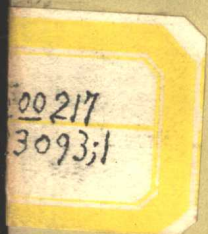
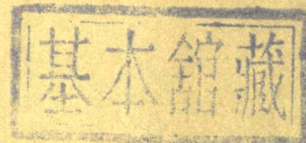


481060

500217
23093;1

· 半导体器件生产自动化专辑 ·

国外集成电路测试自动化



上海科学技术情报研究所

国外集成电路测试自动化

(半导体器件生产自动化专辑)

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 4.75 字数: 121,000

1977年9月第1版 1977年9月第1次印刷

印数: 1-~~4,000~~^{4,500}

代号: 151634·~~863~~⁸⁶³ 定价: 0.60 元

(国内发行)

前 言

在以华主席为首的党中央一举粉碎“四人帮”的伟大胜利鼓舞下，在高举毛主席的伟大旗帜，贯彻执行华主席提出的抓纲治国的战略决策，深入揭批“四人帮”，推动工业学大庆群众运动深入开展的大好形势下，为了更好地做好情报资料服务工作，遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，我们组织了有关单位编辑了国外半导体器件生产自动化专辑资料，供半导体器件战线的广大工人、技术人员和干部参考。

专辑共分四册，包括半导体硅片处理自动化，集成电路光刻制版自动化，集成电路键合自动化和集成电路测试自动化。本册主要介绍国外集成电路测试自动化情况，由上海科学技术情报研究所编辑。

由于水平有限，在编辑中一定有不少差错之处，希同志们批评指正。

上海市半导体器件科技情报协作网

1977年4月

目 录

| | |
|-------------------------|----|
| 国外半导体器件测试自动化概况····· | 1 |
| 探针台····· | 14 |
| 全自动探针台····· | 20 |
| 自动探针····· | 23 |
| 自动送片装置····· | 24 |
| 半导体器件自动测试分选装置····· | 26 |
| 半导体器件特性试验和分选····· | 33 |
| 自动波形识别装置····· | 36 |
| 半导体元件测试装置····· | 40 |
| 高速通用自动测试系统····· | 42 |
| 高速自动测试系统····· | 46 |
| CMOSIC 自动测试仪····· | 51 |
| 集成电路成品的自动处理系统····· | 54 |
| 电子元件的处理机和测试仪····· | 59 |
| 集成电路测试设备····· | 63 |
| DIP (双列直插式管壳) 处理装置····· | 69 |

国外半导体器件测试自动化概况

六十年代以来,半导体工业发展很快,特别是近几年来,大规模集成电路(LSI)以前所未有的速度在迅速发展。在LSI的研制和生产中较关键的是生产工艺和测试技术。LSI技术的发展要求研制新的高水平的测试系统,反过来新的测试系统又促进了生产技术的发展。另外,近几年来,国外熟练的技术人员缺乏,工资费用上涨,同时国外厂商为了增加产量、提高质量、降低产品成本,以取得用户信任,增强竞争能力,对半导体器件生产自动化都比较重视。目前,中间测试、部分产品的成品测试都已实现了单机自动化,不少是用计算机控制的,这不仅提高了劳动生产率,而且能对器件性能进行综合分析,有利于产品的改进和提高。

测试设备包括中间测试设备和成品测试设备。中间测试是通过测试硅片上芯片的电性能,标出合格或不合格的芯片,只把合格的芯片送到下一道装配工序,可以避免浪费人力和物力。中间测试还可以进行电路分析,为前工序提供电路的情况,有利于改进生产工艺,提高产品质量,因此可以说中间测试是生产线上的眼睛,一般都很重视。随着集成电路(IC)集成度不断提高,功能越来越复杂,目前一般中间测试都包括静态功能和动态特性测试,测试项目大部分与成品测试相同。成品测试是通过封装好的器件进行测试,经过测试、分类、打上型号标志。测试项目随器件品种而异。

一、中间测试自动化概况

中间测试就是对硅片上的芯片(或切割好的芯片)进行测试。目前国外生产线上一般

都采用自动多头探针分选台。这类机器在市场上已有许多品种可供选择,其中美国的品种较多,水平也较高。Teledyne TAC公司和Electroglas公司分别占探针台国际市场的百分之三十五,西太平洋系统公司占百分之二十五。日本东京精密、安藤电气、国际电气等公司也有这类产品,其中东京精密 APM-440系列水平也较高。为了适应电路大规模集成化的需要,探针台的探针数在不断增加,最多可达九十多个。许多公司为了便于大量生产测试,减少改换测试品种时的换针对针时间,现在采用了固定探针板。最近为了提高自动化程序,采用了激光调准,微型计算机控制、处理,硅片装料器等,大大提高了测试速度,减轻劳动强度。如美国 Cobilt 公司的 CP-4400 自动探针台,每天可测试一百片 4 吋的硅片,约五万块集成电路。

目前除了提高探针台本身的自动化程度外,还在考虑用闭路电视遥控多台探针台,据认为在原有的自动探针台上只要增加电视摄像机和监视器就行了,这也是实现全自动化的一个途径。例如美国北加利福尼亚的半导体制造厂准备用闭路电视遥控四台 CP-1 探针台,操作人员坐在电视屏前,通过显示控制台监视半圆形排列的四台探针台,操作者按一下按钮,就有一个探针台出现在屏幕上,操作者进行调准,然后转到下一个探针台。一般认为一个操作人员操作四台是有效的。有的公司采用配备有探针记录器的探针台,记录器提供电路品种的逻辑数据和地址,并把它记录在纸带或盒式磁带上,纸带或磁带连同硅片一起送到下道工序,由划片机划片,根据记录的数据进行分类,自动取出分别放在不同的器皿内。有的可分十类。国外认为,

采用自动化以后可以提高封装合格率, 增加产量。如用一台 LSI 硅片探针台, 八小时能处理六十块硅片(每片有 400 个电路), 每块芯片封装成本是五十美分, 假如每块硅片中有 4 块坏的芯片混入, 一年(按 250 个工作日计算)中坏的芯片的封装费用总共为三万美元, 使用自动探针台后封装合格率提高 1% 的话, 每年就可以增产三万美元。特别是采用全自动化后, 整个系统包括硅片装卸、存储程序和数据的磁带盒的装卸等都是自动的, 用不着人介入, 可以避免操作人员弄碎硅片, 减少损失。

自动探针台包括探针机械部分、电气控制部分和硅片装卸部分等。

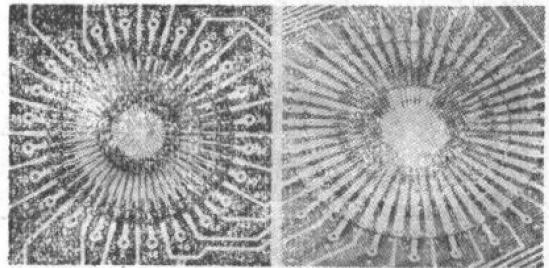
1. 探针台机械部分

探针台机械部分中, $X-Y$ 工作台移动大部分用钢球活动方式, 用步进电机驱动丝杆, 移动速度一般说来越快越好, 有的探针台已达每秒 50 毫米, 但要避免速度太快使故障增加。现在由于使用几台探针台同时测试, 所以移动速度不必过快。工作台运动累积误差在 10~15 微米右左, 移动量要求比硅片直径大。最近美国 Xynetix 公司的高速传动系统, 里面的活动部件(加压器)依靠空气轴承在磁铁板上移动。这个系统可以省掉步进电机、丝杆及匹配的机械装置。

Z 方向运动机械是使探针头和硅片接触的部分, 有的用滚轮带动锥形滑块由电磁线圈驱动, 有的由控制真空度进行。硅片由真空吸盘固定, 真空吸盘和机架绝缘。测试时, 有的是让探针接触硅片, 有的是让承片台上升, 使硅片上升与固定的探针接触进行测试。

环状机构是探针台最重要的部分。上面安装有探针头、打印器、传感器等。探针头要安装调整容易, 固定牢靠。探针头安装有用螺钉固定的, 有的在环状机构上开槽, 探针头安装在下面。探针大多在 40~60 个左右, 针与硅片之间的压力可用螺钉来调整(4~12 克), 不过这种机构容易造成人为误差和元件

误差(同批元件产品之间的误差)。多头探针台的探针也有用一种特殊的安装方式, 压力完全由探针本身压力来决定。用这种调整式多头探针台测试 MSI、LSI 的芯片是方便的, 但是在成批生产的工厂里使用这种探针, 因为随着品种的变换要更换调整探针, 保养维修麻烦, 因此一般都使用固定探针板。这种探针板首先是由美国 Rucker & Kolls 公司研制成的。这种探针板是固定的, 如照片 1 所示, 在印刷板上, 根据所测电路的引线孔排列位置焊接好探针, 测试前把这种板子象插入式的附件一样安装在环状机构上, 把它和硅片对准固定好, 就可以进行测试。变更品种时, 只要更换这种探针板就可以了。这种探针板虽然很贵, 但它不需要许多探头, 所以作为整个探针台来说还是比较便宜的, 使用方便, 有使用价值。由探头出来的电缆用开尔芬连接, 可以防止测试精度降低。



照片 1 固定探针板

打印器用来标出不合格的芯片, 以往大部分打印器是使用墨水(有的用磁性墨水), 为了使墨水不被阻塞, 往往加活化剂。虽然如此, 使用者认为还是容易出故障。美国西太平洋系统公司使用了一种螺旋形打印器, 注射状针头移动一次以后就移开和擦洗, 可防阻塞。Electroglas 公司在该公司的探针台上使用非接触重力注入器(Noncontact gravity fed Inker) 完全解决了打印问题。打印头用电磁线圈驱动, 根据需要可安装多个, 便于分类时作彩色打印。打印标记时, 可以测试后标记, 也可以过一个元件或一组元件后标记。

传感器是用来检查探针下有没有硅片。一般大多用测试厚度来确定有没有硅片，测试厚度用应变片的接触式或光电方式，测试结果可由指示灯指示。对于不平的硅片，Teledyne TAC 公司提出了一个解决的途径，该公司的“超级 ZZ 台”能自动补偿硅片厚度达 1 或 2 个密耳，“超级 ZZ 台”还能适合于弧线造成的硅片厚度的差异。据说该公司 PR300 探针台配备“超级 ZZ 台”后可提高产量 10~20%。这种新型的探针台带 ZZ 台售价二万九千美元(包括电视光学系统和硅片装料器)。美国西太平洋系统公司的探针台 Z 方向操作带上下传感器，可避免损坏探针头。

照明装置采用光控制方式，用光学纤维导光照明靠近物镜中心的周围部分，不会出现阴影等现象。有的带无阴影照明装置。

显微镜多用双目实体显微镜，焦距可变，放大倍数可以选择。

另外，有的探针台还配有温度夹头，可在各种不同的温度环境下测试芯片的性能。如 Temptronvo 公司的温度夹头，温度范围为 $-55 \sim +300^{\circ}\text{C}$ 。

2. 电气控制部分

目前，自动探针台的电气控制线路中百分之九十以上是用集成电路的，其余部分用硅晶体管和二极管，每个运行动作的时间全由电气进行控制，尽量减少旋钮、开关之类的

零件，有的完全不用继电器等机械部件，因此比较稳定可靠，使用维修方便。自动探针台在测试时，如果出现故障可自动停止和报警，并记下移动的方向，再起动时可按原来方向运动，不会产生误动作。当传感器连续测试几次表明没有硅片时，说明硅片已经测完，可自动停止，并发出报警信号。在中途停止时，有的采用强制制动机构和自动补偿方法，可以保证迅速而准确地停在分步点处。图 1 为日本东京精密的 APM-400 系列自动探针台控制电路的方框图。

最近用微型计算机控制被认为是实现探针台全自动化的一个重要途径。用微型计算机可以控制而且可以处理测试数据，为下一工段自动化提供方便。Teledyne 公司认为用微型计算机对降低成本和增加功能都有好处，特别是当测试系统带多种附件有多种功能时，用一台带有适当软设备的高速微型计算机更为合适。美国 Cobilt 公司的 CP-4400 系统是全自动探针系统的先驱者之一(照片 2)，它配备有 16 位微型计算机、磁带盒自动装卸装置、自动粗调装置及激光微调系统。由传送带将硅片送到探针台上，再利用激光自动扫描，经微型计算机处理，控制 X、Y、Z 以及 θ 进行自动微调，可以确定硅片的平面、中心交叉点及电路引线位置，然后测试、打印、分类。该系统探针头在压焊点中心反复调准，其重复范围为整个压焊点的四分之一，

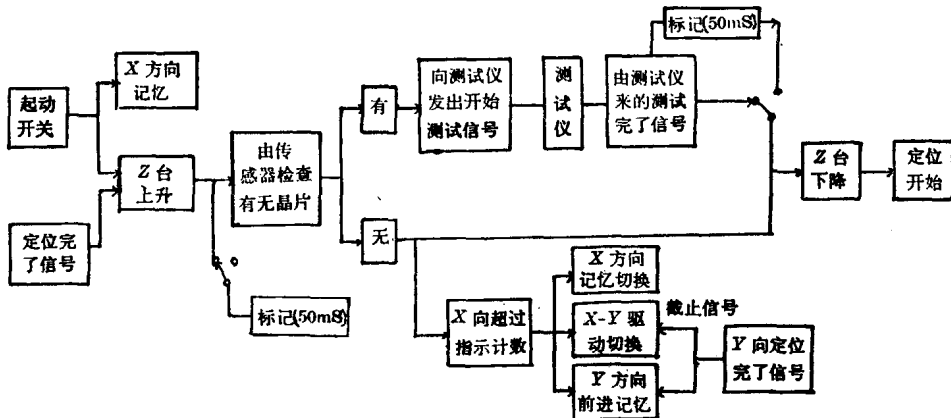
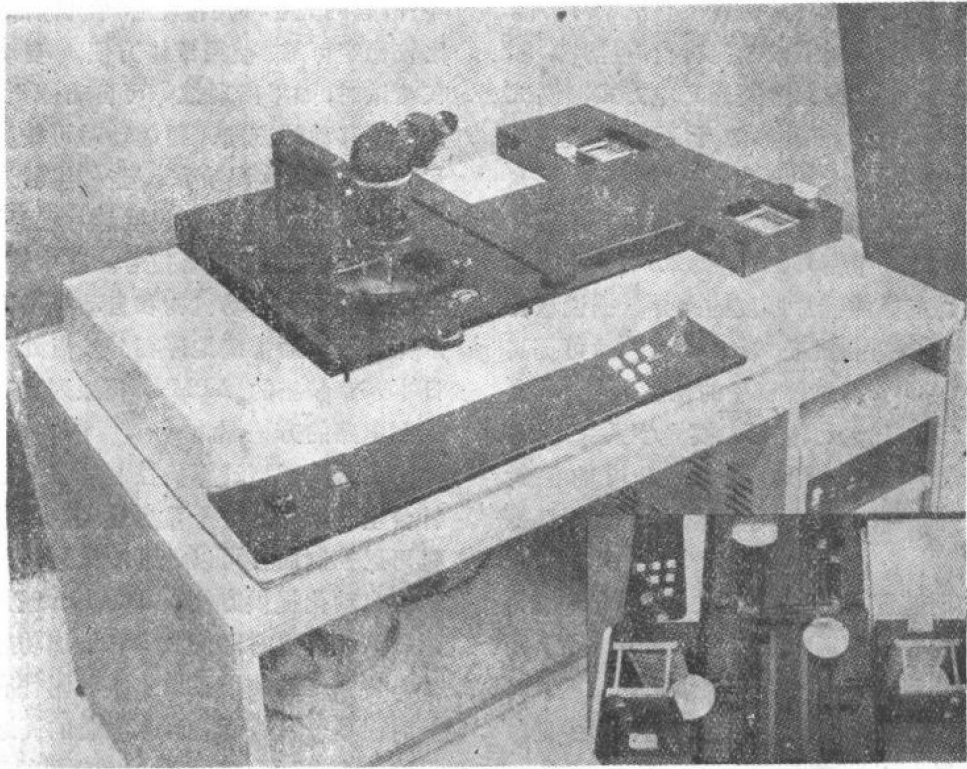


图 1 APM-400A 型自动探针台控制电路方框图

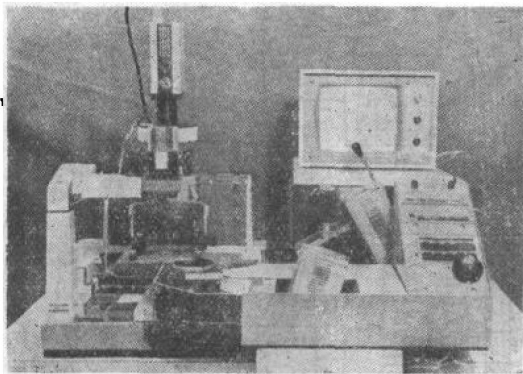


照片2 美国 Cobilt 公司的 CP-4400 自动探针台

Z 方向连接装置可自动补偿硅片的厚度和平直度的变差,以保证和硅片有良好的接触。这种系统售价三万二千美元。

3. 自动装片机

目前多数自动探针台是用手工装卸硅片的,但也有一些产品配备有自动装片器。如 Teledyne TAC 公司的 PR-100 型硅片探针台就带 SL-101 硅片装料器(照片3)。现在



照片3 Teledyne TAC 公司的 PR-100 型硅片探针台和 SL-101 硅片装料器

硅片传送多用皮带传送或气垫传送,装料器内一次可装 25 块硅片。日本国际电气公司采用如图 2 那样的自动装料器。

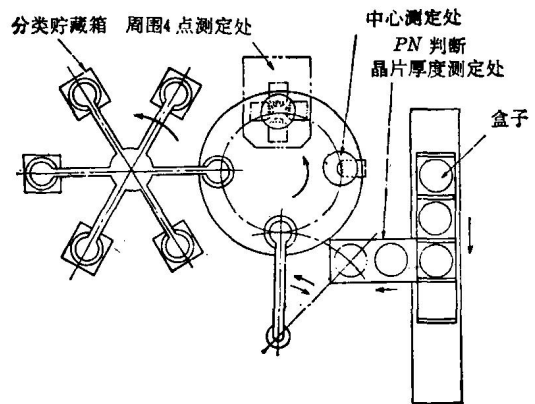


图2 硅片测试自动装料器

对于测试已划好的晶体管、二极管芯片时,管芯放在振动的碗状容器内,由旋转的真空吸头拾取放在探针下进行测试,测好后根据测试结果进行分类,分别送入各种贮存器内。

随着集成电路集成度的提高,硅片直径的增大,探针台也在不断发展,已出现了可测5吋的硅片探针台,据认为用微型计算机控制测试设备也是一九七五的主要成就之一。但有的认为象上述的用激光的扫描调准,微型计算机控制的CP-4400这种全自动探针系统尽管需要,但目前价格太高,而象Electngas公司的1034X普通自动硅片探针装置仍拥有较大的市场。Electngas公司预定一年内搞成一台不用激光自动调准而用微型计算机控制的全自动探针系统,但要求是一种相当简单和非常快速的调准系统。西太平洋系统公司试验激光调准也已经有二年了,但该公司并不认为这是一种可靠的技术,所以该公司的实验室从一九七五年就着手研究非激光调准系统,但目前价格和性能上还存在问题。尽管如此,Xynetres公司认为一九七六年年年底全自动探针装置毫无疑问将开始供应市场,特别是自动装片、自动卸片和自动调准装置将占很大一部分市场。

自动与半自动探针台用于生产以后,改变了过去手工操作的面貌,但手工操作的系统仍然有用,而且人们对它的兴趣仍在增长,它依然是大部分实验室以及工厂用来分析电路失效,设计新的电路的有用工具,生产小批量的产品也多是用手工操作的探针台。据认为手工操作的探针台要提高探针台的功能、改进探针头,如加装一个弹簧加载探针臂以及微型控制器等,也可以提高工作效率,因此,手工操作的探针台可改进的工作还很多。

二、成品测试自动化概况

成品测试的内容很多,随器件品种而异,现将分立元件与集成电路测试设备自动化情况简要介绍如下。

1. 分立元件的自动测试

象二极管、晶体管这类分立元件的自动测试,国外早在六十年代就解决了,现在国外

测试这类元件已普遍采用自动测试分选机,但由于晶体管的种类形状不同,其自动化的方法,自动化的程度差别也是很大的。

晶体管自动测试分选机,一般由自动送料部分、测试部分、分选部分、控制部分、测试仪部分构成。以自动送料部分为中心设计出适合于这种流程的各个部分。

送料器把管子按一定方向排列送到测试部分。一般按晶体管头部的形状及引线的形状定位,当引线是并列排列时即按引线的发射极、集电极、基极的次序排列,当其次序相反时只要改换测试部分的电极就可以了。

元件在送料器内的输送是用振动来进行的,从送料器出口到测试部分的滑槽内用间歇鼓风方法可以保证元件以定好位的形状输送。在滑槽内装有总数量的检测装置,当输送的元件数量低于某一定量时发出警报自动停止。

送出的元件在测试部分装入分成单个的送入测头的载体,再用鼓风一个一个地送出去,从载体垂直落下的晶体管由装在途中的引线分离器把各个引线分开,强制地插入测头。测头用宽10毫米左右的印刷板。在和引线接触的部分有银钯合金接触材料,用开尔芬连接。引线分离器呈三角状,其二个爪从顶角插入三根引线直到底部。把测头设计得宽一些,可以让引线能顺利插入测头。当难以用晶体管的形状决定引线位置或是为了提高输送效率而没有定位的场合,利用各引线之间的二极管特性来决定选择三个电极。

测试好的元件被送入分选部分,根据测试结果的信号分成各类。最多可分成二十种。简单的分类机构是在步进电机轴上装旋转槽,根据测试结果在旋转槽被定好位后自由落下。旋转槽定位是由测试仪发来的分类信号经二极管矩阵和装在旋转槽稍下的代码板的组合来进行。

自动测试分选机一般有自动、手动两种控制。自动控制时,只要按一下按钮就可以

了。据报道有的晶体管自动测试系统每小时可测试分选 12,000 个。

自动测试二极管时,有的是同时装上几个元件进行测试,如图 3、照片 4 所示,由三个送料器依次送出二极管,由装在各个供料器末端的分配机构转送到圆鼓外侧的管座上(每二个一对,一共六个),圆鼓旋转,六个元件同时测试,测试完毕,根据测试仪测出的结果信号,由排出器排出到分类箱中的一个箱内。

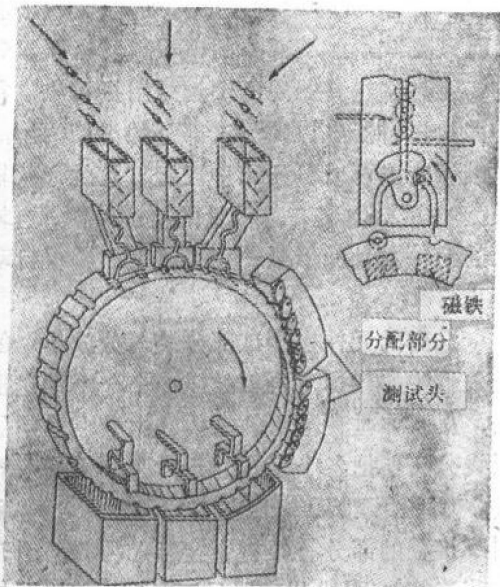
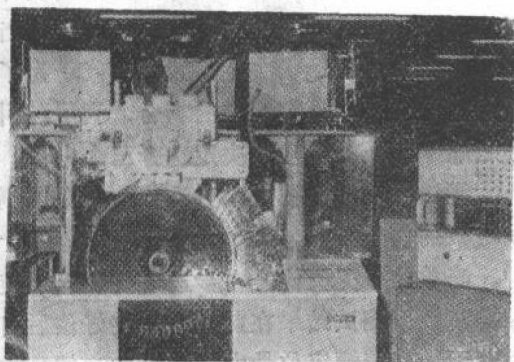


图 3 二极管测试自动装料器(日本国际电气)



照片 4 二极管测试自动装料器(日本国际电气)

测试二极管、晶体管的静态特性以往多用示波器等直视方法。这需要熟练的操作人员,而且因为直接用眼睛观察波形,容易产生

疲劳,长时间测试会产生判断误差,不适合生产线上作大量测试。为此,现在出现了一种毋需直视的半导体波形自动检查系统。可以避免人为误差,提高检查效率和产品质量。如日本岩崎通信公司的 SM-1200 自动波形检查系统,它可以自动测试漂移、耐压、漏电流、封闭波形等二十个项目 100 多项内容。这个系统的方框图如图 4 所示,采用组合式结构,扩展功能容易。整个系统控制信号、测试程序控制、被检出的信号的模数变换、数据的存储运算处理以及合格/不合格判断等全都在处理单元进行。测试时用串行方法。应用程序有测试程序、顺序程序、容限程序、分类程序等。基本的程序由二极管矩阵板决定。装上元件,标准的是用测试板,也可以用自动装料器。测试时间为 10 毫秒~10 秒(分八档)。在测试过程中要判断合格/不合格或故障时可以跳过,继续进行测试,因此可以缩短测试时间。

2. 自动集成电路测试仪概况

集成电路测试仪是随着集成电路的发展而发展起来的。随着集成度的提高,管脚数越来越多,功能越来越复杂,用手工控制测试不但速度慢,对有些元件几乎是不可能的。特别是对于成批生产的生产厂,为了提高可靠性和降低成本,加强市场竞争能力,都大力发展自动化的集成电路测试仪。目前测试自动化问题在国外也已解决,已大量用于生产。多数自动测试仪根据测试结果分成合格和不合格二类,也有相当一部分自动测试仪还可以进行分类。自动测试设备一般包括二部分,一是自动测试仪,另一是将待测元件自动地送入测试仪的自动供料装置。

(1) 自动测试仪

集成电路测试仪是在制造和使用集成电路时用来测试或检验电路主要电学性能的设备。自动测试仪就是被测元件插上以后测试仪可按已存储好的测试程序自动测试出各种参数或检查电路功能,分出合格或不合格。这

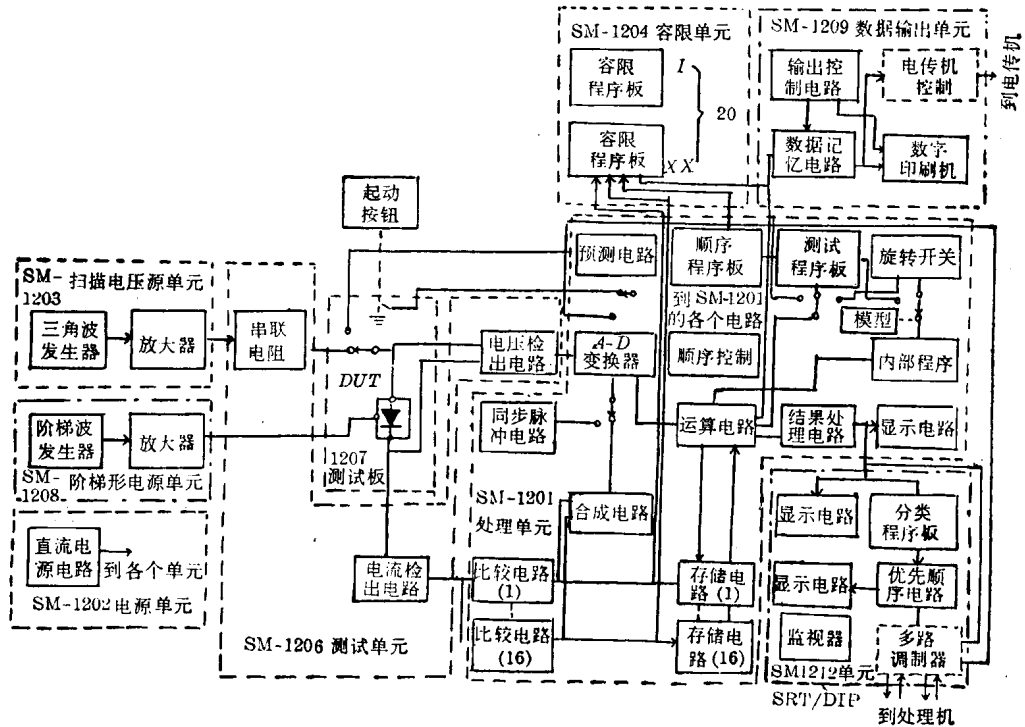


图4 SM-1200系统的方框图(虚线围的单元为选择单元)

种设备最初是由集成电路生产厂自己研制的。但是现在市场上有品种繁多的测试系统可供选择，而且价格比生产厂自己制造的便宜。另外，测试设备生产厂能向购买者提供专门知识，供应软设备，这对于缺乏测试技术的中、小工厂特别有吸引力，大多数集成电路生产厂都意识到自己制造测试设备要比专门生产测试设备的工厂花钱多(因为生产测试设备的工厂可以把研制费用分摊给大量的购买者)，所以现在除为满足本厂特殊元件测试要自制一些测试设备以外，大多数集成电路生产厂都乐于到市场上采购现成的产品。自制测试设备的现象正在不断减少。

目前，自动集成电路测试仪有专用的和通用的两类。专用的自动集成电路测试仪是专为测试某种(或几种)电路而设计的，所以结构简单，使用维修方便，价格比较便宜，适用于工厂用来测试大量生产的品种。由于经济上的原因，有迹象表明测试仪可能变得更专用化，虽然不完全专用化，但微型处理机出

现以后将促进测试设备向专用化方向发展。另一方面，因为集成电路技术发展很快，会使专用的测试设备很快过时，所以大型通用的测试系统仍然是需要的，它特别适用于多种少批量的工厂和分析研究电路的科研单位，预计今后这种大型通用的测试系统仍将占据相当一部分的市场。

因为一般称为自动集成电路测试仪的设备通常都很贵，价格从五百万日元到几千万日元，也有价值一亿多日元的。设备本身价格就很贵，如果包括使用费用的话，据认为测试费用要占电路价格的百分之十左右，而且现在集成电路技术发展很快，电路品种日益繁多，所以选用测试设备时，在考虑发展趋势以后还要考虑成本和性能，要能充分发挥测试设备的效率。一般认为生产线上选用专用的自动测试仪较好。

不同类型的电路测试项目不同。由于集成电路种类繁多，测试项目也不一样，所以测试设备种类也很多，按测定功能分类可分为：

- i. 直流参数测试台;
- ii. 直流参数和动态功能测试台;
- iii. 直流参数、功能及交流特性测试台;
- iv. 实装测试台。

集成电路测试的项目很多, 仅直流测试就要作五十项试验, 若测试交流参数即要作近百次试验。随着电路向大规模化发展, 引脚数越来越多, 而且要进行动态功能测试, 试验项目很多又很复杂, 为了节约测试时间, 降低成本, 集成电路生产厂对测试设备一般都要求:

- i. 速度快、精度高、重复性好、稳定可靠;
- ii. 编程序简单, 存储程序容量大, 而且变更程序容易, 可使一机多用, 充分发挥测试仪的利用率;
- iii. 可靠性高, 停机时间少, 有故障检查功能;
- iv. 可以和计算机联接, 和硅片探针台及输出设备联接, 便于程序集中管理和提高处理数据的效率;
- v. 增加附加功能容易, 有利于将来增加测试项目。

美国 Fairchild、Macrodata、Teradyne、Tektronix、E-H Research Xincom 等公司以及日本的安藤电气、国洋电机、东芝等公司都有系列产品, 其中有代表性的产品如表 1 所示。早期的产品都是测试直流参数, 采用机械语言。随着集成电路向大规模集成电路发展, 大规模集成电路测试系统都包括功能测试, 而且向用计算机控制的综合化方向发展。近几年的新产品主要是存储器测试系统, 解决高速图形的发生方法和软件, 采用分时方法扩大测试台数。一般认为把硬件和软件作为一个整体的测试系统在使用和成本方面都可以提高效率。

下面分别介绍一下直流参数、动态参数和功能测试的情况:

① 直流参数测试

直流参数测试是向电路上加上直流电流和电压测定其输入输出特性。这种测试比较容易, 而且能正确测试。所以在初期几乎只进行这种测试。图 5 是用于直流参数测试的自动集成电路测试仪的结构。存储程序可用磁盘、磁芯、穿孔带、穿孔卡等, 也可以用计算机, 编程序上各有特点。很多用磁盘、磁芯、穿孔带等存储程序的自动集成电路测试仪用电键盘纸带把程序存入磁盘、磁鼓、磁芯等存储器中, 按照测试需要以一定的次序读出程序。这种方式因为程序量大多是固定的, 一次存入后测试是简单的, 但是在测试复杂的集成电路和测试许多项目时, 部分的变更测试条件困难, 若要测试多品种, 存储容量就变得很庞大。如果测试一次程序的存储量为 500 位时, 存贮 500 次测试程序就要 25×10^4 位, 硬件在结构和成本方面都接近极限, 因此这种方式适用于比较简单的自动集成电路测试仪。美国的仙童公司的 4000 M 型测试仪就是用这种方式的, 它用存储容量为 216, 000 位的磁盘存储程序, 字长 60 位, 可测 900 项目。也有用磁盘作存储器的, 如 553 型, 程序字长可变, 程序变更修改可以简单。用计算机控制的方式只需存入必要的最低限度的测试程序就够了, 部分的变更测试条件也容易, 程序的字长是可变的, 可以用软件代替硬件所有的问题, 这被认为是今后自动集成电路测试仪的主流。这类产品有美国 Teradyne 公司的测试线性电路的 J263 型测试仪, 日本

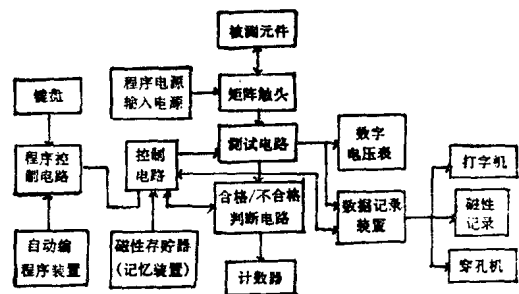


图 5 测试直流参数的自动集成电路测试仪结构方框图

表 1 国外典型的集成电路自动测试仪

| 生产厂 | 型号 | 待测电路 | 测品种 | 测试功能 | | 最大管脚数 | 测试速度 | 最大测试项目 | 程序方式 | 程序控制 | 输出形式 | 测试台数 | 其他 |
|-----------|------------|--------|------------|------|----|--------|----------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|------|----------------------------------|--|
| | | | | 直流 | 动态 | | | | | | | | |
| 仙童公司 | 5000C | MOS 双极 | 数字 数线 | ✓ | ✓ | 16~100 | 直流 187~1320/秒 功能 1000/秒 | 用12个字母的BCD代码 | 计算机 HP-2114A | 电传机等 | 5 | 取样方式一个插座作三种测试 | |
| | 4000M | 双极 | 数字 | ✓ | ✓ | 40 | 100/秒 | 磁盘60字的固定字长 | | 合格/不合格用灯表示 | 5 | 功能测试 286 kHz, 结构上考虑了与 CAD 系统联接 | |
| | Sentry 400 | MOS 双极 | 数字LSI | ✓ | ✓ | 30~120 | 多路测试 16 | 计算机 FST-1 | 磁带磁盘 | 电传机形式印刷机 | 4 | 可测厚膜电路、逻辑电路组件等 | |
| | 8000A | | | ✓ | ✓ | 48~144 | | | PDP-8 | 灯表示, 示波器监视, 打印输出 | 4 | 动态功能测试达 25 MHz | |
| 德克萨斯仪器公司 | 561 | MOS 双极 | 数字 | ✓ | ✓ | 180 | 2 兆赫 | | 计算机 980B | | | | |
| | J263 | 双极 | 线性 | | | | | | PDP-8/L | | | | |
| Tetradyne | J387 | | 存储器 | | | | 20 兆赫 | | 计算机 | | | | 适合生产线上使用, 用微程序图形发生器, 可与自动探针台和自动测试分类机联接 |
| Macrodata | MD-104M | MOS | 数字 | ✓ | ✓ | | | 32K 存储器 | 计算机 Interdata 70 | | 8 | 每二个测试头, 共 16 个, 适合存储器单元器件的生产线上使用 | |
| | MD-500 | MOS 双极 | 数字 | ✓ | ✓ | | 10 兆赫 | | 级联式计算机 | 用灯表示, 示波器监视, 数字表示打印等 | | 适合测试各种存储器等 | |
| Tektronix | S-3100 | 双极 | 数字 | ✓ | ✓ | 64 | 100/秒 | 穿孔带 | 计算机 | | 4 | 积木式单元, 取样方式 | |
| | S-3260 | MOS 双极 | 数字 | ✓ | ✓ | | 20 兆赫 | | | | | 可测微处理器, 存储器等 | |
| Xincom | 5554 | MOS 双极 | 存储器 | ✓ | ✓ | | 12 兆赫 | | | | | | 价格低, 适合生产线上使用 |
| | UIC-4010E | MOS 双极 | 数字 | ✓ | ✓ | 24 | 100次/秒 | 磁盘 (64道) | | 成分二类处理品分十类 | | 用纸带或电键板输出程序, 可与自动探针台、自动测试分类机并用 | |
| 安藤电气 | UIC-5010 | MOS 双极 | IC MSI LSI | ✓ | ✓ | 100 | | | 小型计算机 ADP-5 | | | 另外还可测试组件 | |
| | SM-7000 | | 线性电路 | ✓ | ✓ | | | | | 合格/不合格灯表示, 数字表示记录 | 3 | 测试放大器, 系统采用积木式结构 | |
| 岩崎通信机 | SM-8100B | | LSI | ✓ | ✓ | 48 | 9999 | | CPU | 分十类, 所数字输出、记录 | | 测试图 102 千位, 用增加存储器可以扩张 CPU 十路输出 | |
| | SM-3005 | | 线性电路 | ✓ | ✓ | | 1 千赫 | 穿孔卡 | | 增益数字表示其他合格/不合格 | | | |
| 国洋电机 | LSI-9000 | MOS 双极 | | ✓ | ✓ | 64 | 20 兆赫 | | 小型计算机 | | 3 | 可自动、手动 | |
| | T-310/10 | MOS 双极 | IC MSI LSI | ✓ | ✓ | 24 | DC 200 次/秒功能 512 | DC 70 动态功能 512 | | 用灯表示, 也可以用数字电压表、记录器记录 | | 适合生产线上使用 | |
| 武田理研 | T-320/20C | MOS 双极 | LSI | ✓ | ✓ | 48 | 10 兆赫 | | 计算机 TAOC-1200 | CRT 显示 | 3 | 使用存储器运动器时可用微程序在电键板的测试图可测 LSI 存储器 | |
| | 10-1200 | | 数字 | ✓ | ✓ | 40 | 600 | 600 (30道) | | 合格/不合格灯表示 | 5 | 由电键板输入程序, 是日本第一台正式产品 | |

武田理研的测试数字大规模集成电路的 T-320/10, 岩崎通信机的测试模拟集成电路 SM-7001 等。除上述两种程序控制方式以外, 还有用穿孔卡片、穿孔纸带和二极管矩阵的程序方式, 这三种方式结构简单、价格便宜, 但变更程序麻烦, 只适合于专用。

管脚转换部分: 有利用继电器触点矩阵的方式和插脚电子部件方式。这二种方式各有优点。继电器矩阵方式因为有很多机械的触点, 可靠性差、速度慢, 现在已有用水银继电器或电子开关来代替干簧继电器的产品 (如 H-E 公司的 4500), 不仅可提高速度, 也增加了可靠性。插脚电子部件方式在管脚数增加的场合要大幅度增加成本, 增加新的测试功能时不易匹配。日本武田理研公司为了解决这个问题, 在 T-320/10 中采用了图 6 中所示的方式, 它是用继电器矩阵, 但继电器矩阵连接几个至十几个强制电路和测试电路, 由程序的组合方法使继电器的开关次数非常少就可以了, 而且因为减少了继电器, 也提高了系统的可靠性。另外因为强制电路全都有测试电路, 所以由使用高速多路调制器和模数变换器可提高测试速度。增加新的硬件可以比较容易增加新的功能。另外还有一种如

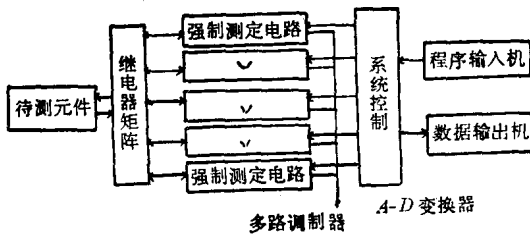


图 6 T-320/10 直流参数测试部分

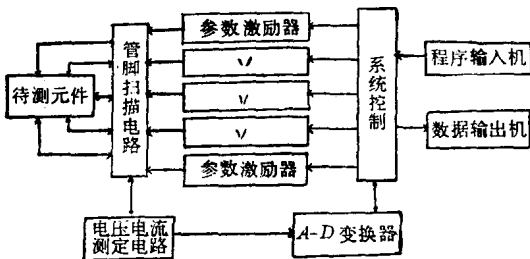


图 7 T-320/15 T-310/10 直流参数测试部分

图 7 所示的管脚搜索方式。这种方式对于在功能测试中把图形激励器作为直流测试的输入条件时特别有效, 它可以省掉管脚继电器矩阵。

② 功能测试

集成电路集成度进一步提高发展成为中规模集成、大规模集成时, 电路功能变得越复杂, 并构成一个子系统, 只测试直流参数已不能判断其逻辑功能是否符合设计要求, 因此出现了用于检验逻辑功能的功能测试。高速的功能测试, 因其测试时间较短, 从经济角度来看这是唯一有效的测试方法。对于大规模集成电路是用比较待测器件的输出图形和由图形发生器发生的预期图形来进行功能测试的。因此高速的发生测试图形是关键。对于一般的大规模集成电路是设法提高常用集成电路测试仪的功能测试能力, 增加测试引脚数。但也有专用的测试仪, 用计算机自动产生测试图形。测试图形的发生方法有两种, 一种是用计算机的存贮器将数据图形存储起来, 将存贮器的读出信号通过激励器作为测试图形输出, 其优点是可以得到任意长短的图形, 比较经济, 缺点是数据的速度受电子计算机存贮器存取时间的限制, 而且计算机的语言是由几位数字组成, 速度要受到待测器件引脚数的限制。另一种方法也是用计算机的存贮器存贮数据图形, 但测试仪本身还没有数据寄存器, 它可将来自计算机的图形存贮起来, 必要时再通过激励器送给待测器件。用这种方法时测试仪使用的缓冲存贮器的种类对测试仪的性能和价格有很大影响。常用的有高速磁线存储器 (E-I 研究实验室的 4500 型, Adar 公司的 Doctor 32 型) 和由 MOSLSI 组成的寄存器 (Redoor 公司的 PAFT-II 型, GI 公司的 M-3074 型)。用这种方法时, 测试图形长短取决于寄存器的容量。MOSLSI 寄存器速度比磁线存储器更高, 随着大规模集成电路的发展, 今后将越来越多使用这种存储器。测试图形的长度随着集

成度的提高,现在要求长达3000位的测试图。为此可考虑采用扩展缓冲存储器的方法来解决,但价格比较贵。如武田理研公司在T-320/20测试系统中采用用硬件和软件相结合的方法来扩展图形长度。

对于随机存储器,因为其测试图形与随机逻辑元件的测试图形在本质上是不同的,为此采用了利用微程序的方法的高速存储器。如美国Macrodata公司在MD-100存储器测试系统中,图形发生器内全面利用了微程序,这种图形发生器可产生18位的数据图形、16位的地址指令以及读出指令、写入指令等,也能根据程序产生供走“1”、“0”测试和跑“1”、“0”测试等用的高速图形。Tektronix公司的S-3400自动化测试系统,可测微型处理机、随机存储器、唯读存储器、运算器、移位寄存器等,其核心部分就是用了一台微程序图形发生器。

功能测试还要求速度快,因为大规模集成电路一般引脚数很多,其电路所具有的状态很多,测试次数很庞大。例如有 n 个输入端的 m 位(二进制)存储器,若进行全部组合的测试即要进行 2^{n+m} 次,如果 $n=m=10$ 就要进行 $2^{20} \approx 10^6$ 次测试。用测试速度为1兆赫的测试仪要1秒钟,若用100千赫的即要10秒钟。另外电路在不断向高速化发展,要以接近实际工作状态的速度进行测试就要功能测试高速化。现在一般的测试仪其测试频率多在5~10兆赫,如Tektronix公司的S-3260、Teradyne公司的J387等达20兆赫。据报道Macrodata公司已在研制测试频率为30兆赫的存储器测试系统。

③ 交流参数测试

这是用来测试逻辑电路动态特性的。早期的集成电路由于规模小、速度低,动态参数往往不测试,有的只是抽测。但随着数字电路的高速化,交流参数的测试就愈显得必要了,尤其是在将来的超高速的集成电路更是不可缺少的。在自动化方面交流参数测试比

直流参数测试困难,所以发展也较晚。

交流参数测试对数字电路主要是脉冲特性测试,这有三种测试方法: i) 平均值法; ii) 取样法; iii) 单拍法。各有优缺点。目前采用取样法较多,而单拍法被认为最好。取样法象取样示波器那样,反复对高速波形取样,得到一种缓慢的波形,用这种波形测定开关参数。用这种方法要使被测脉冲反复发生所需一定次数。而单拍法只要给元件一个脉冲,其优点是在一个脉冲时间内可以测试,测量时间很短,即使信号脉冲有跳动也不会产生误差。对于测试大规模集成电路这类电路方便而且特别有利,但是这种方法也有校正动态测量器的误差困难,波形不易观察等缺点。

模拟集成电路除了测试脉冲参数以外还要测试增益、频率特性等。由于其工作点不同而特性变化很大,所以测试条件设定和预先调整复杂,因此多采用分开测试的方法。

以上介绍的三种测试,以往多是采用单功能的专用测试仪进行的。为了全面评价集成电路的好坏而且又要减少测试时间,现在出现了不少可以进行二、三种测试的综合测试系统。如T-320/10 LSI测试系统就是可以用同一个插座测试三种功能的综合测试系统。仙童公司的5000型是可以测试数字式大规模集成电路、模拟集成电路的三种功能的综合自动测试系统。

现在大量测试大规模集成电路的一种方法是采用时间分割的方法,用一台计算机控制几台测试台同时进行测试,目前有些可以控制4~16台。如Macrodata公司的MD-104 MLSI测试系统是专供生产测试的,采用级联式计算机结构,配备有二台不同的计算机,一台用来控制测试和存贮结果,另一台使用高级语言的通用计算机用来存贮测试程序和控制打印测试结果。系统能使用16个平行的测试头。Xincom公司的Xincom-III测试系统是利用NOVA-3作为中央处理机、

F-8 小型计算机作局部控制的存储器自动测试系统,可控制有二个测试头的八台 5551 测试仪,也有十六个测试头。

有人认为现在的自动集成电路测试仪测试目前出现的任何一种元件在硬件方面是没有问题的,而在软件方面则存在一些问题,新的硬件只有配备新的软件才能发挥作用。在软件方面使用 ATLAS 和 BASIC 一类的高级语言是一个发展趋势,它接近英语,容易使用。

(2) 集成电路自动上料装置

测试时把待测元件插入插座和取出要花费很多时间,这就不可能有效地使用自动测试仪。随着集成电路产量的增加,用自动测试系统测试集成电路时自动上下料就显得非常必要了。在集成电路生产初期由于封装形式多种多样、管壳种类很多,没有统一尺寸,实现自动化比较困难。现在随着管壳的标准化,自动上料比较容易了。现在已有不少自动上料装置的产品。日本管壳标准化后采用双列直插式管壳,美国有 TO-5、扁平式、双列直插式,因此也有适应这三种封装形式的上料装置。美国生产这类产品的有 Daymaro, Fairchild、TAC 等公司,日本有东京精密、安藤电气等公司。测试双列直插式元件时让它骑在导轨上,导轨前进时让测试电极与管脚接触。测试扁平封装元件时,先把元件放在特制的夹具内自动送到测试部分,或者用一种刻有和元件引脚布置位置相应的凹槽的机构,运动时让焊在印刷板上的电极与引脚接触进行测试。日本测试双列直插式元件时用图 8 所示的自动上料方法。被测电路放在专用的条状夹具内依次排列好,然后将夹具放到测试工作台上,依靠一定的倾斜度使被测电路依次滑到测试位置,由测试夹具夹紧进行测试。合格的通过,不合格的自动掉下。还有一种采用图 9 所示的测试方法。用机械手把滑下的元件夹住插入测试插座进行测试,测试好后用另一个机械手取出送到气垫

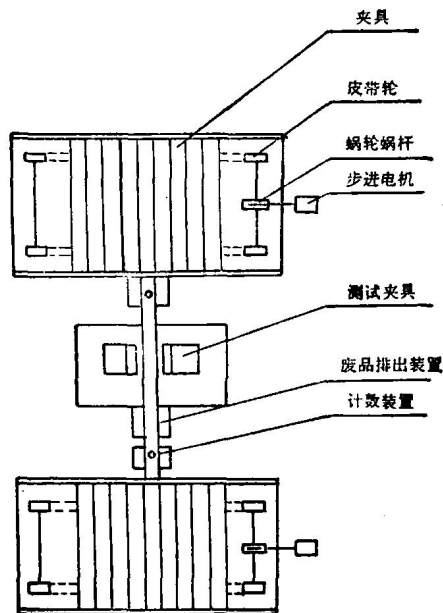


图 8 测试双列直插式元件自动上料方法

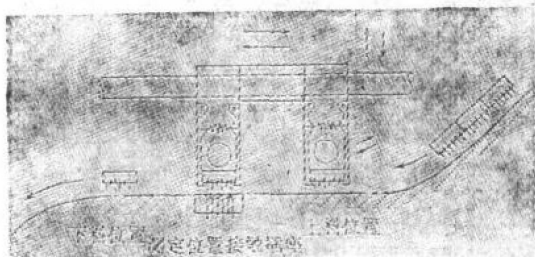
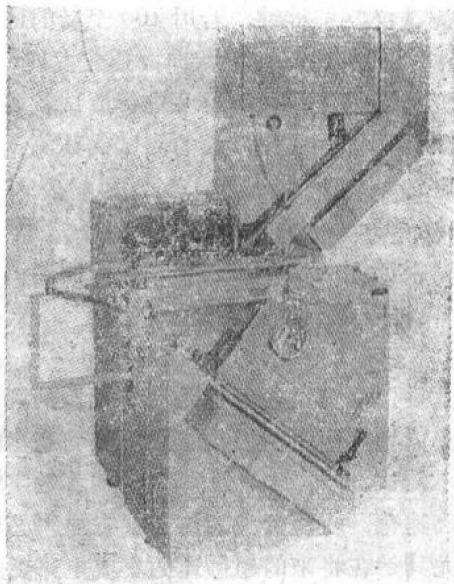


图 9 双列直插式元件测试时的装卸方式



照片 5 集成电路自动测试分选机

滑槽内,再进行分类,按照测试结果自动的被送到不同的容器内。由两只机械手同时装卸元件。照片 5 是测试电路高频特性的自动测试分选机。由振动送料器送出的元件装到转

盘上的插座后保持好,改变所定的角度,然后转盘上升,使元件管脚接触到固定的测试头电极进行测试。测好后再分类,分别落到不同的容器内。