

## 홀센서를 이용한 금속탐지장치의 개발

### Development of Metal Detector Using Hall-senor.

남인석\*, 김미순\*, 강민우\*, 구경완\*,이명섭\*\*  
(I.S. Nam\*, M.S. Kim\*, M.W. Kang\*, K.W. Koo\*, M.S. Lee\*\*)

#### Abstract

We have developed a metal detector, which was made with two Hall-sensors. We could detect the minute variation of terrestrial magnetism by the metal detector and the detector was handy to carry because it had been runned by a dry cell. So it will be utilized in finding ferromagnetic substances buried in the earth.

**Key Words :** 금속탐지기, 홀센서

#### 1. 서론

종래의 금속 탐지기는 물품 등을 확인하는 X-선 방식과 휴대형으로는 초음파 방식을 주로 사용하고 있는 것으로 초음파를 발사하여 물체에 부딪혀 반사되어 오는 음파의 변화를 감지하여 금속을 알아낼 수 있도록 되어 있다.

그러나 이러한 초음파 방식은 금속탐지의 허용오차가 커서 정밀탐색을 하기에는 다소 문제가 있고 또 사용에 있어서 음파의 변화 등에 의한 잡음을 들어야하는 단점이 있을 뿐만 아니라 탐지하고자하는 금속에 거의 밀착되어야 한다는 점을 볼 때 위험한 작업, 즉 울가미나 밧 그리고 땅 속에 매설되어 있는 위험한 물체 등을 탐지할 때는 안전사고가 수반될 위험성을 지니고 있다.

이에 본 연구에서는 야생동물을 포획하기 위한 울가미나 밧 그리고 땅 속에 매설되어 있는 위험한 물체 등을 탐지하는데 있어서 개인이 휴대하기 용이하며, 탐지작업시 안전거리를 두고 금속을 찾아낼 수 있게 해주는 홀센서를 이용한 휴대형 금속탐지기에 관한 것으로 홀센서 2개를 사용하여 하나는 금속을

탐지하는 센서로 이용하고 나머지 하나는 탐지장소의 지자기에 의한 영향을 제거해 주기 위한 기준센서로 활용하여 이 두 홀센서에서 나오는 아날로그 신호를 차동 증폭하여 LED와 압전 부저, 이어폰 등으로 금속의 존재 유무를 판별하게 하였다.

본 연구의 결과 구조가 종래의 것에 비해 간단하고 제작단가가 저렴하고 철 금속을 탐지하는 데 그 성능이 우수하였으나 비철금속에 대해서는 탐지 가능성을 보였다. 또한 쉽게 접었다 폈다할 수 있어 안전거리 밖에서 금속을 탐지해 낼 수 있을 뿐만 아니라 소형으로 가볍고 휴대가 용이하도록 고안하였다.

#### 2. 홀센서의 원리 및 구동회로

##### 2.1 홀효과(Hall Effect)

도체에 전류를 흘리면서 전류의 방향과 수직하게 자기장을 걸면 전류와 자기장에 수직 방향으로 전기장이 발생하는 현상으로 1879년 미국의 E.H.Hall이 발견했다. 그림1처럼 전류밀도, 발생전기장, 자기장의 방향을 각각  $x, y, z$ 방향으로 잡고, 각각의 크기를  $J, E, B$ 라 할 때,  $E/JB$ 를 홀상수라고 한다. 홀효과와 원인은 자기장 속을 운동하는 하전입자에 작용하는 로렌츠힘이다. 전하  $q$ 인 입자가  $x$ 방향으로 속도  $v$ 로 움직일 때, 단위부피당 입자수를  $N$ 이라 하면, 전류 밀도  $J$ 는  $Nqv$ 이다.  $z$ 방향의 자기장  $B$ 에서  $y$ 방향으

\* : 영동대학교 전자공학과

\*\* : 충남대학교

(충북 영동군 영동읍 설계리 산12-1 영동대학교

Fax : 043-740-1129

E-mail : feel2077@lycos.co.kr)

로 입자에 로렌츠힘  $-qv B$ 가 작용하여 입자는  $y$ 방향으로 움직이려 하므로 이 방향에 수직인 도체의 양측 표면에 전하가 쌓이고, 이 전하 때문에  $y$ 방향의 전기장이 생긴다. 정상적으로는 로렌츠힘을 이겨낼 만큼의 전기장  $E$ 가 발생하여 입자가  $y$ 방향으로 움직이는 것을 억제하고 있다. 즉,

$$-qv Bq E0$$

이므로,  $E_v B$ 가 되고 홀상수  $R$ 은

$$RE/JBI/Nq$$

가 된다. 홀상수는 특히 반도체 실험에서 기초 데이터로서 중요하며, 그 부호로 하전입자의 부호, 반송자(carrier)가 전자인지 정공(positive hole)인지 알 수 있다(그림은 반송자가 전자인 경우). 또한  $R$ 의 크기로 담체의 밀도  $N$ 을 구할 수 있다. 전도전자와 정공이 같은 정도의 전류에 기여하고 있을 때는 홀상수의 상호 부정이 일어나 해석이 복잡해진다.

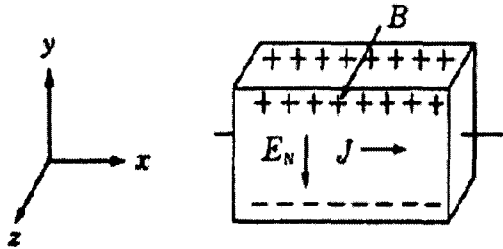


그림 1. 홀효과.

## 2.2 홀센서의 종류와 특징

홀센서는 홀효과를 이용하여 제작한 것으로 GaAs, InSb, Ge 등의 소자들이 있으며, 그 형상은 종류가 많기 때문에 사용할 때는 용도에 따라 선정할 필요가 있다.

홀센서의 감도나 온도특성은 형상과 재질에 따라 달라질 뿐만 아니라 구동방식에 따라서도 달라진다. 이것은 홀 전압이 정전류 구동의 경우 반도체 기판의 전자밀도에 의존하고, 정전압 구동의 경우는 전자기동도에 의존하기 때문이다.

홀센서는 자계가 0일때 홀전압을 발생하지 않는 것이 이상적이지만 실제로는 형상의 차이에 따라 다소 전압이 발생한다. 이것을 불평형 전압이라고 하며, 저자계에서는 InSb 홀센서가 유리한 경우가 있으며, 그 종류와 특징은 표1과 같다.

## 2.3 홀센서의 구동회로

홀센서를 구동하는 데에 있어서 보통 기본적으로 정전류 구동 방법과 정전압 구동 방법을 들 수 있다. 그 특징은 표2와 같으며, InSb 홀센서의 경우에

는 정전압 구동이 오히려 온도계수가 낮아지는 특징을 지니고 있다.

표 1. 홀센서의 종류와 특징.

종류	특징
GaAs	<ul style="list-style-type: none"> <li>동작온도 사용범위가 넓다. (-55℃~125℃)</li> <li>높은 자계에서 정확하게 측정할 수 있다</li> <li>주파수 특성이 우수하다.</li> <li>홀전압의 온도계수가 작다. (정전류 구동시 : -0.04%/℃)</li> <li>출력전압이 낮다.</li> </ul>
InSb	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력전압이 높다.</li> <li>정전압 구동시 온도특성이 양호하다.</li> <li>동작온도 범위가 좁다. (-20℃~100℃)</li> <li>높은 자계에서는 포화한다.</li> <li>가격이 저렴하다.</li> </ul>
Ge	<ul style="list-style-type: none"> <li>홀전압의 온도계수가 작다.(0.02%/℃)</li> <li>직선성이 좋다.(±0.5%)</li> <li>가격이 높다.</li> </ul>

표 2. 홀센서 구동회로의 특징.

종류	특징
정전류 회로	<ul style="list-style-type: none"> <li>온도계수가 작다.</li> <li>직선성이 양호하다.</li> <li>불평형 전압의 온도변화가 크다.</li> <li>적감도 편차의 영향이 크다.</li> </ul>
정전압 회로	<ul style="list-style-type: none"> <li>온도계수가 크다.</li> <li>직선성이 나쁘다.</li> <li>불평형 전압의 온도변화가 작다.</li> <li>적감도 편차의 영향이 작다.</li> </ul>

## 3. 제작 및 결과

이상과 같이 홀센서의 원리, 종류 및 특징 그리고 구동회로에 대해서 간단하게 알아보았으며, 본 연구에서는 홀센서는 범용적으로 사용하는 Toshiba사의 TDS103A를 2개 사용하여 불평형 전압을 극소로 감소시켰고, 탐지하고자 하는 주변의 자계의 영향을 최소한으로 줄였으며, 또한 TDS103A의 구동은 정전류 구동회로로 전류는 5mA로 하였다(그림2).

TDS103A는 전류를 5mA로 하고 자계가 1KG일때 80mV의 전압을 출력하므로 저자계용 보다는 고자

계용으로 제작되어져 있어서 0.5G 정도의 지자계의 변화를 측정하기에는 다소 문제가 있다.

그래서 본 제작에서는 센서를 2개 사용하여 노이즈를 서로 상쇄시켜 그 신호를 다시 거의 노이즈에 가까운 지자계의 변화에 따른 출력전압을 증폭하여 볼 수 있게 하였다. 이때 각각의 홀소자의 출력전압을 10,000배 증폭하여 1G일 때 0.8V가 되게 한 다음 차동시켜 같은 위치에서의 지자계를 서로 상쇄시키고, 금속탐지시 기준센서에는 영향이 거의 없도록 하였다. 이때 탐지센서와 기준센서는 격리를 시켜 금속탐지시 기준센서에는 영향이 거의 없도록 하였다.

이렇게 증폭된 신호를 창 비교기(window-comparator)회로를 이용하여 감도조정 뿐만 아니라 노이즈영역을 감지하지 못하게 하였다. 나아가 N극 혹은 S극에 따라 양(+)의 값과 음(-)의 값이 나오게 되므로 양의 값인 경우 반전증폭기에 의해 음의 값으로 되게 하고 이것을 LED와 부저를 켜지게 하고 울리게 하였다(그림3).

또한 휴대가 용이하도록 9V 건전지 2개를 사용하게 구성하였으며, 본체는 로드안테나처럼 밀어 넣을 수 있게 하여 휴대시 부피를 최소화 시켰다.

이렇게 제작하여 자계가 5G일때 10,000배 증폭한 각각의 홀센서의 출력전압은 오실로스코프로 측정해 본 결과 그림4와 같이 흔들림이 많이 나타났으며, 2개의 센서를 차동으로 구성한 것에 대해서는 그림5와 같이 안정된 파형을 볼 수 있었다. 이때 측정거리 는 10 mm로 하였다.

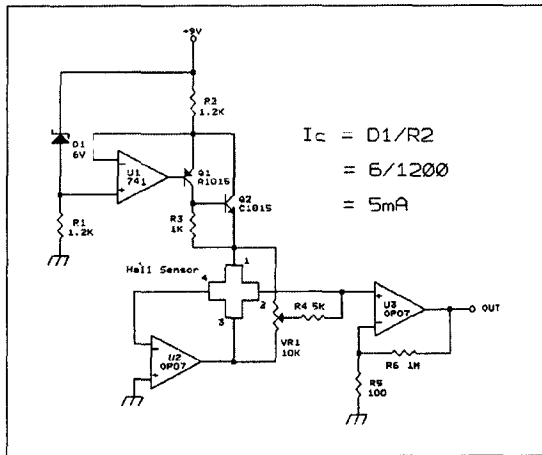


그림 2. 정전류 구동 및 전치증폭기 회로.

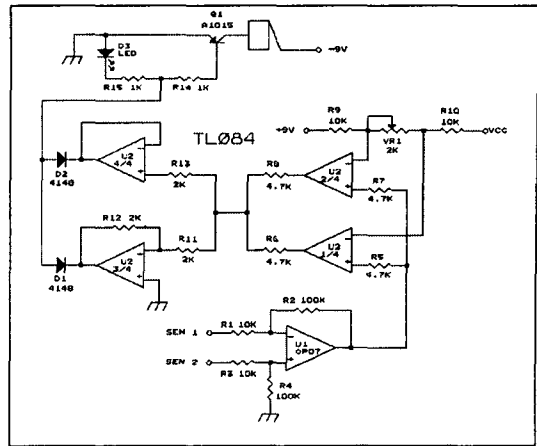


그림 3. 차동증폭기 및 창 비교기 회로.

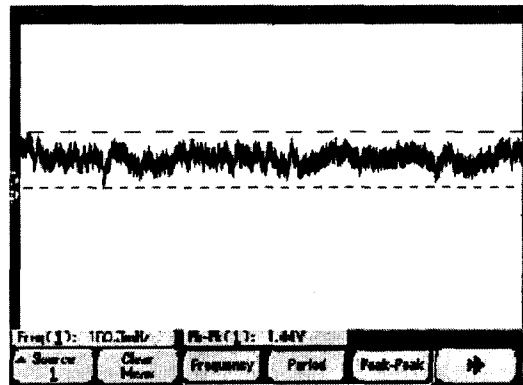


그림 4. 홀센서 1개를 사용했을 때의 파형.

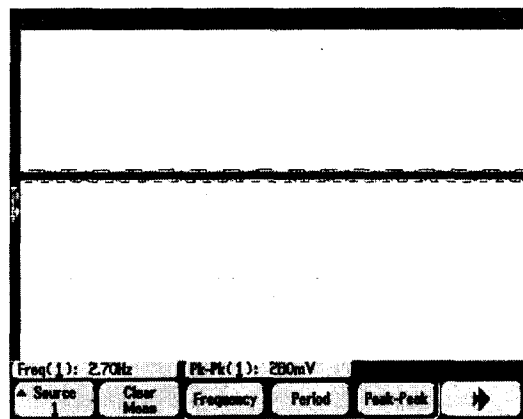


그림 5. 홀센서 2개를 차동으로 했을 때의 파형.

그리고 두께가 2mm이고 직경이 5mm, 10mm

20mm, 30mm, 40mm, 50mm의 철판, 구리판, 알루미늄 판을 제작하여 측정한 결과 표3과 같이 철판에서는 반응을 잘 했으며, 구리판이나 알루미늄 판인 경우에는 반응이 매우 미세하였다.

그리고 그림6은 실제 제작한 것으로 로드안테나처럼 접을 수 있게 접폭식으로 하였다.

표 3. 재질에 따른 출력전압(측정거리:10mm).

(단위:V, mm)

재질 \ 직경	5	10	20	30	40	50
철판	0.05	0.10	0.24	0.40	1.00	1.45
구리판	0.01	0.02	0.04	0.05	0.07	0.07
알루미늄판	0.01	0.01	0.03	0.05	0.06	0.07

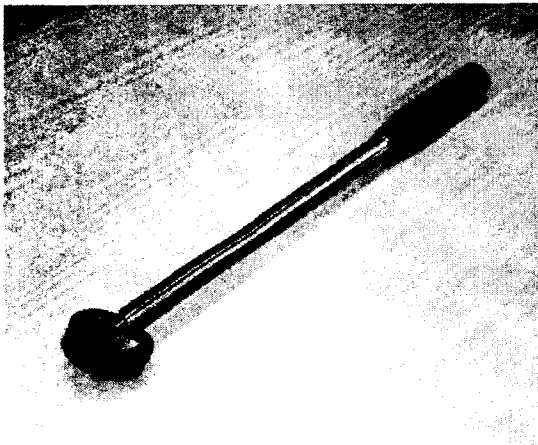


그림 6. 실제 제작한 금속탐지 장치.

#### 4. 결론

이상과 같이 홀센서 2개를 사용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고자계용 홀센서 1개로 측정할 수 없었던 미세한 지자계의 변화를 측정할 수 있었다.
2. 철 금속에서는 반응을 잘 하였다.
3. 구리나 알루미늄 등과 같은 비철금속에서는 반응이 아주 미약하였다.
4. 건전지로 동작시키고, 본체를 접폭식으로 하여 휴대가 용이하였다.

나아가 저감도의 홀센서를 여러 개 조합하면 로봇의 수평, 수직을 제어할 수 있을 수 있으며, 많은 연구와 개발을 필요로 하겠지만 고감도의 홀센서를 이용하면 비철금속도 탐지할 수 있는 금속탐지기도 개발이 가능하다고 사료된다.

#### 감사의 글

본 장치를 제작하고 실험하는 데 큰 도움을 주신 영동대학교 창업보육센터의 입주업체인 [삼청]의 연구개발팀에게 깊은 감사를 드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] 박선호, "FA센서 응용백과1", 영진출판사, pp49-74, 1993.
- [2] David F.Stout, "Operational Amplifier", McGraw-Hill, pp5.1-5.18, 1982.
- [3] 동역메카트로닉스연구소, "디지털아날로그 전자제어회로집", 가남사, pp9.12-9.17, 1990.
- [4] 原和裕, "實用IC回路設計の手弓", オーム, pp85-86, 1989.