

적외선센서의 원리와 선정방법



민원기 대리
주식회사 키트론
부설 기술연구소
minwk99@hanmail.net

1. 들어가며

밤중에 화장실에 갈 때 불을 켤 때 시간이 걸린다든지, 밤늦게 귀가했을 때에 현관 등의 스위치를 찾는다면 한 경험이 있을 것이다. 하숙 또는 아파트에 거주하는 독신자에게는 귀가했을 때에 불이 켜져 있지 않으면 쓸쓸한 기분이 든다든지, 어린아이가 있는 가정에서는 아이가 불을 끄지 않아서 곤란하다든지 하는 이야기를 가끔 듣는다.

현관에 사람이 이르면 자동적으로 점등되고, 사람이 없어지면 꺼지는 조명이 있다면 편리할 것이다. 또, 아이가 밤중에 화장실에 가려고 하면 불이 켜지고 침대로 들어가면 꺼지는 조명이 있으면 편리할 것이다. 책상 앞에 있는 동안은 켜져 있고, 책상을 떠나면 꺼지는 조명도 편리할 것이다.

이러한 편리한 조명은 과연 제작할 수 없는 것일까? 지금은 이러한 조명(사실은 스위치)은 여러 가지 방법으로 실현이 가능하다. 예를 들면, 초음파를 사용하거나 마이크로스위치를 사용하여 가능한 시대가 되었다.

2. 적외선 센서란?

적외선은 가시광보다도 파장이 긴 전자파로서 그 파장은 0.72~1,000 μ m의 범위에 있다. 열진동하고 있는 모든 물질로부터 적외선은 방사되고 있지만 우리들의 눈으로는 감지할 수 없다. 사람의 체온은 36~37 $^{\circ}$ C이므로 인체에서는 9~10 μ m에 피크를 가진 중간적외선이 방사되고 있다. 적외선 센서는 이들 파장의 빛을 감지하는 센서이다.

위에서 언급한 조명(스위치) 방법 중의 하나로, 인간에게서 방사되는(인간이 내는) 적외선을 이

용하는 수단이 있다. 수년 전까지 적외선 센서는 매우 비싸고, 성능도 안정하지 않았으나, 최근에는 좋아지고 가격도 내려 사용하기 쉽게 되어 있다.

적외선 센서는 <표 1>과 같은 종류가 있는데, 이 중에 초전형 적외선 센서는 반도체 센서와 달라서, 상온 동작과 감도에 과장 의존성이 없는 것을 특징으로 하고, 여러 분광 투과성이 있는 창재(窓材)와 조합하여, 사용 목적에 맞는 센서를 만들 수 있다. 더욱이 조작성이 간단하여, 볼로미터나 더모파일과 같이 전기회로에 특별한 주의를 할 필요가 없고, 회로 설계가 용이한 것도 특징의 하나로서 첨가할 수 있으며, 응용을 넓히고 있다.

오늘날 초전형 적외선 센서를 이용한 침입자 경보기나, 자동 도어 센서라는 상품을 흔히 볼 수 있다. 빌딩의 방이나 복도의 출입구 등에 있는 이러한 경보기나 스위치 등은 수년 사이에 널리 사용되어 가정의 현관, 궁중 화장실, 회의실, 사무·어린이용 공부 책상에까지 미치고 있다.

<표 1> 적외선 센서의 분류

센서의 종류	동작모드	명 칭
열형검지기	도전형	더미스터, 볼로미터
	기전형	더모파일
	초전형	TGS, PZT, LiTaO ₃
양자형 검지기	도전형	Tbs, PbSe, HgCdTe
		PbSnTe, GeAu
	전자형	InAs, InSb, PbSnTe
		HgCdTe
기전형	InSb	

<표 2>는 적외선 센서의 대표적 특성을 나타낸 것이다. 1RA-F001P가 플라스틱형, 1RA-E001S가 TO-5 패키지형이다. 두 형이 모두 내

부구조는 같고, 임피던스 변환회로를 포함하며 접지, 전원입력, 신호출력의 3단자로 구성되어 있다.

<표 2> 초전형 적외선 센서의 대표적 특성치 (25°C에서의 값)

특 성	IRA-F001P	IRA-E001S
출력 임피던스[kΩ]	10	10
전원전압[V]	DC 3~15	DC 5~15
감도[mV]	55V/W0이상 ⁽¹⁾	45V/W0이상
비감출률D*	$1 \times 10^8 \text{cm}^2/\text{Hz}^{1/2}\text{W}^{-1(1)}$	$1 \times 10^8 \text{cm}^2/\text{Hz}^{1/2}\text{W}^{-1(1)}$
시간상수	25ms 이하	25ms 이하
시야각	80°	70°
윈드재	폴리에틸렌필름 ⁽²⁾	실리콘
광파장 범위	1~20μm	1~20μm
사용온도범위	-20°C~+70°C	-20°C~+80°C

- (1) 온도 500K, 초퍼 주파수 1Hz, 대역 1Hz치
- (2) 용도에 따라 Si 윈드재 (IRA-F001S)도 있다.
- (3) 인체검지용으로는 E001SX, E002S×4 (듀얼 소자)가 있다.

3. 적외선 센서의 선정

적외선 센서의 감지감도는 0.2~20μm로서 평탄하고 파장의존성은 없다. 적외선 센서에 파장특성을 부여하기 위해서 여러 가지 광투과 특성을 가진 필터 재료가 창체에 사용된다. 따라서 사용목적에 맞는 적외선 센서를 택하지 않으면 안 된다.

인체검지에서는 9~10μm의 적외선을 감지하면 되고, 태양광 등의 외래광을 차단하기 위해서 7μm의 커트온 필터가 부착된 창체가 사용되고 있다. 화염검지는 3~5μm의 밴드패스 필터가, 온도 측정용으로는 적외선 흡수가 적은 실리콘이 창체로 사용되고 있다.

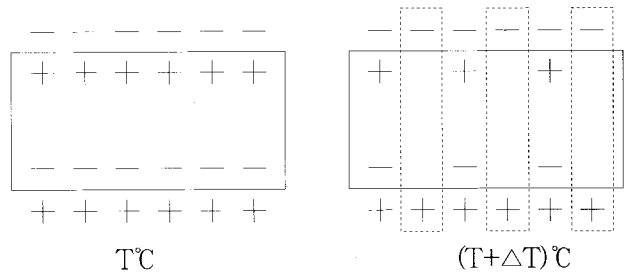
적외선 감지부가 2개의 감지소자로 구성된 인체검지용의 듀얼 소자형이 있다. 이 형은 외부 환경의 영향을 잘 받지 않고 사람의 이동방향을 판별할 수 있는 등의 장점이 있다.

외부 전계나 자계의 영향을 생각할 경우에는 플라스틱형보다도 TO-5 패키지형을 선정해야 한다. 용도에 알맞은 형의 적외선 센서를 택함으로써 정밀도 높은 감지를 할 수 있다.

4. 센서의 동작 원리

1) 초전형은 온도 변화를 느낀다.

초전체라 부르는 결정이나 세라믹은 재료 자체 속에 자발(自發)분극(分極)이 있다. 그림 1의 표리면에(表裏面)에는, ⊕와 ⊖의 전하가 나타나서 대전하고 있는데, 대기 중의 부유(浮遊)전하에 의해 보통은 중화되어서 표리면 간의 전위차도 제로(zero)로 되어 있다.



<그림 1> 온도변화에 의한 초전체 표면전하의 변화

그런데, 자발분극의 크기는 소재(素材)의 온도로 정해지고 온도 상승에 따라 감소하므로, 소재의 온도가 올라갔을 경우, 그림과 같이 전하가 남게 된다. 표리면에 전극을 만들어 그 사이에 적당한 저항을 붙이면, 그 여분의 전하의 중화 과정을 저항 양끝의 전압 변화로서 포착할 수 있다.

따라서, 초전형 센서는 온도 변화가 있을 경우만 응답하게 되고, 이것이 큰 특징으로 되어 있다. 온도 변화에 대한 자발분극의 크기의 변화량은 초전계수라고 하며, 보통 사용되고 있는 재료에서의 값은 12×10^{-8} 쿨롱/cm²°C이다.

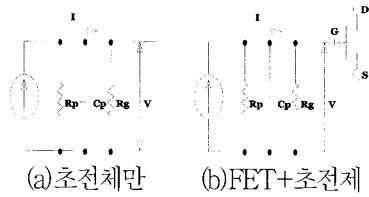
정상적인 온도 변화가 있었을 경우, 초전체의 전기 출력이 어느 정도가 되는지를 어렵잡아 보자. 등가회로 <그림 2>에서, 지금 0.8×2.0mm의 전극 면적의 초전체가 0.5°C/분으로 온도 상승하고 있다고 하고, 양끝을 100GΩ의 저항으로 결선하면 양끝에 생기는 정상 전압 V는,

$$V = \frac{2 \times 10^{-8} \times 0.2 \times 0.08 \times 0.5 / 60 \times 100 \times 10^9}{\text{초전계수} \quad \text{면적} \quad \text{온도상승} \quad \text{저항}}$$

초전류(焦電流)

적외선센서의 원리와 선정방법

정도가 되어서, 큰 출력 전압이 생긴다.



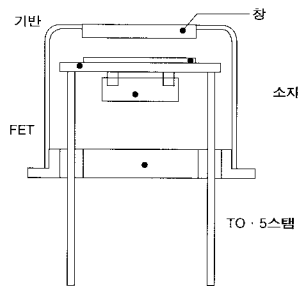
I: 초전류, Cp: 소자용량,
Rp: 소자저항, Rg: 외부저항

<그림2> 초전체의 등가회로

2) 센서의 구조

<그림 3>은 센서의 기본적인 구조를 나타낸 것이다. 센서는,

- ① 특정 파장의 적외선을 투과시키는 창재
- ② 적외선을 흡수하는 초전체
- ③ 초전체를 올려놓는 기반
- ④ 초전체에서 발생한 전류를 전압으로 변환하는 저항
- ⑤ 임피던스 변환을 하는 FET
- ⑥ 초전체 내부 전자 부품을 보호하는 패키지로 성립되어 있다.



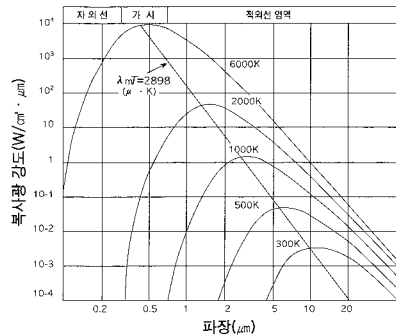
<그림3> 센서의 기본구조

초전체는 그 소자 용량, 저항이 각각 20pF~80

pF, 수십×10¹²Ω이상이고, 임피던스가 매우 높아 이대로의 상태로는 대부분 사용하지 못할 것이다. 따라서 센서 메이커의 각 회사는 TO-5의 금속 캔내에 FET를 내장시켜 사용하기 용이한 것으로 하고 있다.

3) 인체 검출에는 7μm 커트 온 필터

물질은 그것이 생물이건 길에 굴러다니는 돌이건, 온도가 있는 한은 반드시 적외선을 방사하고 있다. <그림 4>에 물체의 온도와 방사 에너지의 관계를 표시하는데, 인체가 방사하는 최대의 파장은 10μm 부근에 있다.



<그림4> 물체의 온도와 방사에너지의 파장분포

인체를 광학적으로 S/N 좋게 검출하는 파장대역은 6.5μm에서 14μm으로, 그 영역을 투과시키는 창재를 7μm 커트 온 필터라고 하고 있다.

7μm 커트 온 필터는 실리콘 상에 간섭막을 형성시켜 6.5μm 이상의 적외선을 투과시킨다. 또한 실리콘의 투과율을 올리기 위해 AR를 코팅하고 있다. 하여튼, 박막을 실리콘 위에 증착법으로 형성시키는데, 코팅 기술의 개선에 의해 단단하고 치밀한 막이 얻어져서, 신뢰성이 높은 필터가 센서에 장착되도록 되었다.

4) 내장 FET의 바이어스 거는 법

초전체의 임피던스가 매우 높은 것은 앞서도 말했지만, 센서 측에서 보아서 FET에 요구되는 사항은,

- ① 게이트 누설 전류가 작을 것.
- ② 저잡음일 것.
- ③ 핀치 오프 전압이 센서의 다이내믹 레인지 이상일 것.
- ④ 입력 용량이 작고 분산되지 않을 것.
- ⑤ 저전압으로 동작할 것.
- ⑥ 저렴할 것.

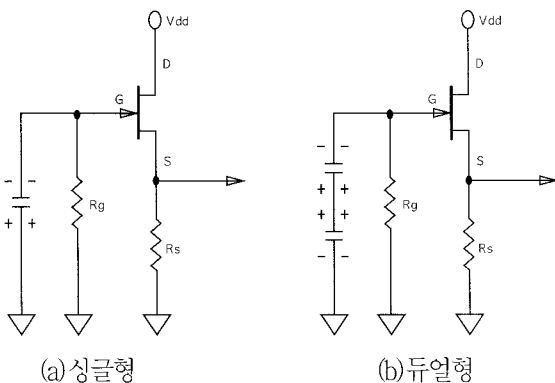
등으로 각 센서 메이커는 이들 점에 유의하여 내장 FET를 정하고 있다.

센서는 열적 전기적 실드와 사용하기 좋게 하기 위해 TO-5에 모여져 있는데, 그 기하학적인 제약에 의해서도 사용되는 FET는 한정되어 있다.

센서 메이커는 드레인 접지에 의한 동작을 염두에 두고, 소스 측의 최소부하 저항을 지정하고 있다.

소스 저항은 사용자가 정할 수 있도록 TO-5내에는 내장되어 있지 않은 것이 보통이다. 메이커가 지정하는 저항 범위이면, 사양대로의 동작과 성능이 얻어질 것이다.

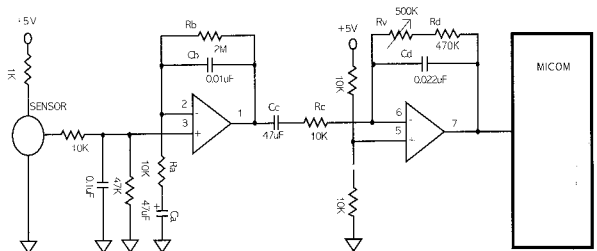
단, 주위 온도의 최대 변화율이 규정되어 있는 경우에, 사용 환경이 그 이상이 될 것으로 예상될 경우에는 다이내믹 레인지를 넓히도록 바이어스를 걸어야 한다. 그림 5에 일반적인 결선 방법을 나타낸다.



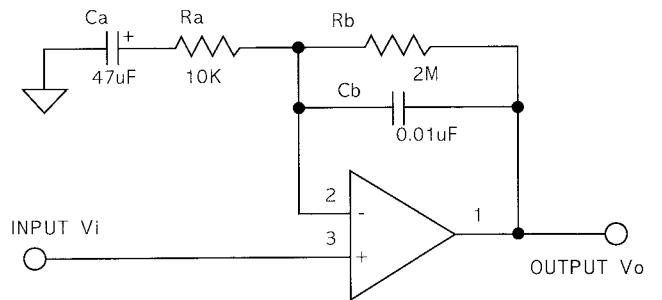
<그림5> 초전형 센서의 회로

5. 실제의 응용

그래서, 여기에 적외선 검출기(센서)를 사용한 패시브형 적외선 스위치의 제작에 있어서 증폭 회로부<그림 6>를 제시하였다.



<그림6> 적외선 검출기(센서)를 사용한 패시브형 적외선 스위치의 증폭 회로부



$$\frac{V_O}{V_I} = 1 + \frac{j\omega C_A R_B}{(1+j\omega C_A R_B)(1+j\omega C_B R_B)}$$

$$W=2\pi f, f:\text{주파수}[Hz]$$

<그림7> 비반전 교류 증폭기

증폭부의 설계

검출기의 출력은 바이어스 전압으로서의 직류 성분에, 열전 변

적외선센서의 원리와 선정방법

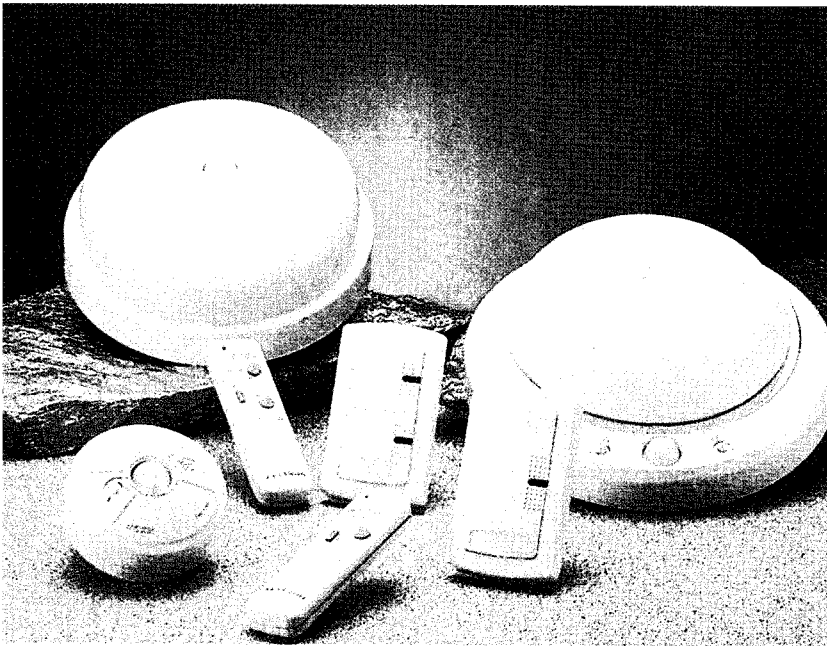
환된 신호 성분이 증첩된 형태로 되어 있다.

이 증 직류분은 다음의 교류 증폭 단의 바이어스 전압으로 이용하고, 신호 성분만을 증폭한다. 이 첫 단의 비반전 교류증폭기 부분만 나타낸 것이 <그림 7>이다. 이 증폭기는 간이 밴드패스(대역) 필터를 이용하고 있고, 그림의 저항 R_A 와 캐패시터 C_A 로 로우 컷트 필터, R_B 와 C_B 로 하이 컷트 필터로서 작용한다. 각각의 컷트 오프 주파수(3dB 내려간 값)는 다음과 같이 해서 계산할 수 있다.

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_A C_A}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_B C_B}$$

$$A = \frac{V_O}{V_I} = 1 + \frac{j\omega C_A R_B}{(1+j\omega C_A R_B)(1+j\omega C_B R_B)}$$



여기서,

f_L : Low cut 주파수 [Hz]

f_H : high cut 주파수 [Hz]

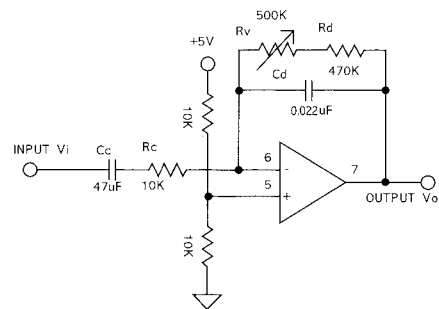
A : 증폭도

ω : $2\pi f$

이들 컷트 오프 주파수는 사람의 움직임을 생각하여 결정하는데, 광학계, 검출기의 성능, 시야각, 거리 등 제작시의 목표 사양도 그 산출 요인으로 들 수 있다. 현관, 화장실, 거실 등의 방에 들어오는 사람을 검출한다고 하고 멀티 미리의 초점 거리나 검출기의 주파수 등으로부터 계산하여 보면 0.5 ~ 5 [Hz]의 범위가 있으면 충분하고, 보통 약 1 [Hz]에서 2 [Hz]으로 주파수 영역이 이용되는 것으로 생각하면 될 것이다.

실제 제작에서는 사용 부분의 허용차도 생각해 크게 선정한다. 시험 제작에서는 $R_A=10K\Omega$, $C_A=47\mu F$, $R_B=2K\Omega$, $C_B=0.01\mu F$ 의 값을 설정하였다. 이 경우 컷트 오프 주파수는 $f_L=8$ [Hz], $f_H=0.34$ [Hz]로 계산된다. 또, 1 [Hz]에서의 증폭도는 약 190배(45dB)이다.

<그림 6>으로 돌아가서 둘째 단은 반전 교류 증폭기이다. <그림 8>에서 INPUT으로 하고 있는 부분을 common(접지)에, 접지에 연결되어 있는 곳을 INPUT으로 보면, <그림 7>과 똑같이 되므로, 같은 방법으로 R_c , C_c 로 로우 컷트(하이 패스) 필터를 (R_v+R_d)와 C_d 로 하이 컷트(로우 패스) 필터를 구성하고 있다. 컷트 오프 주파수, 증폭도 모두 첫 단과 같은 방법으로 계산할 수 있다.



$$\frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{j\omega C_C R_D}{(1+j\omega C_C R_C)(1+j\omega C_D R_D)}$$

<그림8> 반전 교류 증폭기

<그림 8>에서 커플링 콘덴서 C_C 를 가능한 한 무극성인 것으로, 누설 전류가 작고, 용량이 안정하고 노이즈가 적은 것으로 선택하고 싶지만, 모든 조건을 만족하는 것은 어렵다. 그래서 누설 전류가 비교적 작고, 용량의 안정성과, 다소 있는 종류의 전해 콘덴서를 서로 역방향으로 직렬로 접속하여 무극성으로 사용하기로 한다.

유극인 체로 콘덴서를 사용하고 싶은 경우(예를 들면, 커패시턴스가 큰 것이 필요한 경우, 직렬로 접속하여 절반의 C 로 되면 곤란)에는 바이어스 전압을 충분히 크게 하여 어떤 입력전압에 대해서도 극성이 일정하게 되도록 회로를 설계하면 그대로 사용할 수 있고, 경우에 따라서는 유효한 수단이 된다.

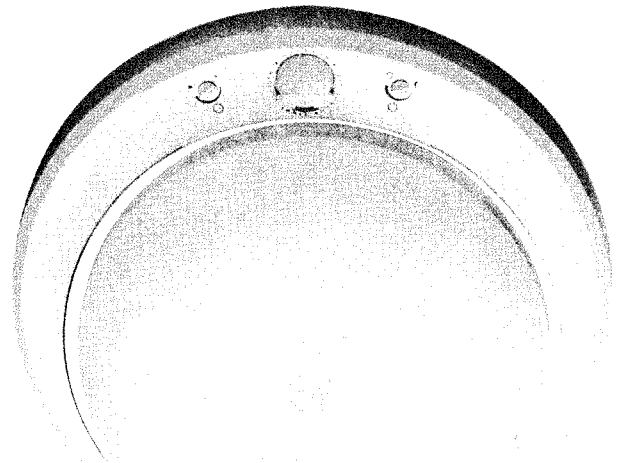
콘덴서는, 첫 단의 C_A 와 C_C 는 탄탈 콘덴서를 사용하는 것이 좋다. 알루미늄 전해 콘덴서는 탄탈 콘덴서에 비해 싸고, 자주 사용되는 것이지만, 아마추어에게는 권장할 수 없다.

둘째 단의 증폭도는 볼륨 R_V 로 1 [Hz]에서 약 45에서 90배, 첫 단과 합하면 8400배에서 17000배까지 가변할 수 있지만, 적외선 스위치를 목적으로 한다면 10000배라도 충분하지는 않다고 생각된다.

첫 단에 반전 증폭기를, 또는 다음 단에 비반전 증폭기를 사용하는 방법도 있다. 첫 단에 반전 증폭기를 사용하는 경우는 소스 플로우의 출력 임피던스를 고려하여 회로를 설계해야 한다. 또, 다음 단에 비반전 증폭기를 사용하는 경우에는 바이어스 전압의 변화분을 주의할 필요가 있다.

6. 나가며

센서로부터의 출력신호는 작기 때문에 보통 60~80dB의 증폭이 필요하며, 다음 단에 펄터 회로를 설치함으로써 잡음이나 리플을



제거할 수 있다.

반사 미러나 적외선 렌즈로 적외선을 집광하면 SN비가 좋은 신호를 얻을 수 있다. 이 경우 검출감도가 높아질 뿐 아니라 검지거리를 늘리거나 지향성을 날카롭게 할 수도 있다. 대상물로부터의 적외선 방사 에너지 밀도는 거리의 제곱에 반비례하여 감소되기 때문에 수광면적이 작은 적외선 센서에의 입사 에너지는 매우 작다. 따라서 인체검지의 경우에는 미러에 의한 광학적 증폭이 특히 효과적이다.

적외선 센서의 설치장소로서 온도변화나 진동이 심하지 않는 곳이 바람직하다. 태양광이나 강력한 외래광(자동차의 헤드라이트 등), 열원 가까이 설치하는 것도 좋지 않다. 미소신호를 다루기 때문에 외부잡음이나 전계, 자계의 영향을 받지 않도록 실드하는 것도 중요하다.