

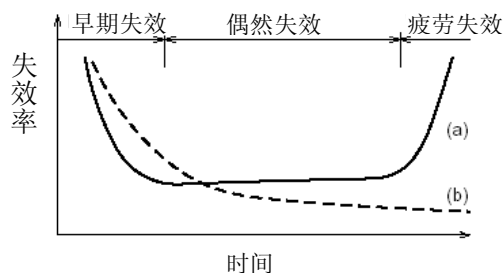
功率半导体器件可靠性控制与应用

功率半导体器件，如晶闸管、二极管等广泛应用于功率变换、自动控制、电力驱动、脉冲功率等领域。对于这些领域中应用的装置而言，可靠性是设计制造及使用者最关心的问题。装置的高可靠性对功率半导体器件的可靠性也提出了更高要求。为了保证给用户 provide 高可靠性的产品，近年来，奇亿公司不断致力于功率器件的阻断能力、电流及过载能力、动态参数的性能提升，与此同时，进一步加强了器件的可靠性控制和试验工作。

一. 半导体功率器件可靠性基本概念

半导体功率器件的可靠性一般用失效率（1/hour, 1FIT=1/10⁹Hours）来表示。

图一中曲线 a 为器件的典型失效率曲线。从图中可以看出，器件的失效过程可分为三个阶段来描述。包括：早期失效，偶然失效和疲劳失效。



早期失效至疲劳失效间的时间段，可以理解为器件的寿命。

对功率半导体器件的研究和统计表明，器件失效率最高的时期发生在器件刚开始使用的早期失效阶段。图一中虚线 b 是器件的实际失效率曲线，从图中可以看到一个有趣的现象，就是某一器件使用越久，它的可靠性会越高。这是因为对器件而言，它的真正疲劳失效的寿命是非常长的，远长于器件工作的装置的设计寿命。

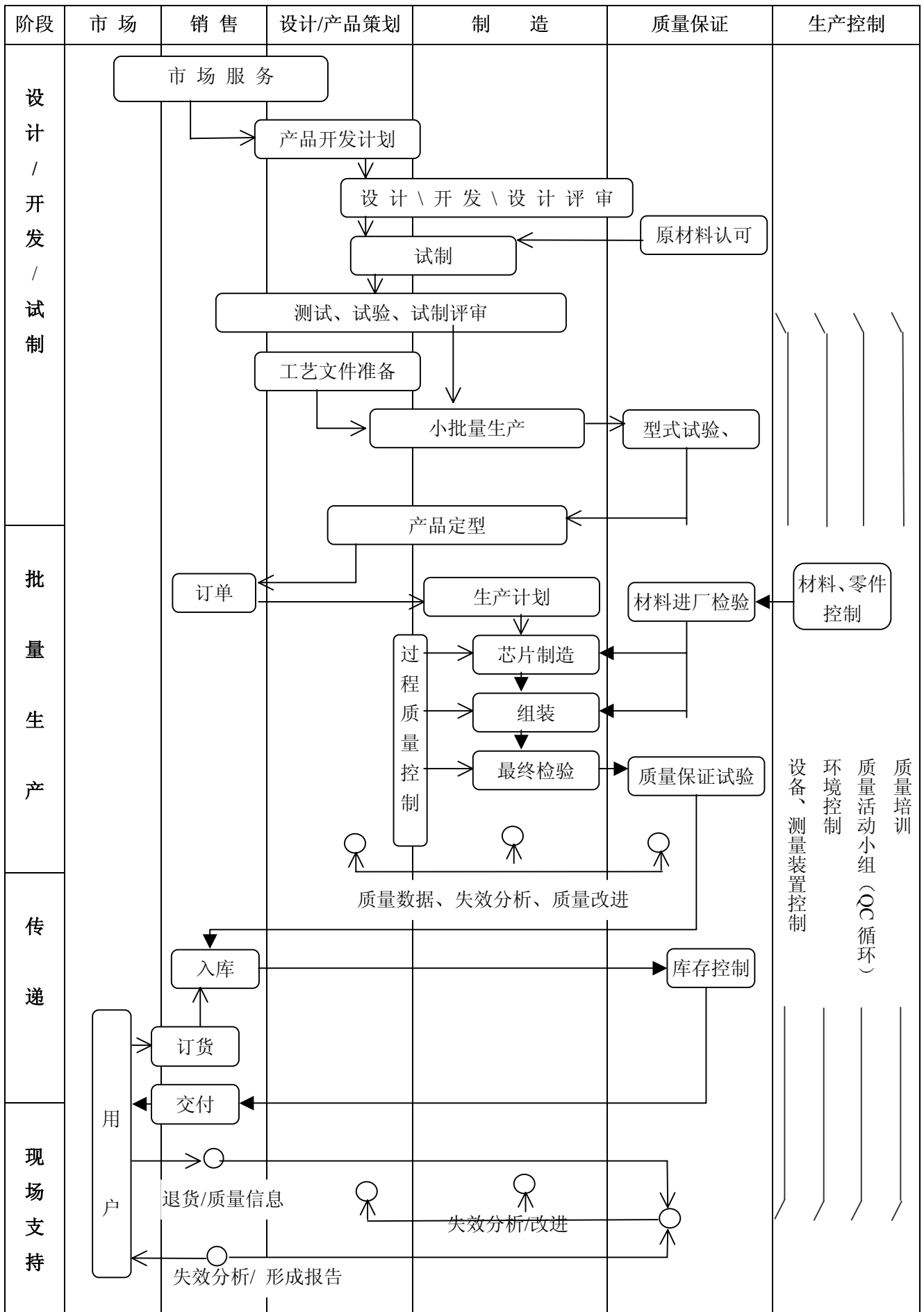
二. 奇亿公司的可靠性与质量控制体系

由上述介绍可知，降低器件早期失效率，可以明显提高用户使用时的可靠性。

为降低出厂器件的早期失效率，奇亿公司一方面，加强器件的检测、试验控制，最大限度地让某些存在缺陷的器件在到达用户之前失效暴露出来。另一方面，针对器件失效的根本原因，建立了一套完整的器件质量控制体系。确保器件质量控制体系具有缺陷预防和自我纠正及改进功能。图二为奇亿公司器件质量控制流程图。

针对器件制造工艺的特殊性，奇亿公司特别在以下几方面制定了完善的控制体系，并确保严格实施。

- a. 工艺环境控制体系，包括制造环境的洁净度、温度、湿度、以及水、气的纯净度要求；
- b. 检测装置及测量仪器的控制体系；
- c. 原材料控制体系；
- d. 产品生产过程控制体系；
- e. 过程检测和最终测试控制；
- f. 产品质量记录传递及分析控制。



图二 质量控制流程图

通过体系来控制产品的质量和可靠性，保证**奇亿**公司能够持续、稳定地向用户提供高可靠性的产品。

三. 器件测试与可靠性试验控制

前面提到，加强器件的检测、试验控制，让某些存在缺陷的器件在到达用户之前失效暴露出来，是降低用户处器件早期失效率的有效手段。**奇亿**公司对每只器件，从生产过程至最终出厂，都反复进行了多次的参数检测控制。同时，按照质量体系的要求，周期性对各规格产品的额定性能及可靠性进行试验。简略地说，**奇亿**的器件测试和试验可分为以下几类

A 组测试项目：器件 100%的过程检验和最终出厂测试；

C 组试验项目：各型号产品每年一次的周期性试验；

D 组试验项目：型式试验，对新产品或工艺改进后的产品进行的鉴定试验。

奇亿公司技术中心投入大量资金建立了完善的功率半导体器件试验室 尤其针对可靠性试验，具有一套先进的符合 IEC 标准的试验设备。在 C 组和 D 组试验中，除了常规试验外，特别强调了与产品可靠性相关的试验项目。这些试验项目通过模拟器件实际使用条件，或让器件在恶劣条件下经受电、热、机械条件的冲击，加速器件的老化过程，促使器件的早期失效和偶然失效现象暴露，用以分析、改进器件的设计和工艺控制，同时正确评估器件的可靠性指标。这些试验项目包括：高低温循环、盐雾试验、机械冲击、振动试验、高温储存试验、低温储存试验、高温交流阻断试验、热循环负载试验等。

四. 用户的应用中如何获得高可靠性

对一台装置而言，要获得高可靠性，除了要求装置中每一分立器件具有高可靠性外，更重要的是合理选择和使用这些器件。

根据器件早期失效的特点，用户通过装配、调试及老化后，设备的可靠性会获得提高。如果在此阶段，器件失效率明显偏高，应立即从电路设计、安装及器件本身可靠性几方面入手进行分析。在问题未发现前，设备进入现场运行，将会遇到频繁的失效现象。

用户现场运行失效的器件一般会反馈至制造厂进行失效分析。在未发现器件缺陷的情况下，我们会认为是由于该器件未在其额定特性范围内运行或未能与装置中其它器件正确配合造成的。然而，许多现场技术人员并未认识到这一点，大量的测试和统计表明，绝大多数的现场失效都是由于器件遭受电气冲击如过电流，过电压、以及过高的 di/dt ，或未能可靠散热造成。

器件可靠性除决定于本身的基本失效率外，还强烈地受使用条件的影响。如以晶闸管和二极管为例，对可靠性有重要影响的有使用场合、使用温度、使用电压、电路条件等等。合理的可靠性设计，一方面要考虑给器件留取足够的使用余量，如，实际工作电流控制在器件额定值的 50-80%之间；器件实际结温控制在 T_{jm} 的 70-80%之间。同时要注意与其它部件的良好配合。另一方面，要考虑设备的性能、经济性和可靠性的综合要求，确定最合适的方案。