

회로도의 이면을 해독하여 확실하게 동작하는 기관을 만들자!

2 프린트 패턴을 그리는 기본 테크닉

西村 芳一

프린트 기관을 사용하지 않고 전자기기를 설계하라' 라고 하면 아무도 그 방법을 상상할 수 없을 것이다. 즉, 옛날 진공관 시대와 같이 1점 1점 부품을 납땀했던 시대로는 돌아갈 수 없다(사진 1). 먼저, 부품은 먼 실장으로 되고 부품에서 리드선까지 없어졌으며 정상적인 납땀도 할 수 없는 상황이 되고 있다.

이와 같이 전자기기 설계 중에서 프린트 기관은 매우 중요한 부품이다. 그러나 그 설계는 프린트 기관 설계 전문 기술자에게 맡기므로(그림 1) 회로설계자가 그 노하우를 축적하는 것이 어려워지고 있다. 때문에 대부분의 기술자가 상품개발에서 프린트 패턴에 관한 트러블로 골치를 썩고 있는 것이 현 상황이다.

여기에서는 패턴 설계나 패턴 체크 시 알아두어야 할 회로성능을 100% 발휘하게 하는 배선 패턴, 즉 우수한 패턴을 그리는 요령에 관하여 설명한다.

좋은 패턴의 기준

1. 회로도로 모든 것을 알 수는 없다

(1) 회로도대로 결선하는 것은 누구나 할 수 있다

최근 패턴 설계는 회로도 CAD에서 출력된, 부품이 어떻게 연결되는가를 나타내는 넷 리스트를 바탕으로 하여 프린트 기관 설계 CAD로 실행한다(그림 2). 따라서 회로도가 틀리지 않았다면 누가 설계해도 틀림없는 결선으로 설계될 것이다.

(2) 회로도 상의 그라운드 심벌간에는 실제로 예상할 수 없는 전류가 흐른다

그렇다면 어째서 설계된 프린트 기관에 회로도대로 부품을 실장해도 문제가 발생하는 것일까...

가장 이해하기 쉬운 예가 그라운드이다. 그림 3과 같이 회로

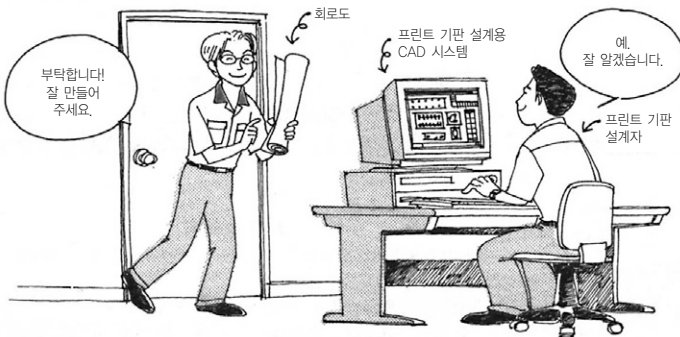


그림 1. 원래 회로설계자도 갖추고 있어야 할 프린트 패턴 설계의 노하우는 기관설계자에게 축적되는 경우가 많다

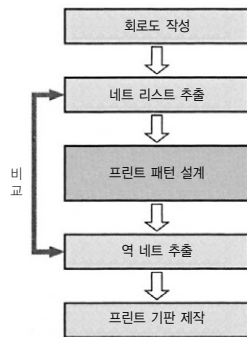


그림 2. 회로도에서 프린트 기관이 될 때까지의 대략적인 흐름

도에서는 마치 무한의 대지에 연결되어 있는 것처럼 그려지고, 또 설계자 자신도 그 특성을 기대하고 있다. 그러나 실제 프린트 기판이 되면 유한의 임피던스가 동을 사용, 어떤 유전율을 가진 기판 상에서 접속해야 한다. 그림 4와 같이 각각 회로도의 그라운드 심벌끼리는 다양한 임피던스로 연결되어 있으며 절대 같은 전위로는 되지 않는다. 또 상호간의 전류는 배치에 의한 유도전류의 상호 간섭이 있다.

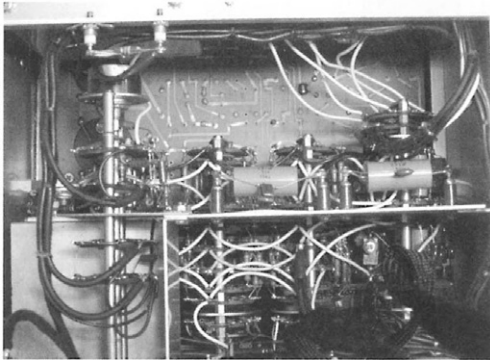


사진 1. 옛날에는 부품 하나 하나를 납땜했었다

전류는 법칙에 따라 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 정직하게 흐르고 그라운드 사이에 회로도에서는 표현되지 않는, 예상조차 할 수 없는 전류가 흐른다. 즉, 각각의 그라운드는 굉장한 임피던스와 전자계 네트워크로 연결되며 이것을 수치 해석하는 것은 불가능에 가깝다.

(3) 프린트 기판도 회로의 일부라 생각하여 대응해야 한다

프린트 기판에서 배선은 전기적으로 0Ω이면서 서로 간섭을 일으키지 않도록 접속된 이상적인 상태를 만들 수 없다. 때문에 예상치도 못했던 현상에서 문제가 발생하는 것이다. 따라서 설계자

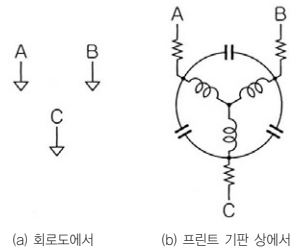


그림 4. 회로도 상에는 같은 전위처럼 그려져 있더라도 프린트 기판 상에서는 결코 같은 전위로 되지 않는다

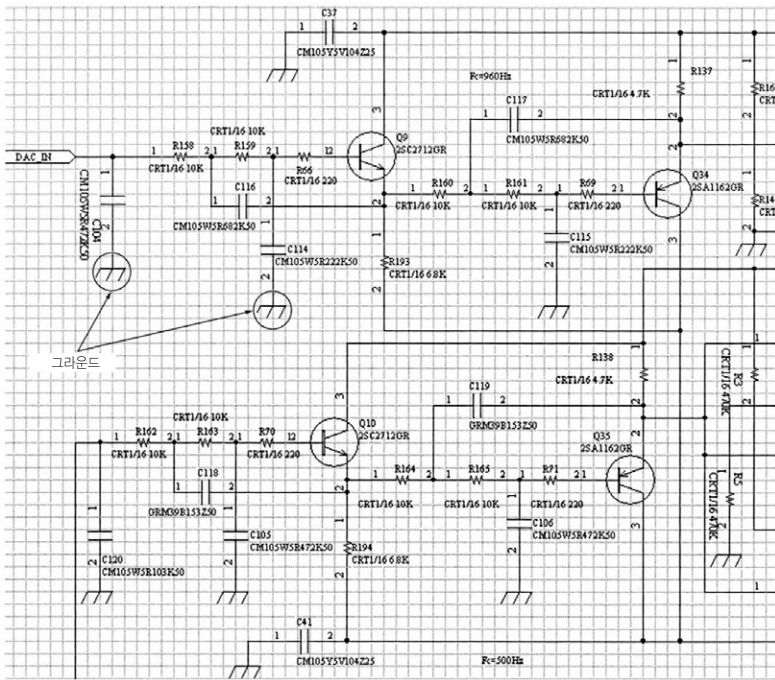


그림 3. 회로도 도처에 그려진 「그라운드」가 무한의 대지와 연결되어 있는 것은 아니다

는 프린트 기판도 회로의 일부라고 생각하며 대응하는 것이 중요하다. 회로도에서 모든 설계정보가 다른 사람에게 전달되지는 않으므로 적어도 기판설계를 다른 사람에게만 맡길 수는 없다.

2. 좋은 패턴, 나쁜 패턴이란 무엇인가

(1) 간단히 디지털계와 아날로그계로 분류하면 되지만...

최근에는 기기의 소형화와 디지털화로 인해 하나의 기판 속에 디지털 회로와 아날로그 회로가 혼재되어 있는 경우가 일반적이다. 또 이러한 흐름 앞에 아날로그/디지털 혼재 LSI도 있다.

이러한 경우, 일반적으로 A-D 컨버터를 사용하는 경우가 많지만 A-D 컨버터의 아날로그 그라운드와 디지털 그라운드가 대부분 개별적으로 존재한다. 그래서 그림 5(a)와 같이 각각의 그라운드 패턴을 절리했다. 이러한 경우에는 A-D 컨버터에 있어서 SN비가 나쁜 패턴으로 되어 제대로 성능을 발휘할 수 없게 될 것이다.

왜냐하면 그림 5(b)와 같이 아날로그 그라운드와 디지털 그라운드가 연결된 위치의 전위를 기준으로 각각의 그라운드 패턴에 주변의 다양한 회로의 전류가 흐르기 때문이다. 즉, A-D 컨버터의 아날로그 그라운드 단자를 기준으로 디지털 그라운드 단자를 보면 같은 그라운드라고는 할 수 없을 정도의 노이즈가 보인다.

IC 내부에서 각각의 그라운드가 분리되어 있다고는 하지만 트랜스나 포토커플러로 분리되어 있는 것은 아니다. IC 내부에서 그 노이즈에 관한 전류가 흘러 SN비가 나빠져 버리므로 성능을 발휘할 수 없을 것이다.

그라운드를 분리한다는 것은 반대로 말하면, 어딘가에서 그들

을 연결할 필요가 있다는 것이다. 분리해서 설계할 경우에는 그 연결 위치가 중요하다. 각각의 그라운드의 회로가 전기적으로 완전히 독립되어 있다면 몰라도, 일반적으로는 그림 6과 같이 디지털 부분과 아날로그 부분의 신호 왕래가 있다. 그러면 그 신호는 아날로그 그라운드와 디지털 그라운드를 걸쳐 리턴 전류가 흐르고, 도중에 다양한 주변회로에서 흐르는 그라운드 전류의 간섭을 받게 된다.

기본중의 기본! - 좋은 패턴을 그리는 방법

■ 좋은 패턴을 분별하는 센스는 실패를 반복함으로써 익히게 된다

회로설계자는 스스로 좋은 패턴의 기준을 갖고 있어야 한다. 실제로는 10A를 흘릴 수 있는 파워계와 -130dBm과 같이 미약한 신호를 다루는 RF계 설계자 사이에 평가의 가치관이 다를지

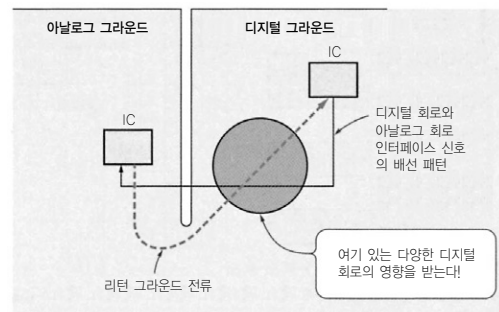
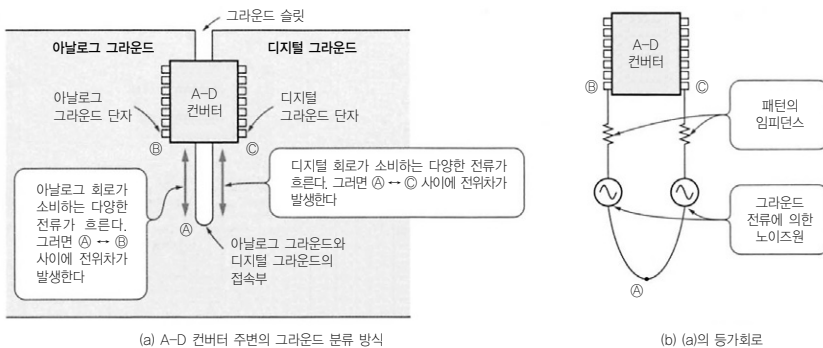


그림 6. 아날로그 회로와 디지털 회로를 레이아웃 상 분리하더라도, 실제 신호를 완전히 분리하는 것은 힘들다



(a) A-D 컨버터 주변의 그라운드 분류 방식

(b) (a)의 등가회로

그림 5. 아날로그 그라운드와 디지털 그라운드가 혼재된 기판의 예

도 모른다.

대부분의 엔지니어는 실패를 반복함으로써 점점 좋은 회로, 패턴 평가를 실행할 수 있게 된다. 그 가운데 '멋진 패턴' 이나 '멋진 회로' 와 같이 미적 감각에 가까운 직감을 갖게 되는 사람도 있을 것이다. 그러나 그 와중에도 거기에 잠재된, 놀라울 정도로 공통적이고 기본적인 설계사상이라는 것은 존재한다고 생각된다.

1. 항상 반복전류를 고려한다

(1) 특성을 얻고 싶은 회로 부근의 그라운드에는 다른 회로의 반복전류를 흘리지 않는다

전차의 급전은 트롤리 라인 1개(그림 7)이지만 전차의 모터는 그 전위와 레일의 전위차를 사용하여 전력을 얻고 있다. 레일에도 트롤리 라인과 같은 만큼의 전류가 흐르고 있는 것이다. 즉, 어떤 곳에서 나온 전류는 반드시 원상태로 복귀하는 전류 루프

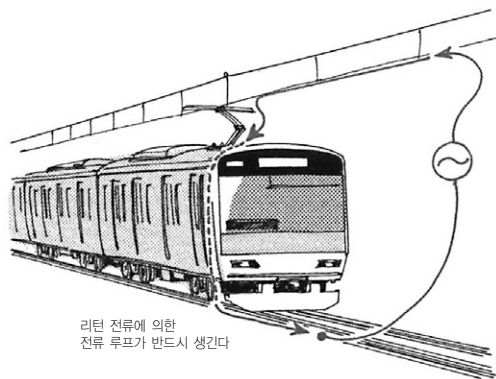


그림 7. 어떤 곳에서 나간 전류는 반드시 원상태로 복귀한다

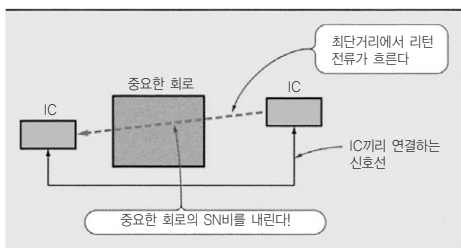


그림 8. 리턴 전류는 최단거리로 흘러 중요한 회로의 SN비를 내리는 경우가 있다 (특성을 내고 싶은 회로 부근의 그라운드에는 다른 회로의 리턴 전류를 흘리지 않도록 설계한다)

가 형성된다.

일반적인 회로도에서는 복귀전류를 쉽게 의식할 수 없다. 복귀전류는 모두 공통 그라운드를 흐르기 때문이다. 즉 그라운드에는 다양한 복귀전류가 흐르고, 때로는 서로 간섭하고 있다. 대부분의 문제는 여기서 발생한다. 특성을 얻고 싶은 회로 부근의 그라운드에는 다른 회로의 복귀전류를 흘리지 않도록 설계해야 한다.

그림 8에 나타난 바와 같이, 신호 패턴을 우회하여 영향을 피할 수 있다는 생각은 틀림이 없다. 복귀전류는 최단거리를 지나며 기준으로서의 그라운드 전위가 그라운드 전류로 흔들리고 그 대로 신호로서 가해지기 때문이다. 프린트 회로 설계에 있어서는 어떤 경로를 통해 복귀전류가 흐르고 어떻게 영향을 미치는가에 대해 항상 의식해야 한다.

(2) 중요한 회로에 복귀전류를 흘리지 않는 방법

1) 그라운드에 슬릿을 넣는다

때로는 그림 9와 같이 복귀전류를 흘리지 않도록 고의로 그라

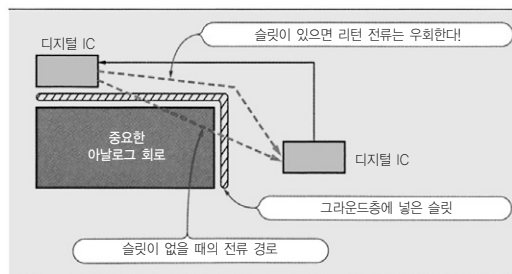


그림 9. 리턴 전류의 영향을 피하고 싶을 때는 그라운드에 슬릿을 넣는다

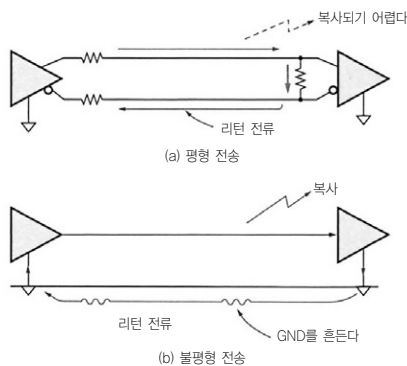


그림 10. 리턴 전류용 경로를 만든 평행회로

운드에 슬릿을 넣어 강제적으로 경로를 바꿀 필요도 있다. 또는 솔리드 그라운드를 사용하여 가급적 그라운드 임피던스를 내리고 영향을 줄이는 것도 하나의 방법이다.

2) 평형 전송로를 사용한다

만약, 어떻게 해도 복귀전류의 영향을 피할 수 없을 경우에는 그림 10(a)와 같이 신호의 전송로를 회로적으로 평형하게 하여 그라운드로부터 독립시키고, 그라운드 패턴이 아닌 복귀전류의 전용 경로를 만들어야 한다. 특히 비교적 긴 패턴의 고속 디지털 신호가 통과하는 경로는 다른 데 미치는 영향이 크므로 가급적 평형 전송로로 해야 한다.

3) 신호선에 댐핑 저항을 넣는다

상승시간이 짧은 디지털 신호는 신호선에 부하가 있을 경우 매우 큰 스파이크 전류가 흐른다[그림 11(a)]. 즉, 그 스파이크 전류는 그라운드 패턴을 복귀전류로서 흐른다. 특히 그라운드 임

피던스를 내릴 수 없는 경우에는 큰 문제가 발생할 것이다. 그때는 스파이크 전류를 작게 하기 위해 그림 11(b)와 같이 신호에 직렬로 댐핑 저항을 넣어 파형을 라운딩시키고 가급적 신호 레벨을 내려야 한다.

2. 안테나를 만들지 않는다

(1) 복사 노이즈는 패턴으로 결정한다

최근 디지털 회로의 클록 주파수가 높아짐에 따라 불요복사 문제가 커지고 있다. 예를 들어, 미국에 상품을 출하할 때에는 사진 2와 같은 FCC의 인정 라벨을 첨부해야 한다. 유럽에서는 CE 마킹을 취득해야 한다.

아무 생각 없이 패턴 설계를 실시하면, 먼저 불요복사의 규격을 충족시키는 것이 어려워질 것이다. 나중에 대책을 세울 수 있다고 생각한다면 큰 잘못이다. 대단한 시간과 노력을 들여 대책을 검토해도 좀처럼 복사 노이즈가 감소되지 않아 최종적으로는 기판을 다시 그려야하는 일이 발생하기도 한다.



사진 2. FCC에 의해 인정받은 제품의 라벨

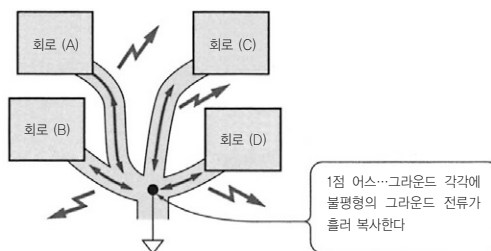
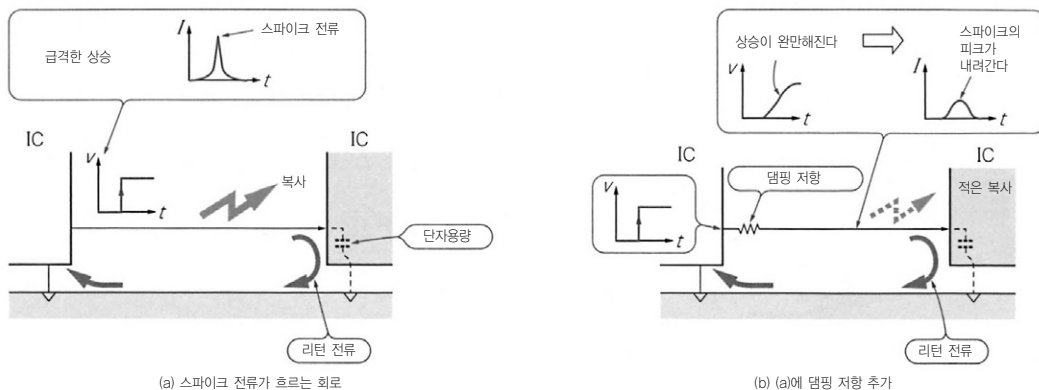


그림 12. 대부분의 그라운드 패턴은 고주파적으로 생각할 때 노이즈를 방출하는 안테나이다!



(a) 스파이크 전류가 흐르는 회로

(b) (a)에 댐핑 저항 추가

그림 11. 신호선에 용량부하가 있으면 큰 스파이크 전류가 흐른다

생산성을 고려한다면 패턴 설계 시 복사가 나오기 힘든 패턴 설계로 해야 한다.

(2) 배선은 짧게, 임피던스는 낮게

기본은 안테나를 만들지 않는 것이다. 불평형 패턴에 고주파 전류가 흐르면 반드시 안테나로 된다. 또 임피던스 미스매치의 개소에서 복사한다. 따라서 회로의 흐름에 따라 가급적 짧게 배선하도록 유의해야 한다.

전술한 바와 같이, 그라운드에는 다양한 복귀전류가 흐른다. 때문에 그라운드 패턴에서 복사되지 않도록 가급적 그라운드 임피던스를 내려야 한다. 긴 디지털 신호 패턴으로 될 때에는 그림 11(b)에 나타난 댄핑 저항을 넣기도 함으로써 필요 이상의 급격한 전압변화를 피하도록 한다.

(3) 1점 어스는 복사 노이즈가 나오기 쉽다

옛날에는 1점 어스가 많이 사용되어 패턴 설계의 기본이라는

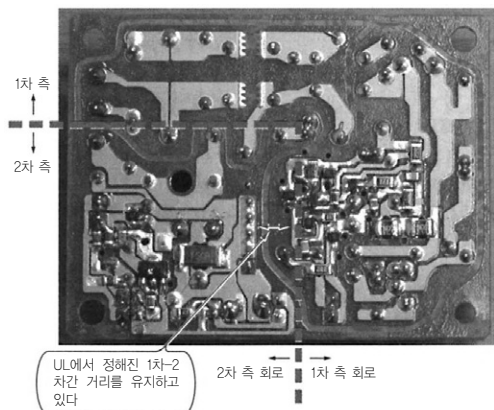
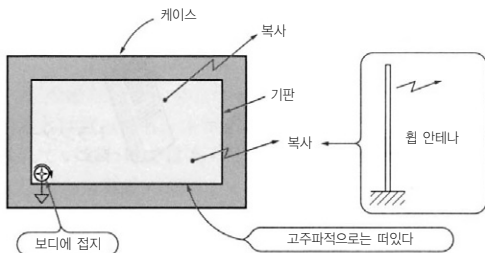


사진 3. 스위칭 레귤레이터 기판의 패턴링 예 (교합이 인가되는 1차 축과 2차 축은 명시적으로 분리되어 있다)



(a) 복사 노이즈가 나오기 쉽다

말까지 있었지만, 복사에 관해서는 1점 어스에 있어서의 문제가 크다고 볼 수 있다.

그림 12와 같이, 대부분의 그라운드 패턴을 고주파적으로 생각한다면 안테나로 되어 역효과이다.

(4) 기판의 그라운드는 가급적 많은 점에서 보드에 접촉한다

그라운드 패턴의 임피던스를 내려도 아직은 불충분하다. 기판의 그라운드가 보드에 대해 떠 있다면 기판 전체가 안테나로 되어 격심하게 복사한다.

그림 13(a)와 같이 1점만 보드에 접지되도 상황은 별로 개선되지 않는다. 접지점에서 끝부분은 역시 고주파적으로 안테나로 되어 있다. 따라서 기판의 그라운드는 가급적 보드에 많이 떨어뜨려야 한다[그림 13(b)].

(5) 슬릿은 슬롯 안테나로 된다

리턴 전류를 제어하기 위해 그라운드층에 슬릿을 넣는 것도 잘 생각해야 한다. 슬릿은 슬롯 안테나로 되고 슬롯에 수직방향으로 흐르는 고주파전류에 의해 전자파를 복사한다. 즉, 슬릿에 큰 고주파의 변위전류가 흐르면 크게 복사할 것이다.

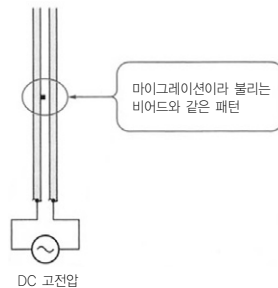
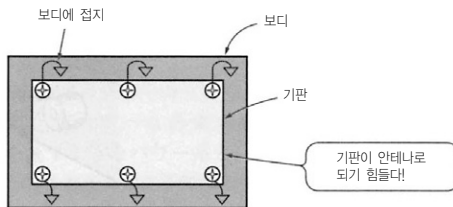


그림 14. 좁은 패턴 사이에 직류의 높은 전압차를 정상적으로 인가했을 때 발생한 적 있는 비어드와 같은 패턴



(b) 복사 노이즈가 나오기 어렵다

그림 13. 보드 설치 수와 복사 노이즈의 관계