

반도체 소자의 DC 특성 검사를 위한 DC parameter test 회로설계에 관한 연구

이 상신* , 전 병준* , 김 준식*

*호서대학교 전자공학과

초록

반도체 산업의 발전에 따라 생산과정에서의 반도체 소자의 특성을 검사하고, 오류를 검출하는 작업을 효율성 있게 하여 생산성을 향상시키는 것이 더욱 중요시 되고 있다. 이러한 흐름에 맞추어 반도체 test장비에 VFCS(voltage forcing current sensing)와 CFVS(current forcing voltage sensing)를 test 할 수 있게 개발하였다.

1. 서론

최근 몇 년간 메모리 산업은 수많은 발전을 하여 왔고 앞으로도 빠르게 발전을 하는 산업의 하나이다. 회사뿐 아니라 집집마다 홈 서버를 두고 PC, TV, 오디오, 냉장고 같은 가정용 전자제품을 원격 조종하는 홈 네트워킹과 손바닥만한 휴대용 컴퓨터로 업무와 가스를 보는 것은 물론 E-메일, 전화 등 통신을 할 수 있는 디지털 컨버전스시대와 테이프나 콤팩트 디스크가 아닌 명함 만한 메모리 카드에 엄청난 분량의 글자, 영상, 소리를 담을 수 있는 데이터 저장이 혁명기 등 정보기술 산업의 빠른 패러다임 변화로 인해 메모리 반도체의 수요가 대폭 늘어 갈 것이다. 이러한 반도체 생산과정에서의 반도체 소자의 특성검사는 꼭 필요한 요소중의 하나이다. 본 연구의 DC parametric tester 는 반도체 소자의 특성검사를 위해 연산 증폭기와 릴레이 스위치를 사용하여 개발하였으며, 반도체 소자를 대상으로 테스트 및 모의실험을 통해 검증하였다.

2. 실험 방법

본 연구의 DC parametric test system 은 아래 그림 1 과 같은 전체 흐름으로 테스트가 이루어진다. DC parametric test system 은 test 를 하기 위한 주요 part 들과 보정 part 들로 구성되어 있으며, VFCS(voltage forcing current sensing)와 CFVS(current forcing voltage sensing)를 할 수 있게 개발되었다. 주요 part 로는 DAC part, voltage follower part, main Amp part, current range part, dut part, sense Amp part, 그리고, ADC part 로 이루어지고, 보정 part 는 chase Amp part, 그리고, 증/반감 Amp part 로 제작되어 있다. 주요 part 들에서는 test 하기 위해 전류, 전압을 생성하고, 보조 part 들에서는 주요 part 들에서 생기는 오류값을 수정하게 하여 test system 의 정확도를 높였다. 주요 part 들의 각 part 를 보면 DA convertor 는 4 개의 변환 채널과 8 비트의 변환 범위를 가지고 있는 총 4 개의 AD7226 소자를 사용하여 12 개의 출력을 갖게 구성하였고, main Amp 는 current range part 와 DUT part 에 정확한 값을 인가하기

위하여 chase Amp part 와 증/반감 Amp 에서 보정되어 나온 값을 비교하여 출력하게 구성하였다. 그리고 current range part 는 ohm's law($V=I \cdot R$)를 이용하여 원하는 전류값을 생성하여 DUT part 에 인가 되도록 하였다. 보정 part 들의 각 part 를 보면 chase Amp(전압보정회로)에서는 DUT 와 main Amp 에서 나오는 전압값을 비교하고 main Amp 에 그 차를 입력시킨다. 증/반감 회로(전류보정회로)는 current range part 와 DUT part 에서 출력 되는 전류값을 비교하여 main Amp 에 그 차를 입력 시킨다. 이 두 보정 part 에 의하여 테스트시 정확한 값을 얻을 수 있다. [1][2][5]

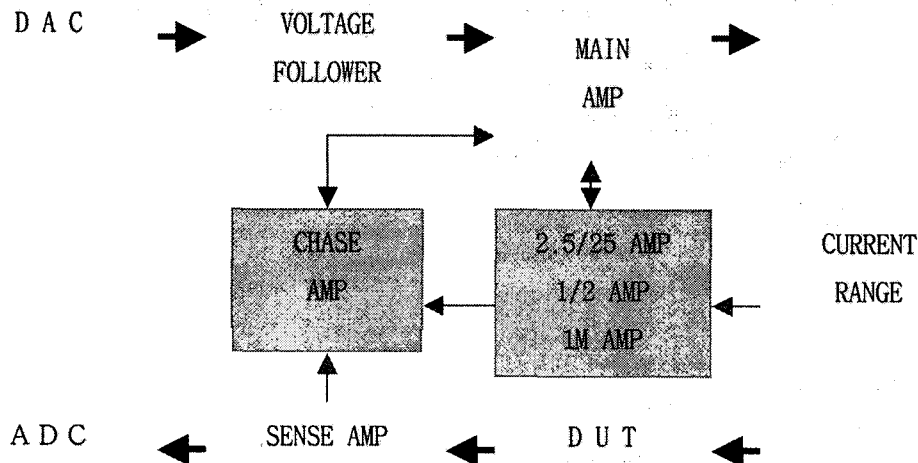


그림 1. DC parametric test system 전체구성도

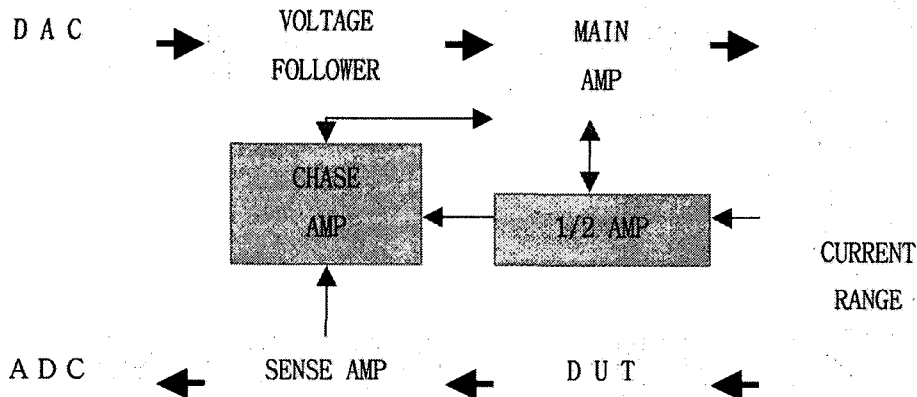


그림 2. VFCS 테스트 구성도

그림 2에서 VFCS test 를 보면 D/A convertor 를 통해서 나온 $-5V \sim +5V$ 의 값을 전압 폴로워에 인가해 잡음제거를 해주고 그 다음 main Amp 로 보내 전압보정회로를 거쳐 정전압으로 만들어진 다음 측정부의 측정소자로 전해지게 된다. 측정소자에 인가된 전압에 의해 소자에 흐르는 전류를 SENSE 부에서 받아들여 다시 A/D convertor 를 거쳐서 측정된 값을 보게 된다.[3][4]

그림 3에서 CFVS test 는 VFCS 와 마찬가지로 D/A convertor 와 전압 폴로워를 거친 전압을 main Amp 에 인가하고 main Amp 에서 나온 출력 값을 current range 부에 인가해 각각의 저항 값에 따른 특정 범위의 전류값을 만들어 내게 된다. 이렇게 만들어진 전류 값은 전류보정 회로를 거쳐 측정부의 측정소자에 인가된다. 측정소자에 인가된 전류에 의해 소자에 걸리는 전압을 측정할 수가 있는데, 여기에서 측정된 전압은 SENSE 부에서 받아들여 A/D convertor 를 통해 보여지게 된다.[3][4]

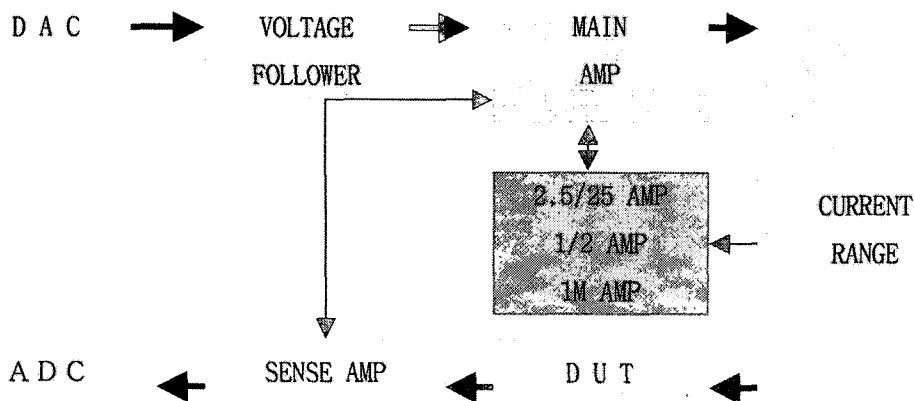


그림 3. CFVS 테스트 구성도

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 실험소자로 일반 다이오드 1N4004 와 1kΩ의 저항을 사용하였다

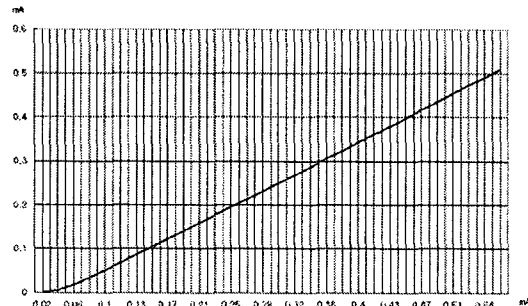
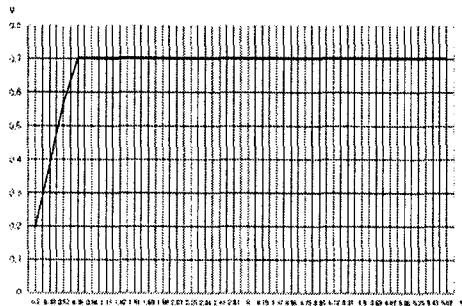


그림 4. 1N4004 전압인가 전압측정 데이터 그림 5. 1N4004의 전류인가 전류측정 데이터

그림 4 는 1N4004 소자에 대한 VFVS 테스트 결과이다. 전압 입력을 0V 에서 3V 까지, 테스트 범위는 0V 에서 6V 까지 테스트를 하였다. 그림 4 에서 보이는 것과 같이 0.7V 에서 도통이 되는 다이오드의 특성이 잘 나타나고 있다.

그림 5 는 1N4004 소자에 대한 CFCS 테스트 결과이다. 전류입력을 0mA 에서 0.6mA 까지 인가하여 주었을 때의 출력 전류에 대한 그래프이다.

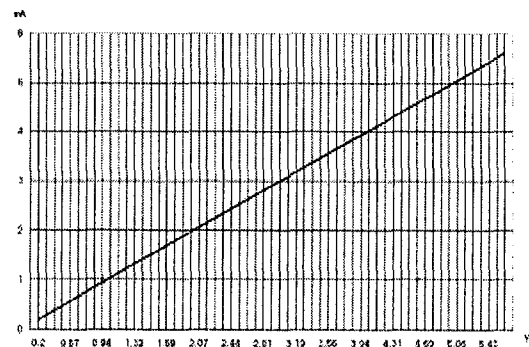
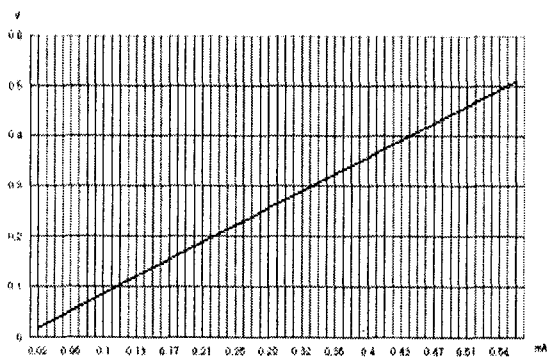


그림 6. 1kΩ 전류인가 전압 측정 데이터

그림 7. 1kΩ의 전압 인가 전류 측정 데이터

그림 6 은 1 k Ω 저항에 대한 CFVS 테스트 결과이다. 입력 전류는 0 ~ 0.6mA 이고, 옴의 법칙을 적용하여 테스트 결과를 검사하였을 때, 0.1 mA를 1K Ω 에 인가하여 1V 의 출력전압을 얻는 것을 확인 할 수 있다. 이 결과에서도 앞에서 보인 전압인가 전류 측정 때와 마찬가지로 오차율이 1%정도로 매우 낮게 나타난다.

그림 7 은 1 k Ω 저항의 VFCS 테스트 결과이다. 인가전압을 0V 에서 6V 까지 변화시키면서 1K Ω 의 저항에 흐르는 전류를 측정하였다. 실험 결과 값으로 봤을 때 옴의 법칙을 적용하여 계산한 값과의 오차율은 1%정도로 매우 정확한 결과를 얻을 수 있다.

4. 결론

반도체 칩의 집적도가 증가하고 기능이 복잡해짐에 따라 생산된 반도체 칩의 정상 동작 여부를 테스트하는 작업이 어려워 테스트에 소요되는 시간이 증가하였고 결국에는 전체적인 테스트 비용이 증가하게 되었다. 효율적으로 테스트하기 위해서는 정전압과 정전류 테스트를 정확히 하여 빠른 시간 안에 테스트가 이루어지도록 하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 DC parameter tester 를 연구하여 반도체 칩의 생산라인에서의 생산성 증대 및 품질 향상에 중점을 두었다. DC parameter tester 는 간단한 OP Amp 증폭기와 current range 를 사용하여 정전압과 정전류를 device 에 인가하여 device 의 전압, 전류 값의 변화에 따른 특성을 검사, device 의 품질을 확인 할 수 있었다. 이 DC parameter tester 에서 AD7226 소자를 사용하여 총 16 채널까지 확장이 가능하도록 하였으며, 전류인가를 위해서 current range part 에서 릴레이를 사용하여 저항 값의 자동 변화를 가능하게 하여 전류인가의 효율성을 증가 시켰고, sense Amp, 전압보정회로를 연결하여 오류를 자체 보정을 할 수 있게 제작하여 효율성을 극대화 할 수 있었다. 향후 DC parameter tester 의 각 노드의 잡음 성분의 발생을 zero 화하여 정확도를 증가 시켜야 할 것이며, 절전되거나 강전이 흐를 때를 대비하여 전압 안정화 장치를 개발하여 추가한다면 더욱 안정되고 정밀한 검사 장비가 될 것이다.

후기

본 연구는 한국과학재단지정 호서대학교 반도체제조장비국산화연구센터의 연구지원으로 이루어진 것임.

참고문헌

- [1] A.Stevens, "Introduction to Component Testing" Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
- [2] 강성호, 김규철. 소병세, 홍성제 공저 "메모리 테스트" 대영사, 2001, p13-66.
- [3] 강경일, "OP-AMP 회로 기초" 대영사, 1990, p51-54.
- [4] 강경일, 권인현, "활용 OP-AMP 회로" 대영사, 1991, p10-23.
- [5] Jung, Walter G, H.W.Sams, "IC op-amp cookbook", 1976