要可不不要的东西,而是一定要认真执行,把检验制度坚持下去。

由于坚持检验,在检验中不断地进行思想教育和实践。群众认识不断提高,群众性质量管理已成为风气。基本上做到了三主动、三满意:自己检验后觉得不好的就主动返工;出现问题就主动找原因解决;片子做好就主动送去检验。做到自己满意,检验同志满意,下道工序同志满意为止。

2. 靠谁来检验?

这里先要搞清一个问题,何谓检验?我们理解是:所谓检验就是以一定的标准,对每一道工序进行工艺效果的检查,并指出毛病之所在,从而采取措施,加以消除和防止,以达到促进质量提高之目的。由此可见,检验不是目的,而是一种手段。不是几个检验员的事情,而是群众性

的工作。毛主席教导我们：“群众是真正的英雄”。所以，提高电路质量要靠群众。实践表明：惟有广泛地开展群众性的质量管理，在自检的基础上进行互检和专检，就会不断地改进工艺，提高技术水平。就会千方百计地把好质量关，做到少返工，不返工。

例如，当用 KPR 胶进行铝反刻，腐蚀时总难免出现铝腐蚀不清楚，产生连铝、钻蚀等不良现象。碰到这种情况，就只得返工。而一返工就会影响合格率和表面质量。究竟是什么原因呢？为了解决这个问题，蒸发与光刻的同志做了许多试验，结果表明，光刻胶是主要原因。后来采用聚脂胶，就基本上得到了改进。

又如扩散炉的恒温区很短，只有近 10 厘米。这样不仅效率低而且扩散不均匀，击穿特性参差不齐。怎么办？工人同志就因陋就简地想办法调头扩散。即将硅片推进去扩散一定时间后拉出来，调转头再扩散。从而比较有效地改善了击穿的均匀性。办法虽土，但解决问题。

再如，为了提高硅片的表面质量，工人们就用平行光源来检查在普通光线下不能发现的沾污状态。这些沾污状态经过高温后就会暴露出来，因而就可以针对这一情况，改进清洗方法，消除存在的隐患。过去隐埋氧化片，由于这种原因，大概有 30% 要返工，现在基本上做到了不返工。

这种例子是很多的，工人同志在实践中创造了丰富的经验。一支工人技术队伍正在不断形成，在各个工艺上控制着电路的质量。他们才是真正的质量的主人。

3. 检验标准从何而来？

要检验就要有检验标准。那末检验标准从何而来呢？实践出真知。所以，标准必须是从实践中来。起初，我们虽然也定了许多条标准，但是缺乏实践，往往发生矛盾，推不下去。

例如蒸发铝膜。各人蒸发的铝膜有薄有厚；颗粒有粗有细；有的铝膜光亮，有的不够亮。究竟哪种好？标准很难定。蒸发同志与检验同志经常发生矛盾。为了订出比较切合实际的标准，我们就组织蒸发、检验、超声等有关同志一起做试验。通过反复试验表明：凡是铝膜光亮、致密、比较厚的。超声压焊就既好操作，又很牢固。否则就焊不上，即使焊上也不牢，一拉就掉。这样就确定了铝膜检验的初步标准。做到大家满意，质量有保证。

又如，小片检验（镜检），主要是根据表面缺陷来进行电路分级。但是表面缺陷的类型是很多的，部位也是不同的。究竟哪些影响大？哪些次之？都是不大清楚的。为了进行比较合理的镜检，我们就对各种不同的缺陷进行了分析，如引线孔扩大、毛刺、针孔、隔离槽合金点等，并做了高压测试试验。这样，检验时就更有针对性，使标准逐步合理与日臻完善。

目前，我厂三车间在自检互检的基础上，成立了一个专职检验小组。负责整个车间的大片检验和小片检验。大片检验的内容包括：光刻掩膜版、外延片、各道氧化片、六道光刻片以及铝膜的检验。小片检验即在掀片（分片）后进行电路的 C、B、A 分级。C、B 级的送下去，A 级的报废，约占 10% 左右。A 级的电路性能还是有效的，但因考虑到可靠性而不要。

专职检验小组只检查表面，电参数则由有关同志进行自检。此外，锑扩用的氮气、水质、装片、超声、封口等工序，均由本工序定人检查。

这样，除了厂一级的检验制度以外，我厂三车间也建立了一套比较完整的检验制度，以确保电路质量的相对稳定。

四、大搞技术革新,多快好省地建设社会主义

我们从实践中体会到,广泛开展群众性的技术革新是多快好省地建设社会主义的有力措施。是毛主席亲自制订的《鞍钢宪法》的生动体现。发动群众,人人动手做试验,搞革新。不仅速度快,而且效果好,成本低。近两年来,我们先后进行了几十项工艺革新,都已经有效地在生产中使用。主要有以下几个方面:

1. 减少划痕,提高硅片表面质量

(1) 用插片式的石英花篮作为硅片清洗的用具

这种花篮有“栅栏”式和“锯齿”式的两种。需要清洁处理的硅片是一片一片插入而且是分开的。这样在进行试剂处理和冲水的过程中,硅片不会发生相互碰撞。从而改进了过去硅片重迭在一起,在处理过程中由于相互碰撞而造成的大量划痕,使硅片表面质量提高。

(2) 用氧气氧化法除去光致抗蚀剂

我厂自生产电路以来,铝反刻去胶,一般都是用发烟硝酸,或者用二甲基乙酰胺浸泡,使胶膜软化脱落,再用丙酮棉花擦去残余的胶膜。这样就会严重损伤铝膜表面,在铝膜上形成纵横交叉的划痕。1972年,我们试用氧气氧化法去胶。就是将反刻腐蚀好的片子,经冲水洗干净后,用红外灯烘干,放在氧化炉中进行开管氧化去胶。条件为:

炉温 530°C 左右,时间 15 分钟,氧气流量 8 升/分。

采用这种方法,工艺简单,效果好。既去胶又同时合金化。表面清楚,无残胶。无明显氧化,不影响超声压焊。而且不要再用丙酮棉花擦片,因此,铝膜上的划痕大量减少。而铝膜上的划痕则是必须尽量避免的。

(3) 吸气划片和吸气装片

原来我们是将硅片用松香粘在铁板上,进行划片。划好后,将松香熔化,取下硅片,再作清洗。这样不仅工艺繁琐,效率低,而且电路表面也很易受伤或沾污,特别铝膜是很“娇嫩”的。1972年,我们改用吸气划片,就完全改进了上述缺点。同时,我们用吸气笔代替用不锈钢镊子装片,也减少了碰伤表面的机会。

2. 减少漏电,提高电路参数水平

(1) 高温短时间磷扩散

高温短时间磷扩散是根据兄弟单位的经验,结合我们的实际情况而采用的。其条件为:

扩散温度 1200°C , 扩散源为 POCl_3 , 置于 0°C , 大氮流量为 300 毫升/分, 小氮流量为 100 毫升/分, 氧气流量为 100 毫升/分, 扩散时间为 7 分钟通源加 3 分钟关源(通源时间由试样而定,这是典型值,但不会超过 10 分钟)。而氧化条件则为:

氧化温度 900°C , 水浴温度 90°C , 氧气流量 300 毫升/分, 氧化时间: 15 分钟湿氧加 10 分钟干氧。

经过一年多的实践表明,高温短时间磷扩散是适用于我们的中高速电路的。 BV_{ceo} 和 BV_{ebo} 比用普通温度(如 1080°C)有所改善,变硬。 ce 穿透减少。漏电减少,管芯合格率提高。

(2) 低温退火

为了达到电路漏电流从 100 微安减少到 10 微安的要求。在线路设计和工艺制造中都采取了一些措施。工艺上低温退火就是其中之一。

低温退火就是做好基区再分布后, 再将片子放到 700°C 左右的氧化炉中通干氧或者湿氧 30 分钟以上。但是, 如果温度再低, 时间再短, 效果就不显著。这样可使漏电流大部分都得到改善, 从而使管芯特性和合格率提高。

(3) 用双氧水对硅片进行清洁处理

原来硅片清洁处理是用硫酸的。近年来, 我们改用双氧水。将双氧水与氨水, 盐酸按一定比例配成 1 号和 2 号清洗液。两者的配比分别为:

1 号: 氨水: 双氧水: 水 = 1: 2: 5

2 号: 盐酸: 双氧水: 水 = 1: 2: 7 (体积比)

前者的作用主要是去除油腻、残余的胶以及其它有机物沾污。而后者则可除去重金属离子。这样对减少漏电流有好处。通过使用, 与硫酸比较, 具有操作方便、安全、处理时间短、片子不易碎的优点。效果也要比硫酸要好些。

3. 缩短流程, 提高效率

我们知道, 制造电路的周期是很长的, 特别是硅片在高温中停留的次数不仅多而且长。所以在不影响参数性能的前提下, 我们总是希望尽量缩短硅片在高温中的停留时间, 以减少位错增加机率, 因为位错是有害的。所以, 我们打破常规做试验, 将隔离氧化时间从原来的 2.5 小时改为 0.5 小时。又如隔离再分布与基区氧化 (亦称一次氧化), 并同时金扩散, 原来是分开的, 共需 4 小时, 我们把两道工序放在一起做, 共 3 小时。以上两道工序的改进, 共缩短 3 小时。加快了生产周期。经过一年多的实践, 证明是正常的。由此可见, 在不断实践、不断认识的基础上, 原来的工艺是可能不断加以改进的。

4 测定氮气中的含氧量, 控制锑扩散的质量

我们进行的锑扩散是采用 Sb_2O_3 固态源, 在 1200°C 下, 用箱法开管扩散的。多年来, 生产中常常碰到扩散后的硅片出炉时扩散源发黑, 炉口有黑色固体附着在石英管口上等不良现象。一遇到这种情况, 往往整炉硅片报废, 虽然采取了许多措施, 也不能完全解决。

1972 年 5 月份, 我们对保护氮气中含氧量作了分析, 试验表明: 基区硼扩散用氮气越纯越好 (大氮), 而锑扩散用氮气则需要有 0.15~0.4% 的氧。含氧量低于 15 ppm, 扩散源发黑; 高于 0.7%, 硅片表面氧化。多次试验表明: 氮气中含氧量以在 0.15~0.4% 为宜。凡是用含氧量在这个范围内的氮气做锑扩散, 结果都正常, 从而保证了锑扩散的质量。

5. 改进后工序, 提高可靠性

在后工艺中, 除了改进划片工艺外, 着重改进了压焊与封装工艺。从 1972 年初开始, 我们用超声压焊全部代替了热压焊, 从而使压点的拉力从几克提高到平均 10 克以上。同时, 还用 6235 高强度聚脂漆作填充料, 比较有效地解决了内断问题, 并提高了防潮性, 从而使封口合格率从 70% 提高到 90% 以上。这种封装, 在两次全国电路试验中, 都达到了 II 类指标的全部例行试验的要求。

同时,为了加强对电路初期失效的筛选,我们对每块电路都进行高压测试。电路的每只脚(接地脚除外),都经过交流 220 伏微电流瞬时电冲击。凡是 $p-n$ 结不好,针孔严重,引线孔刻偏或有钻蚀现象的,一般都要被淘汰,从而进一步提高了电路使用的可靠性。

结 束 语

近几年来,我们在厂党总支的直接领导下,根据我厂三车间的具体情况,做了一些工作。电路合格率有了一些提高。但是还跟不上形势对我们的要求。与国外先进水平相比,距离还很大;与国内先进水平相比,差距也不少。电路的可靠性,集成度更需要大力提高。

从目前的单元合格率来看,虽已初步具有试制中面积电路的可能,但是,在客观上,大视场制版镜头、测试仪表、封装、灰尘等问题都尚待解决。

在毛主席革命路线指引下,电子工业的大好形势正在迅速发展,我们相信,暂时的困难必将迅速得到解决。

为了使我们的工作不断推向前进,必须继续以批林整风为纲,坚持政治挂帅,不断总结经验教训,谦虚好学,取人之长,补己之短,把革命干劲与科学精神结合起来,为进一步提高电路合格率,向高可靠性、高集成度方向发展而作不懈的努力。

对硅(100)晶面在集成电路中应用的探讨

八 三 三 一 厂

硅的(100)晶面已在 MOS 器件中得到广泛应用,并在梁式引线技术中表现出独特之处,在介质隔离方面也有其优点。然而,目前双极型器件几乎都是选取(111)晶面。本文试图根据金刚石结构的特点和晶体的各向异性的性质,采用“有比较才能鉴别”的方法,对硅平面双极型器件中选用(100)晶面,在降低材料缺陷和减少表面沾污等方面是否比(111)晶面有利的问题进行了探讨,以提高器件的质量。

一、结构完整性

晶体的物理性质,虽然取决于结构中原子的性质及其排列方式,但在一定程度上,也受到晶体中各种缺陷及其组织的影响。甚至就某些性质来说,例如硅器件电参数的一致性,从材料角度考虑,硅晶体的缺陷往往具有决定性意义。所以,随着半导体器件的广泛应用,对其可靠性和参数一致性的要求越来越高,势必提出减少硅材料的位错、层错等缺陷的要求。

无论是由于籽晶或者拉晶过程中引入的位错,还是外延生长中产生的层错,都不外乎是机械应力或热应力所造成的。在材料制备过程中要完全避免机械应力和热应力是困难的。但是,利用硅单晶的各向异性,在同样的应力下,对于不同的晶面和晶向,所产生的位错、层错等缺陷的几率有着很大的差别。由于硅晶体的金刚石结构,滑移一般最容易发生在原子密度最稠密的晶面内最稠密的方向上。所以,硅晶体的范性形变的滑移面多半是(111)晶面,滑移方向为 $\langle 110 \rangle$ 方向(严格讲,必须考虑 $\langle 110 \rangle$ 线和 $\langle 110 \rangle$ 柏氏矢量的种种组合)。但当硅晶体结构产生滑移后,就和面心立方格子的情形一样。所以预示着(100)晶面由于范性形变所产生的缺陷比(111)晶面少。我们曾用同一根单晶切取(111)晶面和(100)晶面,对其位错密度进行实测,(111)晶面的位错密度为4500/厘米²,而(100)晶面的位错密度则为100/厘米²,可见其差别很明显。(111)晶面和(100)晶面的位错、层错图形如图1~图4所示。

二、表面状态

通常暴露于空气中的硅晶体表面都覆盖着一薄层 SiO₂,但在平面工艺过程中,总免不了要采用 HF 之类的腐蚀剂来去除 SiO₂层。在此化学腐蚀过程中,自然有纯净的硅表面暴露在腐蚀剂中,这就存在吸附腐蚀剂中的杂质的可能性。虽然,提高化学试剂的纯度,是减少表面沾污的重要手段之一,但是利用硅晶体的不同晶面具有的吸附能力不同,选取吸附能力小的晶面来制造器件,也是减少表面沾污的一条途径。

处于硅晶体内部各原子的价力,都可以平均地分配到周围的相邻原子上去,而使力场成为饱和的平衡状态。但在硅晶体表面上的原子,由于有剩余价力,故其力场不饱和,即在表面有吸