

# CMOS 공정에 의한 2차원 SSIMT의 제작 및 특성

송윤귀\*, 이지현\*, 최영식\*, 김남호\*\*, 류지구\*

\*부경대학교

## Fabrication and characteristics of 2-Dimensional SSIMT using a CMOS Process

Youn-Gui Song\*, Ji-Hyun Lee\*, Young-Shig Choi\*, Nam-Ho Kim\*\*, Ji-Goo Ryu\*

### Abstract

A 2-Dimensional SSIMT(Suppressed Sidewall Injection Magnetotransistor) sensor with high linearity is presented in this paper. The prototype is fabricated by using the Hynix 0.6 $\mu$ m CMOS Process. The fabricated SSIMT shows that the variation of each collectors current are extremely linear by varing the magnetic induction from -200mT to 200mT at  $I_B = 1000\mu A$ ,  $V_{CE} = 5V$  and  $V_{SUB} = 5V$ . The relative sensitivity is up to 13%/T. At  $B = 0$ , magnetic offset is about 40mT, there relative sensitivity is 4.72%/T. The nonlinearity of the fabricated 2-D SSIMT is measured about 1.2%.

**Key Words** : SSIMT, Magnetotransistor, guardring

### 1. 서론

초기의 반도체 자기센서는 자계의 크기만을 감지하는 1차원 형태였다. 하지만 그 응용범위가 넓어지고, 다양한 방향에서 존재하는 자계의 세기와 방향을 측정할 수 있는 2차원, 3차원등 다차원 반도체자기검출 소자들이 활발히 연구되고 있다. 이러한 반도체 자기센서는 반도체 내부의 전자와 자계의 물리적인 현상인 전류자기 효과(galvanomagnetic effect)를 이용한 것으로 오래 전부터 연구가 진행되었고, 대표적인 소자로서는 홀 소자와 자기저항소자 등이 있다.<sup>[1]</sup>

상업적으로 가장 많이 사용되고 있는 홀 소자는 다른 소자에 비해서 구조가 간단하여 지금까지 많은 연구가 되어 왔지만, 온도특성이 나쁘고, 출력 신호가 적으며 오프셋 전압의 변화가 큰 결점을

가지고 있다. 따라서 최근에는 홀 소자 외의 다른 메커니즘의 자기센서에 많은 관심을 가지고 있다. 그 중 특히, SSIMT(Suppressed Sidewall Injection Magnetotransistor)는 1987년 Lj, Ristic에 의해 제안된 것으로서 홀 소자에 비해서 높은 감도, 선형성 및 실리콘 집적회로 공정에 대한 호환성 때문에 신호처리를 포함한 소자의 집적화에 더욱 유리한 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 CMOS공정에 의해 2차원 SSIMT를 설계하는데 있어, 공정상의 제한을 극복하고, 다른 부가적인 신호처리 회로와 같은 외부의 영향으로부터 소자를 차폐시킴으로서 외부 잡음을 제거함과 동시에 가상의 substrate가 되도록 하는 방법을 제안하였다. 또한, 에미터 양쪽에 존재하는 sidewall을 guardring 형태로 만들어 에미터에서 컬렉터로 즉, 칩표면을 통해서 직접적으로 흘러들어가는 캐리어의 흐름을 최소화하여 감도의 개선과 오프셋을 감소시키는 구조를 제안하였다. 설계 및 제작된 2차원 SSIMT 소자의 전기적 및 자기적 특성 그리고 2차원적인 특성에 대하여 조사하였다.

\* 부경대학교 전자공학과  
(부산광역시 남구 대연3동 599-1번지,  
Fax: 051-620-6450  
E-mail: neojack@mail1.pknu.ac.kr

\*\* 부경대학교 제어계측공학과

## 2. 2차원 SSIMT의 설계

일반적인 SSIMT(Suppressed Sidewall Injector Magnetotransistor)는 횡형 자기트랜지스터(Lateral Magnetotransistor; LMT)의 보다 진화된 형태로서 에미터 양쪽에 있는 sidewall이 에미터에서 콜렉터로 직접적으로 흘러 들어가는 캐리어의 흐름을 최소화하고, 중성영역인 베이스 지역에 수평한 전기장을 만들어 캐리어의 수평이동을 억제함으로써 감도를 증가시키는 구조를 가지고 있다.<sup>[2-3]</sup>

본 연구에서는 소자의 오프셋을 줄이는 방법으로 sidewall이 에미터를 둘러싸는 guardring 구조를 제안하였다. 또한, 다른 연구 결과에 따르면 정공의 이동도에 비해서 전자의 이동도가 훨씬 높기 때문에 PNP형의 SSIMT에 비해 NPN형의 SSIMT의 감도가 훨씬 우수한 것으로 보고되고 있다. 이런 우수한 감도특성을 가진 NPN형의 SSIMT를 P-substrate 기판상에서 설계하는 데는 공정상의 제한이 따르기 때문에 P-substrate의 기판에서 NPN형의 SSIMT를 설계할 수 있는 새로운 방법을 제안하였다. 본 연구에서 설계된 SSIMT는 소자를 구성하는 에미터, 베이스 그리고 콜렉터 바깥부분을 둘러싸는 십자가 형태의 N-well을 파고 n<sup>+</sup>확산으로 guardring 형태의 가상의 substrate를 만들었으며, 이는 소자를 외부의 잡음과 다른 회로부분과 차단시키는 역할도 하게 된다. 그림 1은 본 연구에서 설계 및 제작된 SSIMT의 구조를 보이고 있으며, 그림 2는 SSIMT의 등가회로를 나타내고 있다.

소자는 공통인 에미터를 중심으로 완전 대칭으로 구성하여 오프셋을 최소화하였다. I<sub>C1</sub>, I<sub>C2</sub>, I<sub>C3</sub>, I<sub>C4</sub> 그리고 I<sub>sub</sub>은 각각 콜렉터에 흐르는 전류값을 나타내고 있다. SSIMT와 같은 전류출력형 자기트랜지스터의 감도는 전류의 변화를 그 전류의 총계나 인가된 전기장에서 규격화된 값으로 표시하게 되는데 이것을 비감도라 한다.<sup>[4]</sup> 본 연구에서 제작된 2차원 SSIMT의 x축 방향과 y축 방향에 대한 각각의 비감도는 식 (1)과 같이 나타난다.

$$S_{r,x} = \frac{|I_{C1} - I_{C3}|}{I_{C10} + I_{C30}} \frac{100}{B} (\%/T) \quad (1)$$

$$S_{r,y} = \frac{|I_{C2} - I_{C4}|}{I_{C20} + I_{C40}} \frac{100}{B} (\%/T)$$

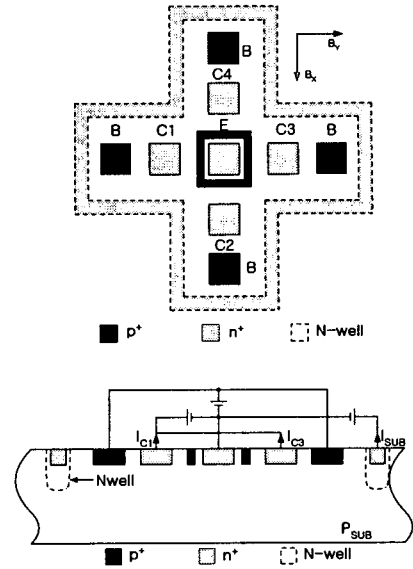


그림 1. 설계 및 제작된 SSIMT의 구조.  
Fig. 1. Design and fabricated SSIMT structure.

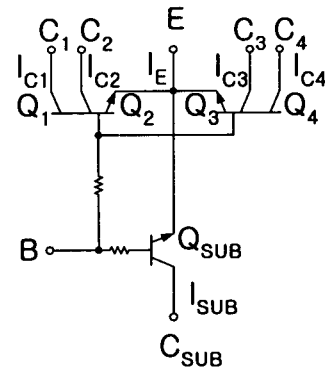


그림 2. SSIMT의 등가회로.  
Fig. 2. Equivalent circuit of SSIMT.

### 3. 실험결과

#### 3.1 SSIMT의 전기적 특성

제작된 SSIMT의 전기적 특성 측정은 곧 트랜지스터의 전기적 특성을 조사하는 것과 같다. 그림 3은 에미터 공통 회로로서  $V_{CE}$ 의 변화에 대한 SSIMT의 콜렉터의 출력 변화를 나타내고 있다. 이 그래프는 트랜지스터의 특성에서의 콜렉터 특성과 같은 성향으로 제어전류인  $I_B$ 의 증가와  $V_{CE}$ 의 증가에 따라서 증가하고 있음을 알 수 있다.

그림 4는  $I_B$ 의 증가에 따른 콜렉터의 출력으로 제어전류인  $I_B$ 의 증가에 따라서 선형적으로 증가하고 있음을 보여주고 있다. 그림 5는  $I_B$ 의 증가에 대한 substrate에 흐르는 전류의 양으로 선형적으로 증가하며, SSIMT에서 소비되는 대부분의 전류가 substrate에서 소비되고 있음을 확인할 수 있다.

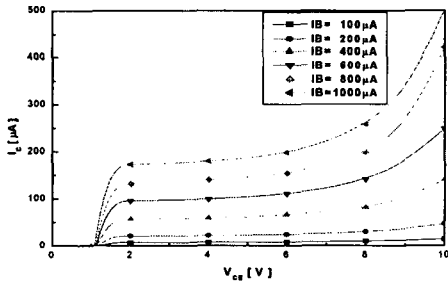


그림 3.  $I_C - V_{CE}$  특성.

Fig. 3.  $I_C - V_{CE}$  characteristic.

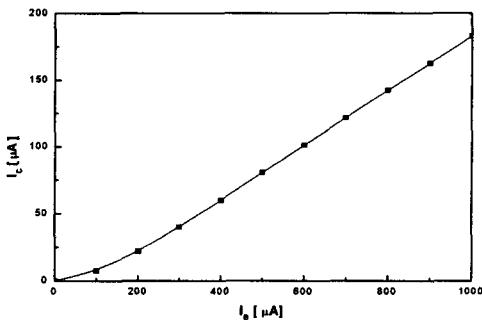


그림 4.  $I_C - I_B$  특성.

Fig. 4.  $I_C - I_B$  characteristic.

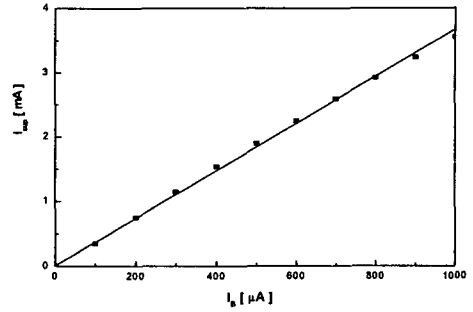


그림 5.  $I_{sub} - I_B$  특성.

Fig. 5.  $I_{sub} - I_B$  characteristic.

#### 3.2 SSIMT의 자기적 특성

제작된 2차원 SSIMT의 자기적 특성을 실험하기 위해 정전류원으로 구동되는 철심용량의 전자석을 이용하여 자속의 변화에 대한 각 콜렉터단의 출력을 조사하였으며, 2차원 SSIMT의 각도 의존성을 측정하기 위해 스태핑 모터에 의해 구동되는 회전장치를 제작하였다.

그림 6은  $\pm 200\text{mT}$  범위의 자속 변화에 대한 각 콜렉터 전류 특성을 나타내고 있다. 자속의 증가에 대하여  $I_{C1}$ ,  $I_{C2}$ 은 감소하는 반면에  $I_{C3}$ ,  $I_{C4}$ 는 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 두 콜렉터 전류의 차이  $\Delta I_C$ 가 SSIMT의 최종 출력으로서 자속의 증가에 대하여 선형적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 측정 결과,  $B = 40\text{mT}$ 인 부분에서  $I_{C12} = I_{C34}$ 인 부분이 나타나는데, 이는 SSIMT에 자속을 인가하지 않은 상태에서 생성된  $I_{C12}$ 와  $I_{C34}$ 의 전류차인 오프셋 전류를 자기 환산 오프셋으로 나타냈을 때 약  $40\text{mT}$ 에 있다고 말할 수 있다. 이때의 비감도는 약 4.72%로 나타났다.

제작된 SSIMT의 출력을 100배 증폭하여 측정한 결과 소자의 비선형도는 약 1.2%로 나타났다.

#### 3.3 2차원 SSIMT의 2차원 특성

그림 7은 2차원 SSIMT의 각도 의존성을 측정 한 그림이다.  $200\text{mT}$ 의 자속에서  $I_B = 1000\mu\text{A}$ ,  $V_{SE} = 5\text{V}$ ,  $V_{CE} = 5\text{V}$ 에서 센서를  $10^\circ$  단위로 회전시키면서 x축과 y축의 출력을 나타낸 그림이다. 그림 8은 각도변화에 따른 출력전류를 나타낸 것이다. 중심축을 잡는 어려움과 측정오차가 수반되었지만 비교적 양호한 특성을 나타내었다.

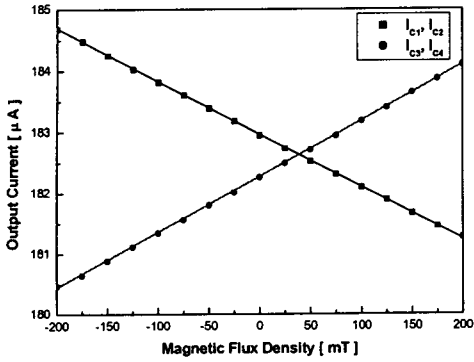


그림 6. 자기장의 변화에 따른 콜렉터 전류  
Fig. 6. Collectors current according to the magnetic induction.

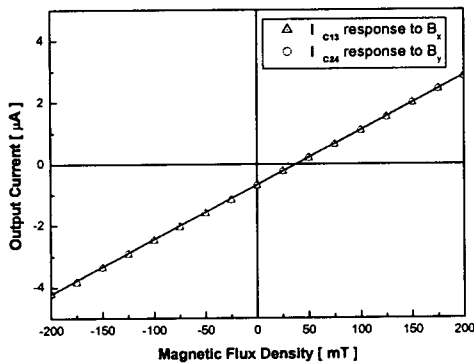


그림 7. 2차원 SSIMT의 각도 의존성 특성  
Fig. 7. Characteristics of angle-dependence of the 2-Dimensional SSIMT.

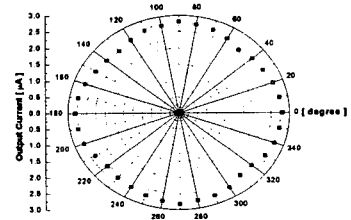
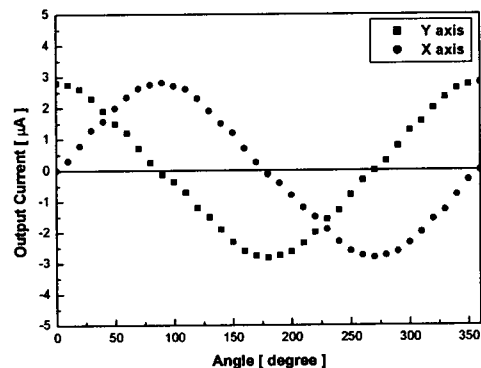


그림 8. 2차원 출력 특성  
Fig. 8. 2-Dimensional output characteristic

#### 4. 결론

본 연구에서는 CMOS 공정에 의해 공정상의 제한을 극복할 수 있는 구조의 2차원 SSIMT센서를 설계 및 제작하여 그 특성을 조사하였다.

제작된 2차원 SSIMT는  $\pm 200\text{mT}$ 의 자속 변화에 대해 선형적으로 증감하며,  $13\%/T$  이상의 비감도를 나타내었다. 자기 환산 오프셋은 약  $40\text{mT}$ 로, 이때의 비감도는 약  $4.72\%/T$ 로 나타났다. 비교적 양호한 2차원적 특성을 나타내었으며, 비선형도는 약  $1.2\%$ 로 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 반도체설계교육센터(IDEC)의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] W. Gopel, J. Hesse, and J. N. Zemel, "Sensors", Vol. 5, p. 45, 1989.
- [2] L. Ristics, H. Baltes, T. Smy, and I. Filanovsky, "Suppressed sidewall injection Magnetotransistor with Focused Emitter Injection and Carrier Doubledeflection", IEEE Electron device Lett., p. 395, 1987.
- [3] S. M. Sze, "Semiconductor Sensors", Wiley-Interscience, p. 249-252, 1994.
- [4] Lj. Ristic, T. Smy, and H. P. Baltes, "A Magnetotransistor Structure with Offset Elimination", Sensors and Materials, Vol. 1, No. 2, p. 87, 1988.