24GHz 차량 추돌 예방 시스템-온-칩용 자체 내부검사회로 설계

임재환* · 김성우* · 류지열* · 노석호**

*부경대학교 · **안동대학교

Built-In Self-Test Circuit Design for 24GHz Automotive Collision Avoidance Radar System-on-Chip

Jae-Hwan Lee* · Sung-Woo Kim* · Jee-Youl Ryu* · Seok-Ho Noh**

*Pukyong National University · **Andong National University

E-mail : ryujy@pknu.ac.kr

요 약

본 논문은 24GHz 차량 추돌 예방 레이더 시스템-온-칩을 위한 입력 임피던스, 전압이득 및 잡음지수를 자동으로 측정할 수 있는 새로운 형태의 고주파 자체 내부검사(BIST, Built-In Self-Test) 회로를 제안한다. 이러한 BIST 회로는 TSMC 0.13μm 혼성신호/고주파 CMOS 공정 (f_T/f_{MAX}= 140/120GHz)으로 설계되어 있다. 알고리즘은 LabVIEW로 구현되어 있다. BIST 알고리즘은 입력 임피던스 정합과 출력 직류 전압 측정원리를 이용한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 자동으로 쉽게 고주파 회로의 성능변수를 측정할 수 있기 때문에 시스템-온-칩의 저가 성능 검사의 대안이 될 것으로 기대한다.

키워드

24GHz, 차량 추돌 예방, 레이더 시스템-온-칩, 입력 임피던스, 전압이득, 잡음지수

I. 서 론

자동차의 지능화를 대표하는 지능형 자동차의 핵심기술로는 '차량 추돌 경보 시스템'을 들 수 있다. 차량용 레이더는 물체의 거리 및 움직이는 속도 등을 검출하기 위한 것으로 측후방 감시용 단거리 레이더가 있으며, 이러한 레이더는 30m 이내의 물체를 검출할 수 있어야 하므로 24GHz 대역의 주파수를 사용한다. 현재까지 이러한 레이더는 GaAs, SiGe HBT(Heterojunction Bipolar Transistor) 또는 HEMT(High Electron Mobility Transistor)와 같은 고가의 반도체 공정 기술을 이용하거나 하이브리드 형태로 제작되어 왔지만 최근 CMOS 기술로도 제작 가능하다는 연구 결과가 발표되고 있으며, 이를 위해 다양한 초고주파 회로 설계 기술 및 레이아웃 기술이 연구되고 있다[1-3].

본 연구에서는 24GHz 차량 추돌 예방 레이더 시스템-온-칩을 위한 자체 내부검사회로를 설계하고자 한다. 이러한 회로는 TSMC 0.13μm CMOS 공정으로 제작되었다.

II. 본 론

그림 1은 본 연구에서 제안하는 고주파 자체 내부검사(BIST, Built-In Self-Test) 회로를 나타낸 것이다. BIST 회로는 Core 칩, 즉 레이더 시스템-온-칩 내에 내장되어 고가의 외부 측정 장비를 사용하지 않고도 고주파 소자의 주요사양, 즉 입력 임피던스, 전압이득 및 잡음지수 등을 자동으로 측정할 수 있도록 그 기능을 제공한다. 이러한 회로는 검사용 증폭기, 두 개의 피크 검출기 및 위상 검출기로 구성되어 있다. 인덕터 L_{c01}은 입출력 임피던스 정합을 위해 사용되어 있다. 바이어스 저

항 R_{05}와 R_{06}은 트랜지스터 M_{02}가 정류회로로서 활성영역에서 동작하도록 구성하였다. 이러한 게이트-드레인 다이오드 결합구조는 순방향 바이어스시 게이트에 축척되는 소수 전하량의 양이 아주 적기 때문에 고주파 입력신호의 정류작용에 유리한 특성을 가진다. 피크 검출기 출력 전압의 리플을 최소화하기 위해 R_{07}과 C_{05}는 큰 값을 사용하였다.

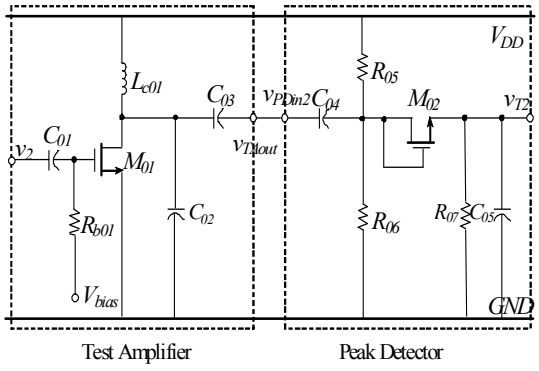


그림 1. BIST 회로

본 연구에서 제안하는 자체 내부 검사 회로는 직류 출력전압을 제공하기 때문에 전체적인 측정 시스템이 간단하고 비용이 저렴하며, 자동화되게 만들어 주는 역할을 한다. 전체적인 측정 시스템 구성은 소스 저항(R_s)을 가진 고주파 전압 발생기(v_{in}), 3개의 고주파 릴레이(S1, S2 및 S3), 외부 부하 저항(Z_L) 및 데이터 변환 보드로 구성되어 있다. 이러한 측정시스템은 저 손실 고주파 릴레이들을 사용하였으며, 저 잡음 증폭기와 내부 자체 검사 회로간의 입력 트랜스미션 라인 매칭 특성을 포함한다.

III. 시뮬레이션 및 실험 결과

3.1 직류 출력 전압

측정을 위해 24GHz의 주파수에서 100mV~180mV의 진폭을 가진 고주파 입력 전원을 사용하였다. 출력 직류 전압(V_{T1}과 V_{T2})은 피크 검출기 1과 2가 정상상태의 직류값을 제공하기 위해 40ns의 정착시간 이후에 측정하였다.

그림 2는 설계된 24GHz 저 잡음 증폭기의 내부 회로에서 발생한 단락이나 개방 결함과 같은 거폭 결함을 포함하여 공정상의 미세 결함들에 대한 출력 직류 전압의 결과를 나타낸 것이다. 결함이 없는 저 잡음 증폭기에 대한 출력 직류 전압 V_{T1}과 V_{T2}는 각각 445mV와 180mV를 보였다. 그림 2에서도 알 수 있듯이 거폭 결함들의 대부분은 V_{T2}의 변화에 대해 더 낮은 값의 V_{T1}에 집중되어 나타나는 현상을 보였다. 이 결과들로부터 알 수 있듯이 본 연구에서 제안하는 자체내부검사 방식이 다양한 종류의 결함을 검출하는데 적합함을 보여준다.

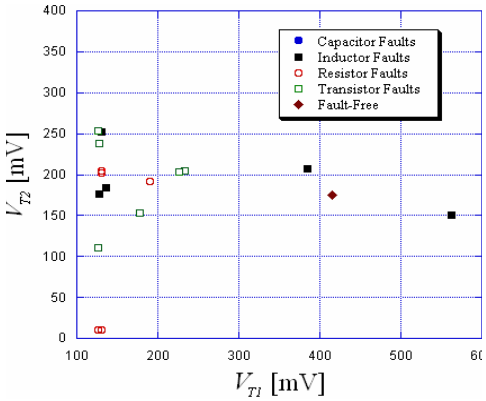
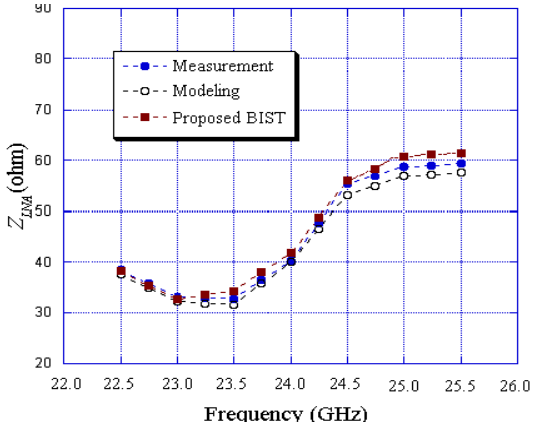


그림 2. 출력 직류 전압 V_{T1} 대 V_{T2}

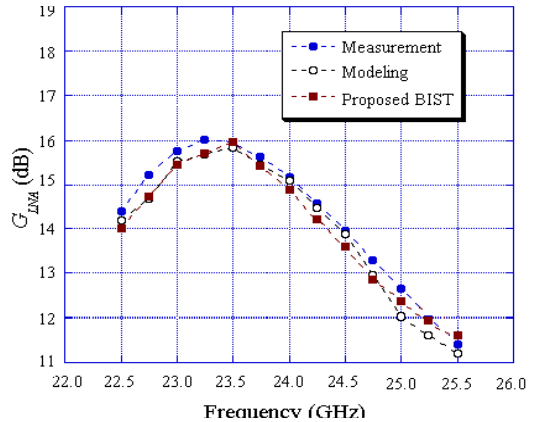
3.2 주파수에 따른 주요 성능 측정

제안 회로 및 알고리즘 유효성을 증명하기 위해 저잡음 증폭기를 설계하였다. 그림 3(a) 및 (b)는 주파수에 따른 저잡음 증폭기의 입력 임피던스의 크기와 전압이득을 각각 나타낸 것이다. 그림에서 측정 결과는 외부의 고주파 측정 장비를 이용하였고, 모델링 결과는 고주파 등가 모델을 이용하였다. 제안된 BIST 결과는 그림 1의 회로와 개발된 수식을 이용하였고, 측정시스템을 구축하여 측정하였다. 그림 3에서도 알 수 있듯이 본 연구에서 제안하는 BIST 회로를 이용한 측정 결과는 외부 장비를 이용한 측정 결과 및 모델링에 의한 결과와 비교해 볼 때 23.5GHz ~24.0GHz의 동작주파수에서 2%이하의 오차를 각각 보였다. 이러한 결과들은

본 연구에서 제안하는 BIST 회로를 이용한 검사방법이 저가의 장비만을 이용해도 저 잡음 증폭기의 주요 사양들을 측정할 수 있음을 보여준다.



(a) 입력 임피던스 (Input impedance)



(b) 이득 (Gain)

그림 3. 주파수에 따른 성능 결과

IV. 결 론

본 논문은 24GHz 차량 추돌 예방 레이더 시스템-온-칩 레이더 를 설계하였고, 이러한 회로를 이용하여 중요한 성능변수인 입력 임피던스 및 전압이득을 자동으로 측정할 수 있는 새로운 형태의 자체 내부 검사회로를 제안하였다. BIST 알고리즘은 입력 임피던스 정합과 출력 직류 전압 측정원리를 이용하였다. 측정 결과는 외부의 고주파 측정 장비를 이용한 기존의 방법에 비해 23.5GHz～24.0GHz의 동작주파수에서 2%이하의 오차를 각각 보였다.

감사의 글

This work was supported by the Basic Research of NRF, Korea (2010-0021768, Development of Dual-Band 24GHz/77GHz CMOS System-on-Chip for Advanced Safety Vehicle Radar).

참고문헌

[1] J. Y. Ryu, S. W. Kim, D. H. Lee, S. H. Park, J. H. Lee, D. H. Ha, and S. U. Kim, "Programmable RF System for RF System-on- Chip", Communications in Computer and Information Science, Vol. 120, No. 1, pp. 311- 315, Dec. 2010.

[2] Z. Wu and X. Li, "On-Chip micromachined solenoid balun for RF-SOC applications", Electronics Letters, Vol. 45, No. 8, pp. 409-411, April 2009.

[3] J. Y. Ryu, B. C. Kim, S. T. Kim, and V. Varadarajan, "Novel Defect Testing of RF Front End Using Input Matching Measurement", 9th IEEE Int. Mixed-Signal Testing Workshop, Vol. 9, No. 1, pp. 31-34, June 2003.

[4] J. Y. Ryu and B. C. Kim, "A New RF BIST for 4.5-5.5GHz Low Noise Amplifiers", 10th IEEE International Mixed-Signal Testing Workshop, Vol. 10, No. 1, pp. 189-195, June 2004.