

반도체 물질 및 소자에 의한 1/f잡음의 의존성

正會員 宋 明 鎬* 正會員 朴 熙 峻*

The Dependence of the 1/f Noise on the Semiconductor Materials and Devices

Myong Ho Song*, Heui Jun PARK* *Regular Members*

ABSTRACT In this paper the relative magnitudes of the 1/f noise constants were experimentally investigated in the plana type's resistors fabricated with the different type's semiconductor materials, and a new measurement technique for the 1/f noise constant was suggested.

It was predicted from the experimental results that the origin of the 1/f noise in the semiconductor plana type's resistors may be located at the interface of the semiconductor and silicon dioxide.

I. 서 론

1/f 잡음이란 $\frac{AI^\beta}{f^\gamma}$ 형의 스펙트럼을 갖고 있 잡음현상을 말한다. 여기서 A는 상수, I는 전류, f는 주파수, β 와 γ 는 각각 $\beta \approx 2$, $\gamma \approx 1$ 의 값을 갖고 있는 상수이다. 1/f 잡음은 1925년 Johnson⁽¹⁾에 의해 진공관에서 처음으로 발견되었다. 그 이후 광범위한 전자 소자에서 1/f 잡음이 발견 되었으며, 이들 1/f 잡음의 원천을 이해하고자 반도체 및 반도체 소자에 대해서 많은 이론 및 실험적 연구가 행하여져 왔다.⁽²⁾ 그중 가장 널리 알려진 이론은 McWhorter의 표면잡음모델이다.⁽⁴⁾ McWhorter의 표면잡음모델은 전류가 흐르는 통로에 접근해 있는 산화막 내에 존재하는 electronic state로 터널링에 의해 전류 캐리어가 붙잡히게 된다는 가정 하에서 세워졌다. McWhorter의 모델에 근거한 많은 이론들이^(5,6) 나왔으며 이들 이론에서는 surface state 혹은 oxide trap들과 자유전하와의 상호작용

용에 기인한 캐리어수의 맥동이 1/f 잡음의 근원임을 밝혔다. McWhorter의 모델은 1/f 잡음의 스펙트럼이 $\omega\tau \ll 1$ 은 저주파 극한에서 평탄함을 예견하고 있으나, 지금까지의 어떤 실험에서도 저주파 극한에서 평탄해짐을 발견해 내지 못했다.⁽⁷⁾ 그러나 MOSFET에서의 1/f 잡음에 관한 실험에서는 아주 많은 부분에서 McWhorter의 모델이 적용될 수 있는 듯했다. McWhorter의 모델은 Hooge에 의해 반박을 받았다.⁽⁸⁾ Hooge는 bulk 1/f 잡음이 존재하며 전하를 띤 캐리어에 의한 직류전도전류가 존재할 때는 언제나 잡음이 존재함을 주장하였다. Hooge와 공동연구원들은 여러 가지 물질로 만들어진 많은 박막저항과 반도체저항에서 행한 1/f 잡음에 대한 실험결과들에 근거하여 식(1)로 표시되는 실험식을 얻었다.^(2,9)

$$\frac{S_g(f)}{g^2} = \frac{a}{Nf} \tag{1}$$

여기서 $a \approx 2.3 \times 10^{-3}$, $S_g(f)$ 는 1/f 잡음의 컨덕턴스 스펙트럼, g 는 시료의 컨덕턴스, N 은 시료 내의 전류캐리어의 수이다. 식(1)로 표시되는 Hooge의 실험식은 1/f 잡음을 특성화하고 이해

*國民大學校 工科學 電子工學科
Dept. of Electronic Eng. Kookmin Univ.
論文番號 : 91-58(接受1991. 2. 5)

하는데 처음으로 획기적인 변화를 주었다. 식(1)로 표시되는 Hooge의 실험식은 1/f 잡음이 전도도맥동에 기인함을 보여주고 있다. 식(2)에서 보여주는 바와같이 전도도맥동은 전류캐리어의 밀도맥동과 전류캐리어의 이동도맥동일 경우임을 알 수 있다.

$$R=L^2/q\mu N \quad (2)$$

여기서 μ 는 캐리어의 이동도, N 는 캐리어의 수, R 은 시료 소자의 저항, L 은 시료소자의 길이, q 는 캐리어의 전하량이다. 또한 Hooge와 공동연구원들은 전하를 띤 자유캐리어의 이동도맥동만이 thermo cell과 concentration cell의 전압에서 발생하는 1/f 잡음에 대한 현상을 설명해 줄 수 있는 특정한 예를 들었다.^(9,10) 그러나 이들은 이동도맥동에 기인한 1/f 잡음에 관한 어떤 이론적인 모델도 제시하지 못했다. 1/f 잡음이 전도도맥동으로 설명될 수 있는 Hooge의 실험식에 근거한 전류캐리어의 이동도맥동모델과 전류캐리어의 밀도맥동모델이 직사각형 반도체 Hall 장치에서 Kleinpenning에 의해 최근에 개발되었다.⁽¹¹⁾ 그러나 Kleinpenning은 두 모델중 어느 모델이 1/f 잡음의 근원을 설명해 줄 수 있는지를 조사하기 위한 실험을 행하였으나 정확하게 구별해 내지는 못했다. 순수한 물리적 이론에 근거한 1/f잡음에 관한 이론모델이 반도체 저항에서 H.S Min에 의해 최근에 개발되었다. Min의 이론모델⁽¹²⁾은 interband scattering이 intraband scattering보다 우세할 경우 1/f 잡음이 발생한다는 가정 하에서 세워졌다. Min의 모델에 의하면, 전도대 최소에너지 근처에 있는 전자들에 있어서 interband scattering이 intraband scattering 보다 우세하기 위해서는 이들 전자들에 있어서 scattering에 의한 relaxation time이 아주 길어야 한다. 그러나 대개의 경우 acoustic phonon scattering에 의한 relaxation time을 구할 때는 elastic scattering이 가정되며, 이렇게 구해진 relaxation이 10^{-12} sec. 정도로 아주 짧기 때문에 전도대 최소에너지 근처에 있는 전자들의

relaxtion time도 마찬가지로 짧은 것을 예상하여 타당성에 논란이 되고 있다.⁽¹³⁾

본 연구에서는 각종 반도체물질에서 발생하는 1/f 잡음의 잡음상수에 관한 실험적 연구가 행하여 졌다. 또한 본 연구에서는 정확한 1/f 잡음상수의 값을 얻을 수 있는 검출 방법으로서 Hall효과 실험과 1/f 잡음 실험을 복합한 새로운 검출방법을 제시하였으며 본 방법을 본 연구의 데이터 검출에 적용하여 1/f 잡음상수의 값을 얻었다.

II. 1/f 잡음상수 검출방법

비축된 반도체저항에서 발생하는 1/f 잡음의 스펙트럼은 일반적으로 다음과 같이 Hooge의 실험식으로 주어진다.

$$S_R(f)/R = \frac{\alpha}{N \cdot f^\gamma} \quad (3)$$

식(3)에서 α 는 잡음상수(일명 : Hooge 상수), N 는 저항체 내의 전류캐리어의 수, f 는 주파수, γ 는 $\gamma=1$ 의 값을 갖고 있다. 식(3)을 1/f 잡음 전류의 스펙트럼으로 표시하면 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{S_I(f)}{I^2} = \frac{\alpha}{N \cdot f} \quad (4)$$

본 1/f 잡음상수 검출방법은 Hall효과 실험결과와 1/f 잡음에 관한 실험결과를 복합하여 정밀한 1/f 잡음상수 값을 얻을 수 있는 새로운 방법을 제시하였다. 식(4)에서 보여주는 1/f 잡음의 전류스펙트럼으로 부터 α 는 식(5)와 같이 주어진다.

$$\alpha = \frac{S_I(f)}{I^2} \cdot N \cdot f \quad (5)$$

α 의 값을 찾기 위해 본 실험은 모두 상온($T=3$

00°K)에서 행하여졌다.

$\frac{S_i(f)}{I^2} \cdot f$ 의 값은 1/f 잡음전류의 스펙트럼 실험에서 얻을 수 있으며, N의 가능한 정확한 값을 찾기 위해서는 N에 대한 관계식을 조사해 가능한 정확한 파라메타 값들로부터 N의 값을 얻어야 할 것이다. 그림 1에서 보여주는 바와같이 저항소자에서 N에 대한 관계식은 다음과 같이 주어진다.

$$N = n \cdot W \cdot t \cdot L \quad (6)$$

식(6)에서 n은 저항소자의 전류캐리어의 밀도이고 W, t 및 L은 각각 그림 1에서 보여주는 바와같은 저항소자의 폭, 두께 및 길이이다. 식(6)에서 전류캐리어의 밀도 n의 값을 알기 위해서는 그림 1과 같이 Hall효과 실험을 행하여야 한다. 이 저항소자로 부터 Hall효과 실험을 행하면, 그림 1에서 보여주는 파라미터들과 전류캐리어의 밀도 n과는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$n = \frac{I_x \cdot B_z}{q \cdot t \cdot V_{AB}} \quad (7)$$

여기서 I_x , B_z 는 Hall effect 측정시에 x방향으로 인가한 전류 및 z방향으로 인가한 자속밀도이며, V_{AB} 는 Hall효과에 의한 A,B양단의 전압이다. 식(7)을 식(6)에 대입하면 식(8)을 얻는다.

$$N = \frac{I_x \cdot B_z}{q \cdot V_{AB}} \cdot W \cdot L \quad (8)$$

식(8)을 식(5)에 대입하면 식(9)를 얻는다.

$$\alpha = \frac{S_i(f)}{I^2} \cdot f \cdot \frac{I_x \cdot B_z}{q \cdot V_{AB}} \cdot W \cdot L \quad (9)$$

식(9)에서 보여주는 바와같이 동일한 기하학적 구조를 갖고 있는 다른 물질 혹은 조건의 반도체 저항을 제조하여 이들 저항들로부터 bulk 및 surface에서 발생하는 1/f 잡음의 전류스펙트럼 $S_i(f)$ 를 동일한 온도에서 측정하고, 또한 이들 저항체들로부터 V_{AB} , I_x , B_z 의 값들 사이의 관계를 Hall효과 실험에 의해 찾게 되면, 반도체 저항의 bulk 및 surface에서 발생하는 1/f 잡음 상수인 α 의 정확한 값들을 찾아낼 수 있음을 알 수 있다. 지금까지의 실험에서는 식(6)으로부터 N값을 직접 얻은 후 식(5)로부터 1/f

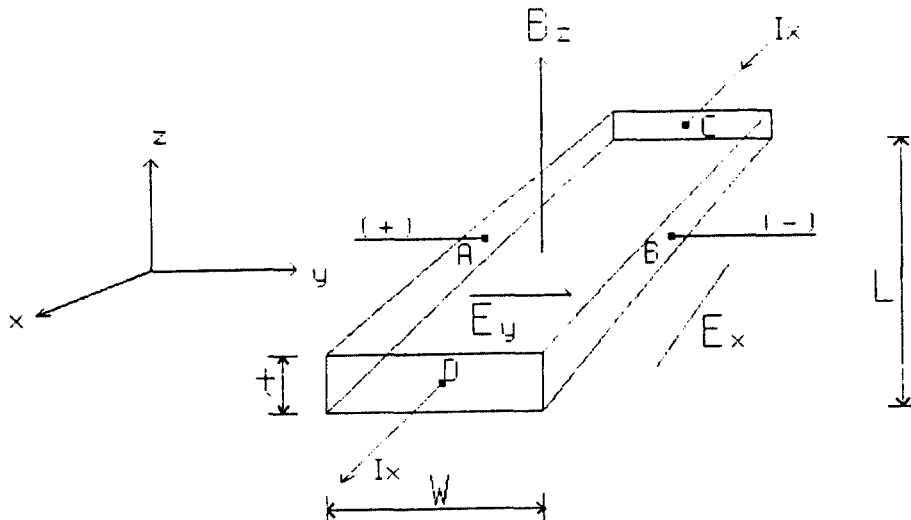


그림 1. 반도체 저항소자에서의 Hall효과측정

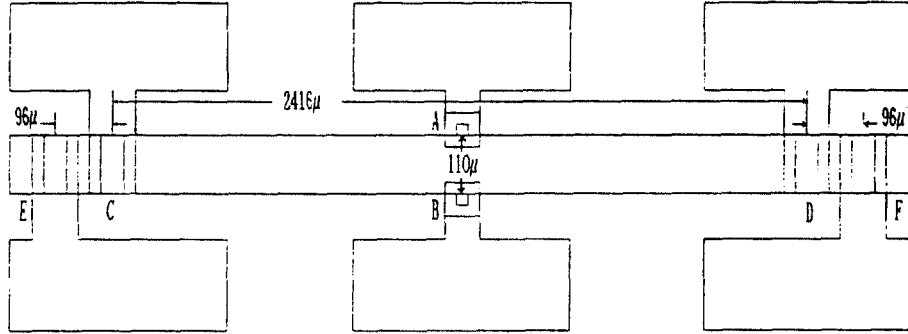


그림 2. 시료소자로 제조된 반도체 저항소자의 크기 및 형태

잡음상수를 검출하였다. 이러한 방법은 식(6)에서 보여주는 바와 같이 반도체 plana형의 저항체에 적용할 경우 active 영역인 두께 t 의 불확실성 때문에 $1/f$ 잡음상수 검출에 큰 오차를 갖게 된다. 반면에 본 실험에서는 식(9)로부터 직접 $1/f$ 잡음상수를 검출할 수 있음을 알 수 있다. 식(9)에서 보여주는 바와 같이 두께의 값을 사용하지 않고 $1/f$ 잡음상수의 값을 얻을 수 있으므로 $1/f$ 잡음상수의 정확한 측정이 가능함을 알 수 있다.

III. 시료소자 제작

1) 시료소자 Layout

본 실험의 시료 소자로 제조된 반도체 저항소자의 크기 및 형태는 그림 2에 표시된 것과 같다.

그림 2에서 단자 E, F는 전원공급단자이고, C, D는 잡음측정단자이며, A, B는 Hall전압 측정단자이다. 전류공급단자와 잡음측정단자를 분리하여 만든 이유는 이렇게 함으로서 bulk 혹은 surface 에서 발생하는 잡음을 검출하는데 접촉 저항에 의한 $1/f$ 잡음을 피할 수 있기 때문이다.

2) 시료준비

본 실험에서는 측정오차를 줄이기 위해 그림

3에서 보여주는 바와같은 구조를 갖고 있는 GaAs wafer와 Si wafer가 사용되었다.

그림 3a에서 보여주는 GaAs multi layer epitaxial wafer는 일본 SUMIDOMO회사로부터 구입한 VPE 방식으로 제조된 GaAs(100) wafer이다. 그리고 Si wafer는 그림 3b에서 보여주는 바와같이 n형의 Si(100) 혹은 Si(111) wafer에 diffusion 방식을 이용하여 n형 불순물(phosphorus)을 첨가하여 n형의 Si wafer를 제조하였고, 또한 이와 비슷한 방법으로서 p형의 Si(100) 혹은 Si(111) wafer에 p형의 불순물(boron)을 첨가하여 p형의 Si wafer를 제조하였다. 그림 3b에서 보여주는 multi layer wafer는 n-Si wafer에 PH1000인 확산장비에서 phosphor(p)를 dopant로하여 900°C에서 25분간 n^+ -diffusion을 시킨 후 wet O_2 를 분위기로 하여 1000°C에서 35분간 driver-in을 행하였다. 그 결과 n^+ 층의 두께가 1μm이내이며 n^+ -Si(111)는 $10\Omega/\square$ 근방, n^+ -Si(100)는 $7\Omega/\square$ 근방의 sheet resistance 값을 갖고 있었으며, 이와 비슷한 방법으로서 p-Si wafer에는 BN975인 확산장비에서 boron(B)을 불순물로 하여 950°C에서 9분간 p^+ -diffusion을 실행시킨 후 wet O_2 를 분위기로 하여 1000°C에서 35분간 drive-in을 행하였다. 그 결과 p^+ 층의 두께가 1μm이내이며 p^+ -Si(111)는 $8\Omega/\square$ 근방, p^+ -Si(100)는 $8\Omega/\square$ 근방의 sheet resistance 값을 갖고 있었다.

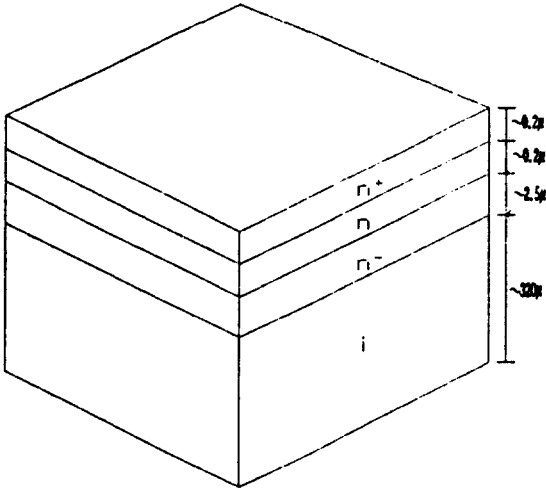


그림 3a. n⁺-GaAs(100) multi layer wafer.

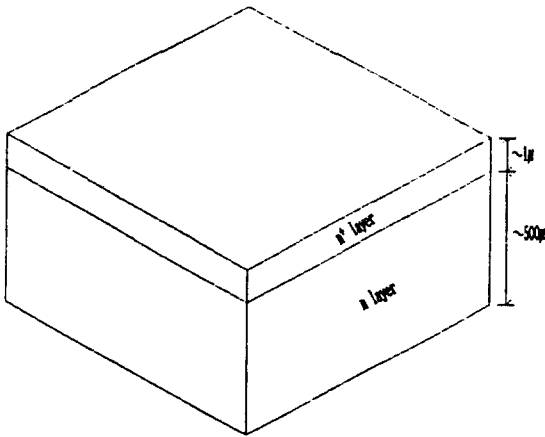


그림 3b. n⁺-Si(100), n⁺-Si(111), p⁺-Si(100), p⁺-Si(111) multi layer wafer.

3) n⁺-GaAs(100)저항체 제조 공정

n⁺-GaAs(100)저항체의 제조 공정에 대한 흐름도 및 단면도가 그림 4에 도시되어 있다. 본 시료 소자는 그림 3에서 보여주는 바와같은 n⁺-GaAs multi layer epitaxial wafer의 n층의 표면에 SiO₂를 sputter 방법으로 3000Å 정도 증착시킨 후 그림 2에서 보여주는 바와같은 구조의 저항을 만들기 위해 전원공급단자(E,F), 잡음측정단자(C,D) 그리고 Hall전압 측정단자(A,B)에 ohmic

contact을 행하였다. 본 소자의 ohmic contact은 Au-Ge(7.4%) 합금을 1000Å 정도 증착시킨 후 Ni을 1000Å 정도 증착시켜서 440~450℃에서 분위기를 수소로 하여 2분30초 단위로 2회에 걸쳐 열처리한 결과 ohmic contact면에 어떤 grain도 생기지 않고 양방향 특성이 동일한 선형적인 저항을 얻을 수 있었다. 본 소자는 전원공급단자 및 잡음측정단자의 ohmic contact 저항이 각각 30Ω 정도로서 상당히 큰 값을 갖고 있기는 하나 bulk저항이 500Ω 이상의 크기를 갖고 있으므로 전체저항의 크기에 ohmic contact 저항의 크기를 빼서 bulk 저항의 크기를 환산해 내는데 접촉저항이 미치는 실험적 오차를 무시할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 Hall전압 측정단자의 ohmic contact 저항의 크기는 50 정도 갖고 있으나 Hall전압 측정단자에서의 DC특성이 선형적이었고 Hall전압 측정시에 Hall전압 측정장치의 내부저항이 10⁹Ω 이상인 것을 사용하였으므로 ohmic contact 저항에 의한 실험오차 역시 고려할 필요가 없음을 알 수 있었다. ohmic contact을 한 후 A l을 1μ 정도 두께로 진공 증착시켜 metal pad를 만들고 저항으로 사용될 부분을 제외한 모든 부분을 1HCl : 1H₃PO₄ : 1(1N-K₂Cr₂O₇) 용액을 14℃로 한 후 50초 동안 mesa etch를 했다. 상기용액의 etch율은 정확히 알려져 있지 않으나 본인의 경험에서 35초 정도 mesa etch를 행하면 본 시료 wafer의 n⁺층 및 n층이 전부 etch되는 것을 확인하였으므로 본 시료의 mesa etch는 50초 동안 행하여 n⁺층, n층 및 i층의 일부까지 mesa etch가 되도록 하였다.

4) n⁺-Si(100), n⁺-Si(111), p⁺-Si(100), p⁺-Si(111) 저항체 제조 공정

n⁺-Si(100), n⁺-Si(111), p⁺-Si(100), p⁺-Si(111) 저항체 제조공정에 대한 흐름도 및 단면도가 그림 5a 및 그림 5b에 도시되어 있다.

Si-multi layer wafer의 표면에 n-Si인 경우 SiO₂를 1000℃에서 wet O₂를 분위기로 하여 35분간 oxidation 방법으로 3000Å 정도 길렀으며, P-Si인 경우 SiO₂를 800℃에서 Low-Tem-

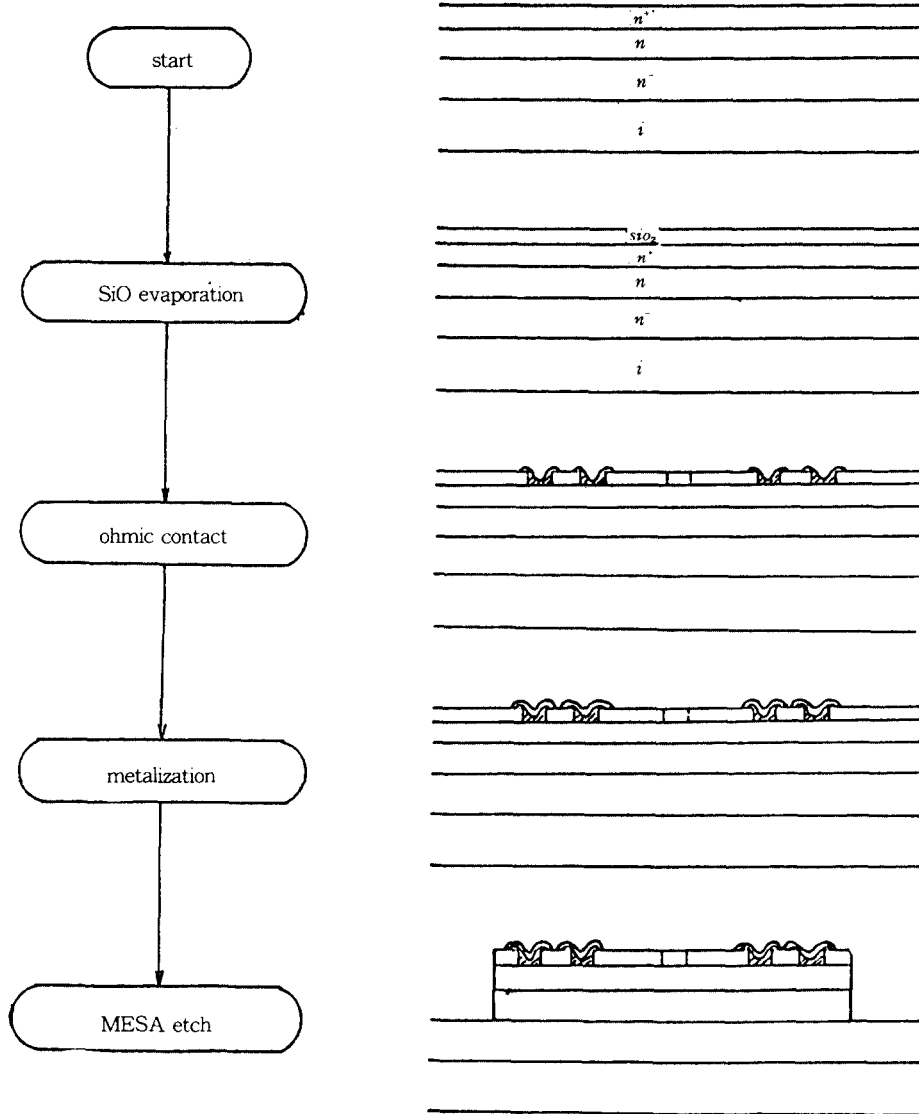


그림 4. n⁺-GaAs 저항소자의 제조공정에 대한 흐름도 및 단면도

perature oxidation를 하고 10 : 1의 HF에서 1 분 30초만에 boron glass를 제거한 후 1000℃에서 wet O₂분위기로 하여 35분간 drive-in을 행하여 300Å 정도를 길렀다. 상기 과정을 거친 후 H₂O : KOH : 2-propanol=3 : 2 : 1용액을 80℃로 가열한 후 Si V-Groove etch를 행하였다.

n-Si인 경우에는 본 용액의 etch율이 0.4μm/min로 알려져 있으므로 6분간 etch를 하고, p-Si인 경우에는 본 용액의 etch율이 1.1μm/min로 알려져 있으므로 2분간 etch를 하여 저항이 만들어질 부분을 제외한 모든 부분의 n⁺ 및 n층이 etch되도록 하였다.

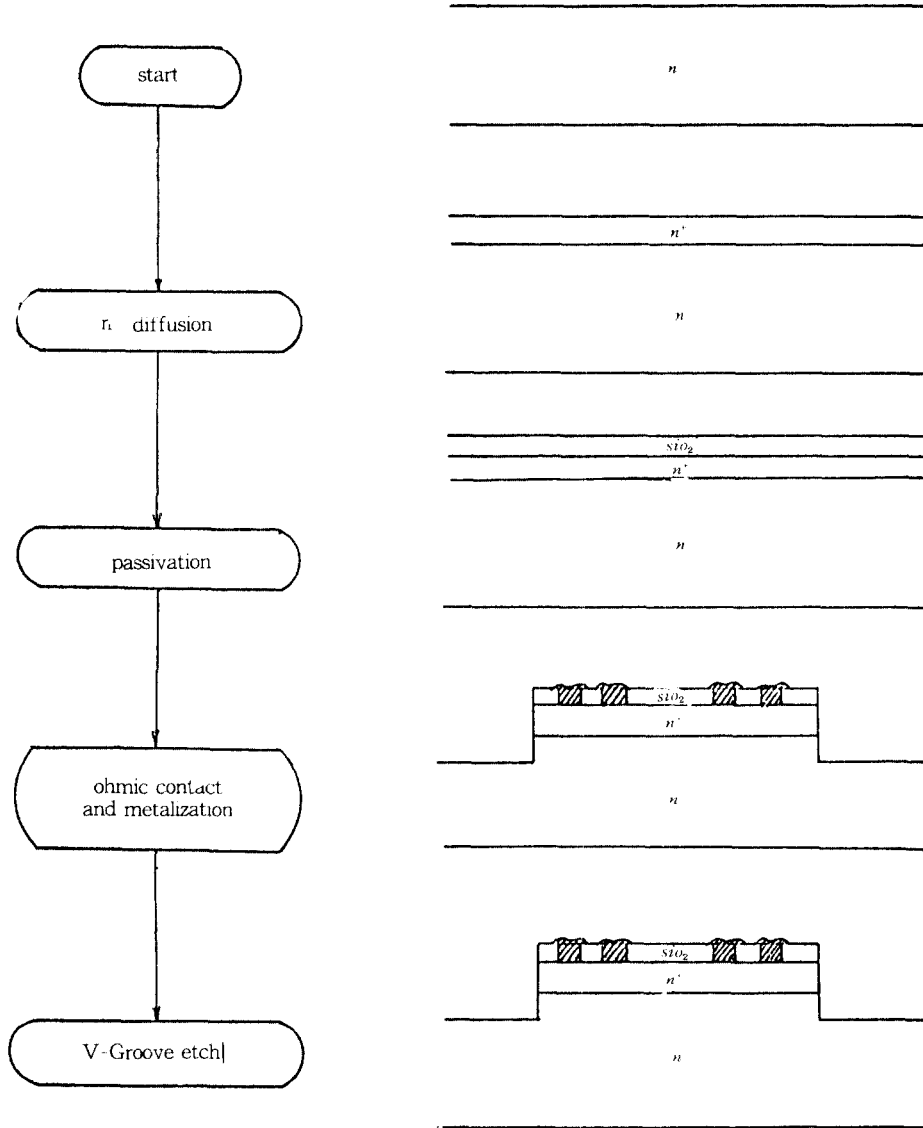


그림 5a. n⁺-Si(100), n⁺-Si(111) 저항소자의 제조공정 및 단면도

Si의 n⁺층 혹은 p⁺층에 그림 2에서 보여주는 바와같은 구조의 저항을 만들기 위해 전원공급단자(E,F), 잡음측정단자(C,D) 그리고 Hall전압 측정단자(A,B)에 ohmic contact를 행하였다. 본 소자의 ohmic contact은 A l을 1 μ m두께로 진공 증착시킨 후 질소를 분위기로 하여 450 $^{\circ}$ C에

서 20분간 열처리한 결과 양방향 특성이 동일한 선형적인 저항을 얻을수 있었다. 본 소자의 ohmic contact 저항은 수 Ω 정도로서 bulk 저항 (100 Ω 이상)에 비해 무시할 정도로 작음을 알수 있었다.

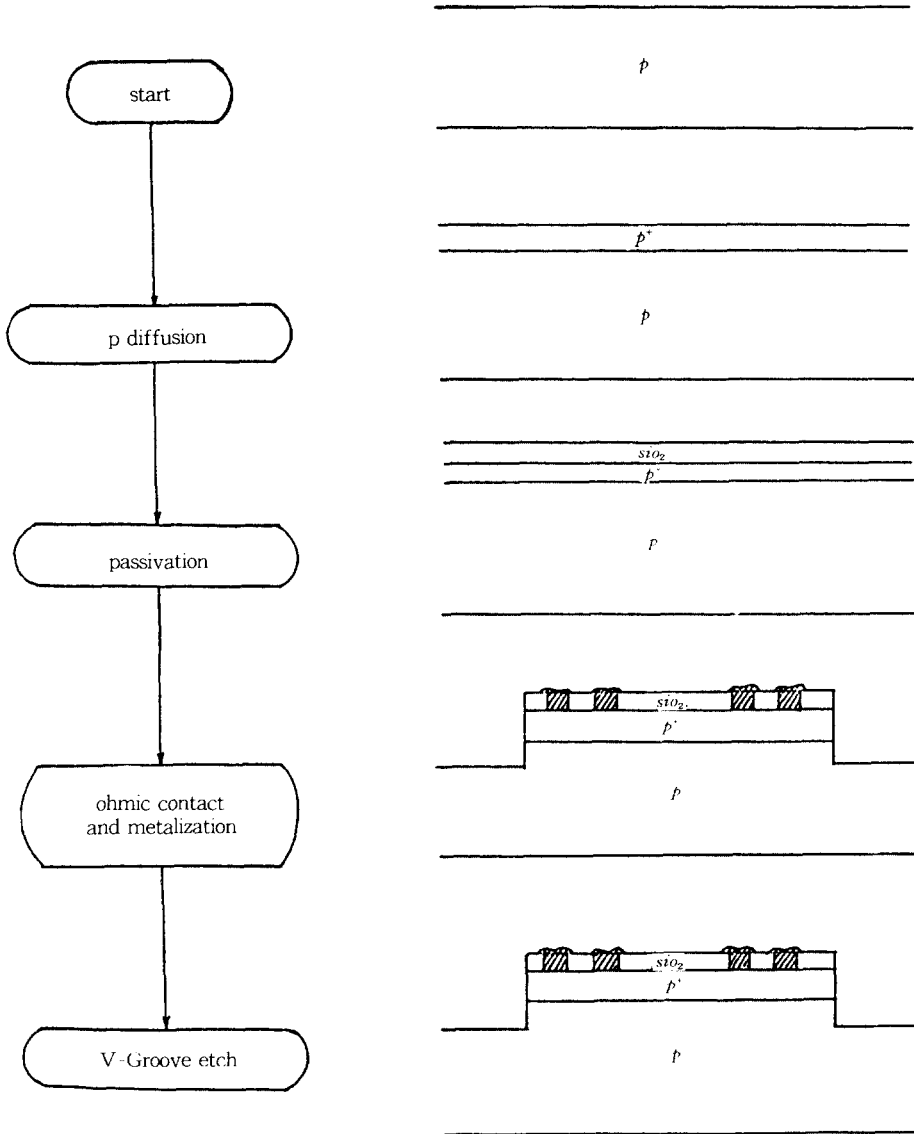


그림 5b. n⁺-Si(100), p⁺-Si(111) 저항소자의 제조공정 및 단면도

V. 실험방법

상술한 제조공정 방법에 의해 제조된 n⁺GaAs (100), n⁺ Si(100), n⁺-Si(111), p⁺-Si(100), P⁺-Si (111) 등의 각 저항소자에서 발생하는 1/f 잡음을 측정하였으며, 본 측정시스템에서 가장 중요

한 부분인 pre-Amp는 본인이 직접설계한 이득 : 6000배, 주파수 특성 : 하차단 5Hz와 상차단 10MHz사이의 값을 갖고 있는 증폭기로서 저잡음 JFET가 사용되어 만들어졌다. 또한 잡음의 스펙트럼 분석기는 Hewlett-packard Model 35 61A Dynamic Signal Analyzer가 사용되었다.

Hall효과 측정시에 자속밀도는 3KG로 고정시키고 시료 소자에 흘리는 전류는 1/f 잡음측정시에 흘린 전류와 비슷한 값으로 제한시키므로서 전류에 기인한 소자의 열적인 영향 및 강자속에 기인한 영향 등을 완전히 배제할 수 있는 조건하에서 측정되었다.

VI. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서 얻은 과잉잡음전류의 스펙트럼에 관한 data를 graph로 표시한 것이 그림 6에 주어져 있다. 그림 6에서 보여주는 바와같이 본 시료들로부터 얻은 과잉잡음전류의 스펙트럼이 거의 모두 1/f 잡음의 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 찾고자 하였던 1/f 잡음상수 α (일명: Hooge 상수)가 Table 1에서 보여주는 바와같이 Hall효과 실험결과 및 1/f 잡음전류의 스펙트럼의 실험결과로부터 식(9)에 의해 얻어졌으며 본 실험에서 얻은 α 의 값은 기존실험논문(surface effect가 고려된 경우)⁽³⁾들에 비해 Si인 경우 10배 내지 100배 이상 큰 값을 갖고 있으며 GaAs인 경우는 지금까지는 본 실험결과와 서로 비교할 수 있는 연구결과가 없으나 상당히 큰 값을 갖고 있음을 보여주고 있다. 말하자면 surface effect가 고려될 경우에도 Si인 경우 α 값이 10^{-3} 정도인 것으로 알려져 있으며 surface effect가 없는 경우인 본인의 연구 논문인 “MBE”에 의해 성장된 GaAs short channel ($1\mu\text{m}$) MESFET⁽¹⁴⁾에서는 10^{-5} 정도임을 보여주고 있다. 또한 이론적으로는 Si인 경우 완전 crystal이고 surface effect가 없을 경우⁽¹⁵⁾ 10^{-7} 정도임을 예측할 수 있으며 실제에 있어서 Si-JFET가 저잡음 소자임이 이를 입증해 주고 있다. 본 연구에서 사용된 시료 소자들은 plana형의 저항으로서 저항체로 사용되는 n⁺층의 두께가 $1\mu\text{m}$ 이고 n⁺층의 불순물 농도가 n층의 불순물 농도의 100배 이상이므로 대부분의 전류가 n⁺층에서 흐를 것이다. 그러므로 n⁺-bulk는 물론이고 n⁺층과 SiO₂사이의 경계면에서의 interface

state 및 SiO₂내의 mobil ion과 n⁺층과 n층 사이의 경계면의 trap들이 1/f 잡음의 스펙트럼에 직접적인 영향을 줄 수 있을 것으로 예측된다.

본 시료소자인 GaAs에서는 SiO₂가 sputter 방법으로 Si에서는 wet O₂분위기에서 비교적 고온에서 단시간에 성장 되었으므로 SiO₂와 반도체사이의 interface state 및 SiO₂내의 mobil ion에 관한 주의를 기울이지 않고 만들어졌을 뿐만 아니라 저항소자의 폭은 불과 $160\mu\text{m}$ 인데 반해 길이는 $2416\mu\text{m}$ 나 되어 long channel bulk 저항에 속한다. 그러므로 본 소자의 특성으로 미루어 볼때 interface state의 밀도와 mobil ion의 밀도가 1/f 잡음의 스펙트럼에 직접적인 큰 영향을 주었을 것으로 예측되며 또한 channel의 길이 역시 1/f 잡음에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

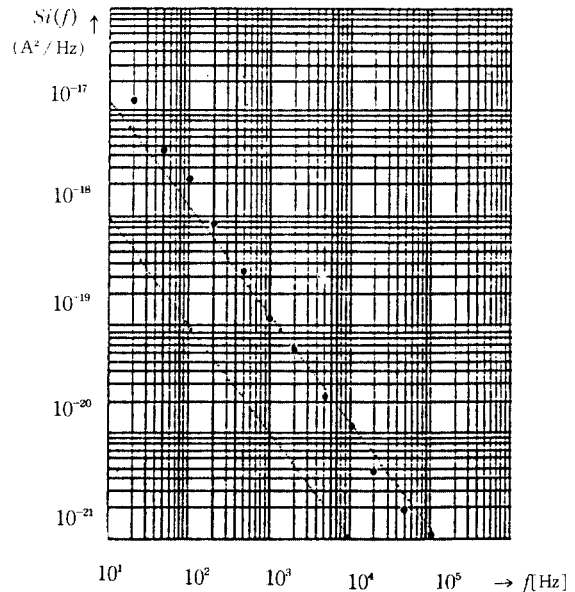


그림 6a. Si(111), n⁻ type, R=257Ω, I_x=18.55mA

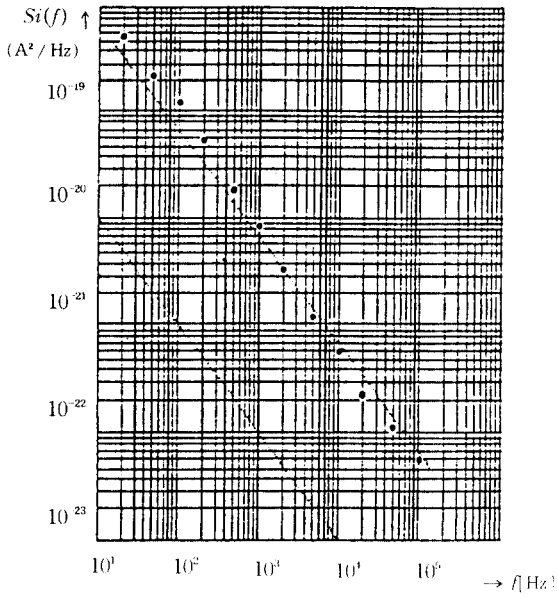


그림 6b. Si(111), n⁻ type, R=204Ω, I_x=19.78mA

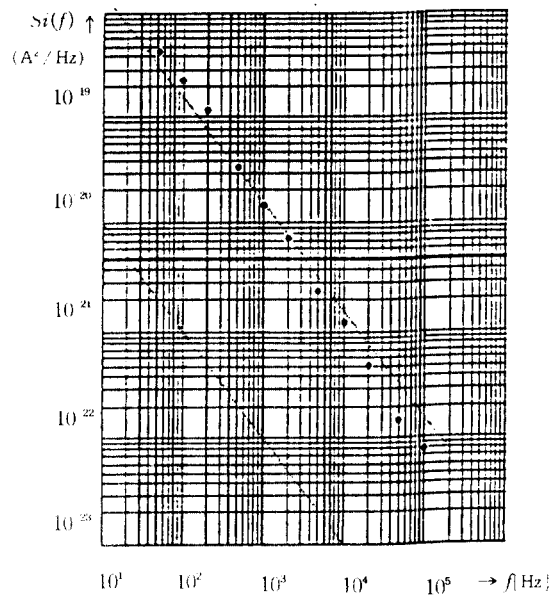


그림 6c. Si(111), n⁻ type, R=249Ω, I_x=18.73mA

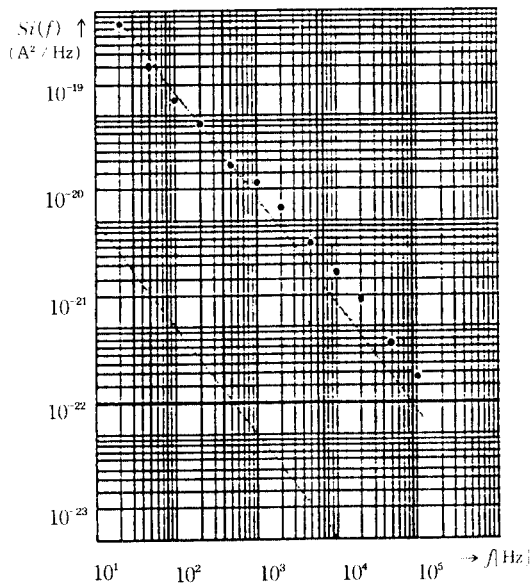


그림 6d. Si(100), n⁻ type, R=141Ω, I_x=21.46mA

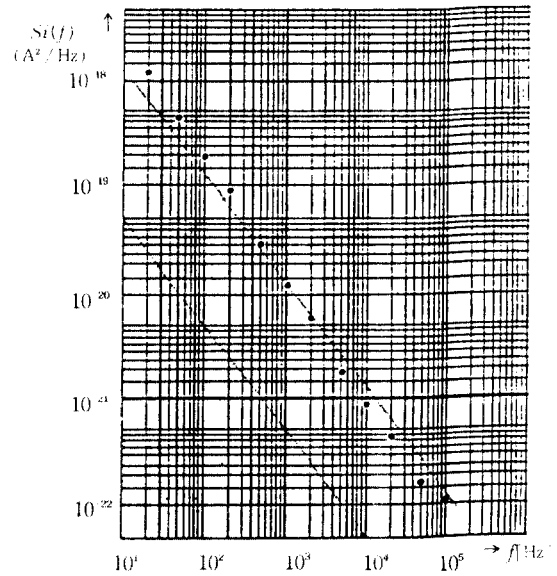


그림 6e. Si(100), n⁻ type, R=136Ω, I_x=21.6mA

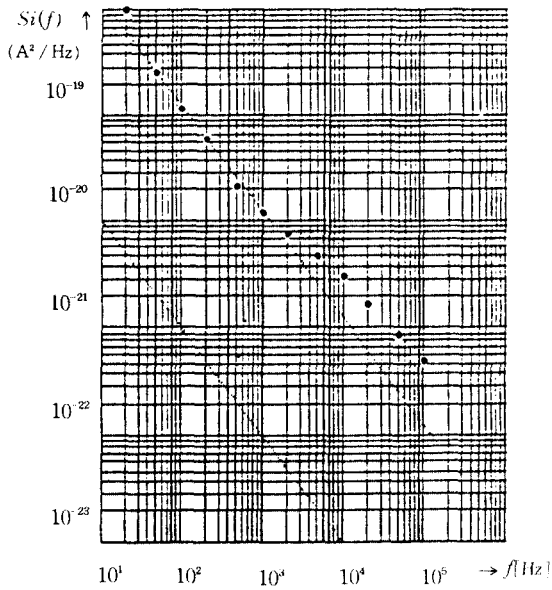


그림 6f. Si(111), p⁻-type, R=153.5Ω, I_x=21.1mA

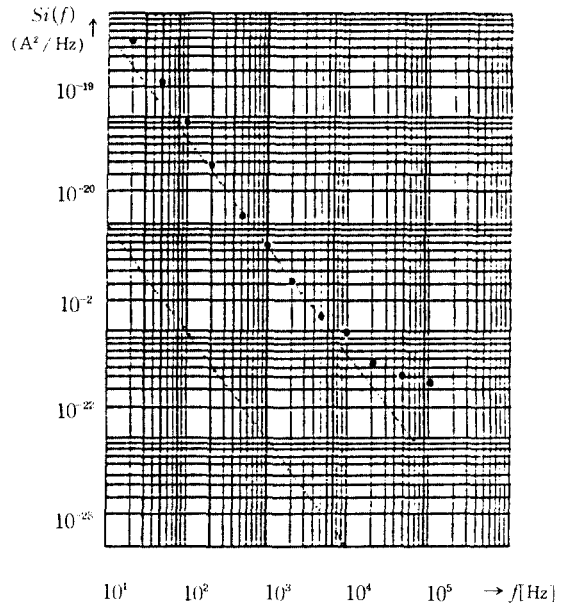


그림 6g. Si(111), p⁻-type, R=160Ω, I_x=20.92mA

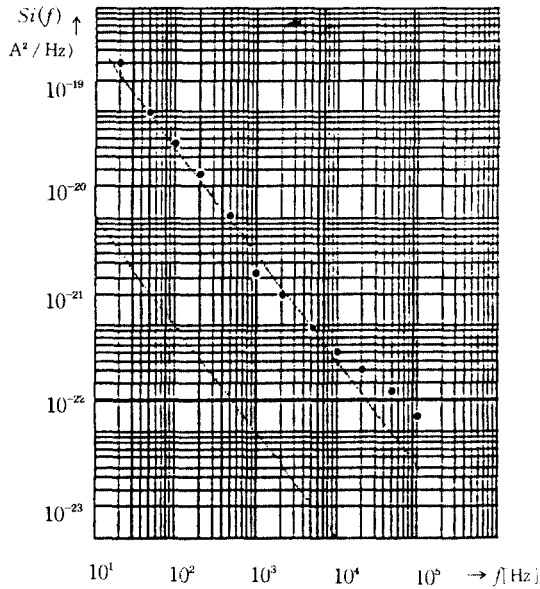


그림 6h. Si(100), p⁻-type, R=167.7Ω, I_x=20.71mA

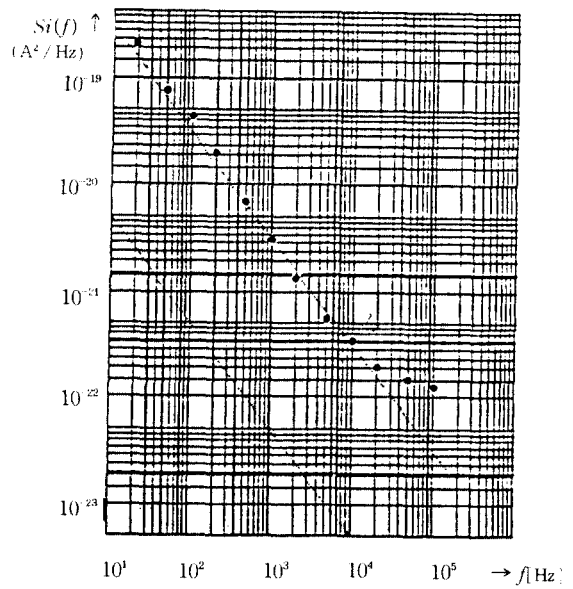


그림 6i. Si(100), p⁻-type, R=196.6Ω, I_x=19.96mA

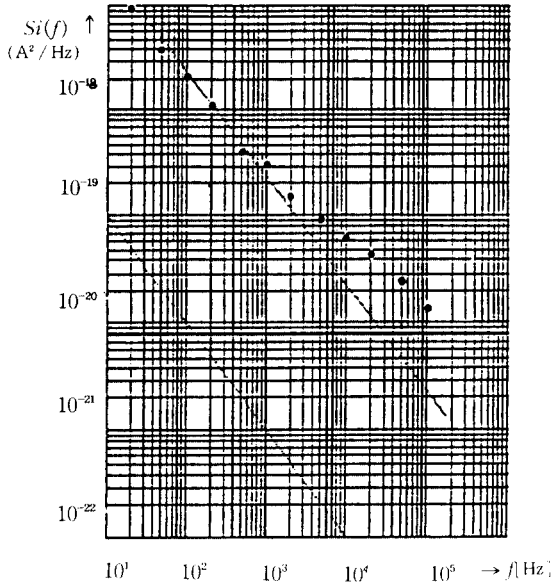


그림 6j. GaAs(100), n⁻-type, R=497Ω, I_x=9.37mA

Ⅶ. 결 론

1/f 잡음상수를 실험적으로 찾는 본 연구의 이론 및 실험 방법은 지금까지 행하여진 어떤 연구 결과보다도 정확성을 갖고 있으며 본 연구 결과로 부터 surface effect가 큰 소자에서의 1/f 잡음의 스펙트럼은 SiO₂와 반도체 사이의 interface와 직접적인 관계가 있을 것으로 예측되므로 1/f 잡음을 줄이기 위해서는 SiO₂와 반도체 사이의 interface가 1/f 잡음에 미치는 영향을 최소화하는 SiO₂의 성장 기술이 중요시 될 것으로 예측되며, 또한 소자의 기하학적 구조 역시 1/f 잡음에 직접 기여할 것으로 예상되므로 가능한한 저잡음 소자의 설계시에는 소자의 기하학적 구조와의 상관 관계를 구체적으로 연구할 수 있게 된다면 1/f 잡음의 원천을 더욱더 구체화 할 수 있을 것으로 본다.

감 사 말

본 연구를 위한 한국과학재단의 연구비 지원에 대해 심심한 감사를 드립니다.

본 실험의 정확성을 확인하기 위해 Table 1에 Hall효과 실험 결과로 부터 얻은 각 소자의 Hall 이동도를 Table 1에 수록하였다. Table 1에서 보여주는 바와같이 본 실험에서 얻은 Hall 이동도의 값은 비교적 적합한 범위에 있음을 알수 있었다.

표 1. 1/f잡음상수 α와 Hall 이동도 μH 및 이들 값을 산출한 관련 실험 데이터.

Type, R [Ω]	Si [A ² /Hz]	f [Hz]	I _x [A]	Bz [KG]	W [m]	L [m]	I [A]	V _{AB} [mV]	μH [cm ² /volt sec]	α
n ⁻ -Si(111), R=257	6.6×10 ⁻²⁰	2000	0.01855	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0146	8.65	910	0.962
n ⁻ -Si(111), R=284	8.7×10 ⁻²¹	1000	0.01978	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0146	8.75	1090	0.066
n ⁻ -Si(111), R=249	1.7×10 ⁻²⁰	1000	0.01873	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0159	8.65	930	0.104
n ⁻ -Si(100), R=141	3.6×10 ⁻²⁰	500	0.02146	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0160	4.5	740	0.241
n ⁻ -Si(100), R=136	2.4×10 ⁻²⁰	1000	0.0216	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0144	1	700	1.799
p ⁻ -Si(111), R=153.5	1.3×10 ⁻²⁰	1000	0.0211	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0154	3.35	520	0.247
p ⁻ -Si(111), R=160	6.6×10 ⁻²¹	1000	0.02092	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0155	3.11	460	0.133
p ⁻ -Si(100), R=167.7	2.0×10 ⁻²¹	2000	0.02071	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0160	2.62	380	0.088
p ⁻ -Si(100), R=196.6	6.4×10 ⁻²¹	1000	0.01996	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.016	2.69	400	0.134
n ⁻ -GaAs(100), R=497	1.6×10 ⁻²⁰	2000	0.00937	3	1.6×10 ⁻⁴	2.416×10 ⁻³	0.0071	23	2400	1.874

참 고 문 헌

1. J.B.Johnson, Phys. Rev. 26,71(1925)
2. M.S.Gupta, Electrical noise : Fundamentals and Sources (IEEE, New York, 1977)
3. F.N.Hooge, "1/f noise", physica(Utrecht) 83B, 14 (1976)
4. A.L.Mewhorter, Semiconductor Surface physics (University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1957)
5. H.I. Hanafi and A.van der Ziel, Physica (Utrecht) 94B, 798 (1978)
6. A.Van der Ziel, Fluctuation phenomena in Semiconductors, Butler worth, London
7. J.L Tandon and H.R.Bilger, "1/f noise as a nonstationary process : Experimental evidence and some analytical conditions", J.Appl. phys. 47, 1697 (1976)
8. F.N.Hooge, "1/f noise is no surface effect", phys. Lett. A29, 139 (1969)
9. F.N.Hooge, "Discussion of recent experiments on 1/f noise", Physica 60, 130 (1972)
10. Th.G.M.Kleinpenning, "1/f noise in thermo EMF of intrinsic and extrinsic semiconductors", Physica (Utrecht) 77,78 (1974)
11. H.M.J.Vaes and T.G.M.Kleinpenning, "Hall-effect noise in semiconductors", J.Appl.phys, 48, 5131 (1977)
12. H.S. Min, "Theory of flicker noise in homogeneous nondegenerate semiconductors with single-level SRH recombination centers", J.Appl.Phys. 51, 1637 (1980)
13. M.B.Weissman, Proc. 6th International Conf. on Noise in physical system, NBS Special Publication 614, 618 (1981)
14. Myong-Ho Song, A.N. Birbas, A. van der Ziel, "1/f Noise in GaAs MESFETs Grown by MBE", submitted to IEEE
15. A. van der Ziel, Noise in Solid State Devices and Circuits, John Wiley & Sons (1986)



宋 明 鎬(Myong Ho SONG) 正會員
 1952年 5月 25日生
 1973年 2月 : 高麗大學校 工科學校 電子工學科 卒業
 1975年 2月 : 高麗大學校 大學院 電子工學科 卒業(工學碩士)
 1985年 8月 : 高麗大學校 大學院 電子工學科 卒業(工學博士)
 1987年 3月 ~ 1988年 2月 : 미네소타 대학 (미국) 訪問연구원
 1988年 3月 ~ 1988年 8月 : 토론토 대학 (캐나다) 訪問수
 1990年 3月 ~ 現在 : 특허청 진흥심원등용출원심사자문위원
 1991年 ~ 現在 : 國民大學校 工科學校 電子工學科 教授
 ※ 關心分野 : 半導體 素子 物性 및 IC 設計



朴 熙 峻(Heui Jun PARK) 不會員
 1965年 11月 30日生
 1989年 2月 : 國民大學校 工科學校 電子工學科 卒業
 1991年 ~ 現在 : 國民大學校 大學院 電子工學科 碩士課程