

전하 결합 영상소자에서 전압 분배 회로가 있는 감지회로의 설계

박 용, 김 용국, 이 영희
단국대학교 전자공학과
서울 용산구 한남동 산8

Design of sense amplifier with self-bias circuit in CCID

Yong Park, Yongkook Kim, Younghee Lee
Dept. of Electronics Engineering Dankook University
San 8, Hannam-Dong, Yongsan-Gu, Seoul, Korea

요 약

본 연구는 영상소자의 감도를 향상 시키기 위하여 전압 분배 회로를 가진 감지 회로를 설계 하였다. 전압 분배 회로는 NMOSFET과 Poly 저항의 두 경우로 설계하였으며 감지 회로에 흐르는 전류는 전압 분배 회로를 NMOSFET으로 설계하였을 때가 Poly 저항으로 구성된 경우보다 적게 흐르며 감도 특성도 좋은 것으로 나타났다. 또한 Poly 저항보다 NMOSFET을 이용한 전압 분배 회로가 동작 주파수에 따른 특성이 우수하였다.

1. 서 론

반도체의 발전으로 영상 소자의 하나인 전하 결합 소자는 1970년^[1] W. S. Boyle 과 G. E. Smith 에 의해 개발된 이래 많은 발전을 하여 왔으며 현재는 멀티미디어의 발달로 영상 소자의 사용 범위도 넓어져 캠코더, 팩시밀리, 스캐너, 복사기, 방송용 카메라, 의료용 기기, 산업용 로봇, 항공 우주 기기 등에 사용하고 있다. 영상소자는 화소수가 많아지는 반면 크기가 작아지고 동작 주파수는 높아지면서 감도 특성이 떨어지게 되었다. 이에 따라 영상소자의 설계는 감도 특성을 개선하는 방향으로 개발이 진행되고 있다. 동작 주파수가 높아지는데 따른 감지회로의 설계는 감도 특성에 따라 영상 출력 신호에 많은 영향을 주게 된다. 이러한 감도 특성을 개선하기 위한 방법은 여러 가지가 있다. 본 연구는 신호 전하를 감지하는 영역은 플로팅 확산 방법(Floating Diffusion Method)^[2,3]과 입력 임피던스가 크고 출력 임피던스가 작아 완충 효과가 큰 소

오스 팔로워 회로(Source Follower Circuit)로서 게이트 전압 분배 회로가 있는 감지 회로(Sense Amplifier, SA)를 설계하여 감도 특성을 분석하였다.

2. 감지 회로의 설계

감지회로의 특성은 잡음 특성, 주파수 특성, DC 이득으로 나눌 수 있으며 잡음 특성면에서는 첫째 단의 입력정전용량이 작을수록 신호 대 잡음비가 좋아진다. 첫째 단의 입력정전용량을 작게 하기 위해서는 첫째 단의 MOSFET의 면적과 FD(Floating Diffusion) 영역을 줄인다. 주파수 특성면에서는 동작 주파수에 따라 첫째 단의 주파수 특성이 결정되고 둘째 단의 주파수 특성은 첫째 단의 주파수 특성을 손상시키지 않으면서 출력 단의 부하를 구동할 수 있어야 한다. DC 이득면에서는 감지회로의 DC 이득이 클수록 출력신호의 폭이 커서 감도 향상에 유리하다. 플로팅 확산 영역은 각 화소에서 넘어온 신호 전하의 양을 감지할 수 있도록 감지 회로의 입력 단자에 연결되어 전하의 양을 전압으로 변환한다.

그림1은 전압 분배 회로를 가진 감지 회로이다. 2단 감지회로는 그림의 왼쪽 부분으로 4개의 NMOSFET으로 구성하였고 3단 감지회로는 6개의 NMOSFET으로 구성하였다. 그리고 전압 분배 회로는 NMOSFET만을 이용한 경우와 Poly 저항을 이용하여 설계한 것을 나타낸다. 신호 전하를 감지하는 영역은 입력 신호를 감지하는 M1을 증가형 MOSFET으로 M1을 제외한 MOSFET은 공통원으로 설계하였다.

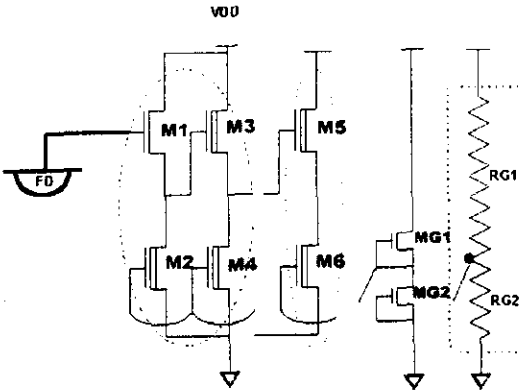


그림 1. 감지회로 (2단, 3단)

감지회로에서 전압, 전하 그리고 정전용량의 관계는 다음과 같다^{[1][5][6]}.

$$\Delta V = (Q / C_{in}) * \Delta S/A \quad (1)$$

C_{in} 은 감지 회로의 입력 정전 용량으로 다음과 같다.

$$C_{in} = C_{FD} + C_{GD} \quad (2)$$

C_{FD} 는 플로팅 확산영역의 정전 용량이고 C_{GD} 는 S/A 회로의 드레인- 게이트 사이의 입력 정전 용량이다. 그리고 $\Delta S/A$ 는 감지회로의 전압 이득이다. 식 (1)의 입력 정전 용량은 MI MOSFET의 게이트 폭을 줄이고 C_{FD} 는 설계와 공정애 의한 영향을 받아 플로팅 확산 영역 설계시에 레이아웃에 의한 방법으로 줄일 수 있다.

3. Simulation 및 실험

그림2는 3단 감지 회로의 주파수 특성에 대한 SPICE 시뮬레이션 결과이다. 감지 회로의 게이트에 가하는 전압 분배 회로를 NMOSFET로 구성한 경우가 Poly 저항으로 구성한 경우보다 주파수가 높아질수록 좋은 특성을 보인다. ○는 동작 주파수 영역에서 값을 나타낸다. Poly 저항으로 전압 분배 회로를 구성할 경우에 적은 저항값으로 설계하면 전류가 증가하고 주파수 특성도 좋아져 전압 이득도 증가하는 특성이 있다. 그러나 주파수 특성을 개선하기 위하여 Poly 저항을 작게 하면 전류가 증가하는 문제가 발생한다.

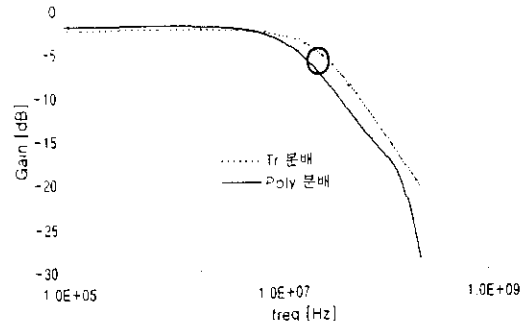


그림 2. 3단 감지회로의 주파수 특성

그림 3은 감지 회로의 Gain/ C_{in} 의 특성과 감도 특성을 나타낸다. Gain/ C_{in} 이 커지면 감도 특성도 증가하는 것을 나타내고 있다. ①은 2단 감지 회로의 특성, ②는 NMOSFET 전압 분배 회로를 가진 3단 감지 회로의 특성이며 ③은 Poly 저항 전압 분배 회로를 가진 3단 감지 회로의 특성이다. 감도 특성은 2단으로 설계한 것이 좋은 특성을 나타내고 있는데 이는 전압 이득 면에서 3단보다 유리하기 때문이다. 3단 감지 회로의 특성을 보면 전압 분배 회로를 NMOSFET으로 구성한 경우가 Poly 저항을 이용하여 구성한 경우보다 좋은 특성을 나타내고 있다. 이러한 감도 특성은 그림2의 시뮬레이션 결과와 일치함을 알 수 있다. 식(1)과 비교하여 보면 같은 전하량에 대하여 입력 정전 용량이 일정한 경우에 전압 이득이 증가하면 감도 특성이 좋아지는 것을 알 수 있다.

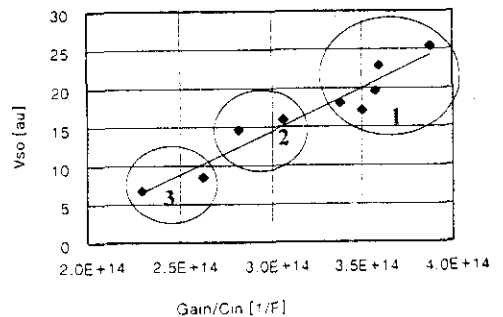


그림 3. 감도와 Gain/ C_{in} 특성

그림4는 감지 회로의 감도와 전류 특성을 나타낸다.

감지 회로에 흐르는 전류가 적을수록 감도 특성은 좋으며 2mA 정도일 때 감도 특성이 좋은 것으로 나타났다. 4mA 이상인 경우는 3단 감지 회로에 Poly 저항에 의한 전압 분배 회로를 사용한 경우이다.

그림3과 그림4로부터 감지 회로의 게이트에 가하

는 전압 분배 회로는 NMOSFET을 이용하는 것이 Poly 저항보다 좋은 것으로 나타났다.

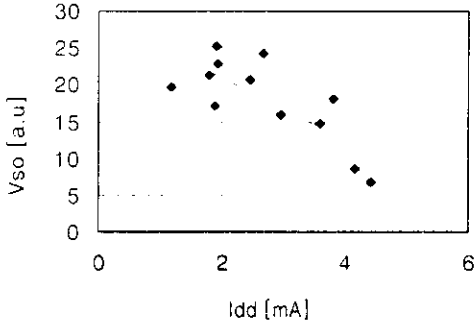


그림 4. 감지 회로의 감도와 전류 특성

4. 결론

본 연구는 전하 결합 영상 소자에서 전압 이득과 감지 회로의 입력 정전 용량 및 전압 분배 회로의 설계 방법에 따른 관계를 시뮬레이션과 실험을 통하여 감도를 향상할 수 있는 방법을 제시하였다. 감도를 향상시킬 수 있는 방법은 감지 회로의 전압 이득을 크게 하고 입력 정전 용량을 줄여야 한다. 감지 회로는 전압 분배 회로를 가진 2단과 3단으로 설계하였다. 전압 분배 회로는 Poly 저항보다 NMOSFET으로 구성하여 전류가 적게 흐르게 하면서 감도 특성을 개선 하였다.

참고 문헌

[1] W. S. Boyle and G. E. Smith, Charge coupled semiconductor devices, Bell System Tech. J. 49, pp. 587-597, May 1970.

[2] D. F. Barbe, Imaging Devices Using the Charge Coupled Concept, Proc. IEEE, pp. 38-67, Jan 1975.

[3] J. E. Carnes and W. F. Kosonocky, Noise Sources in Charge Coupled Devices, RCA Rev., Vol. 33, pp. 327-343, June 1972.

[4] M. J. Howes, D. V. Morgan, Charge-Coupled Devices and Systems, JOHN WILEY & SONS, 1979

[5] Albert J. P. Theuwissen, Solid-State Imaging with Charge-Coupled Devices, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 1995.

[6] 박 용, 아영희, A Study on the Sensitivity Effects of Input Capacitance of Sense Amplifier in Charge-Coupled Device, 제4회 한국 반도체 학술대회, pp149-150, 1997.

[7] Hiroaki Ohki, et. al., A 1/4-Inch 250k PIXEL IT-CCD Image Sensor, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.39, No.3, pp. 392-397, August,1993