



- (51) 국제특허분류:
H05K 3/10 (2006.01) H05K 3/46 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/009356
- (22) 국제출원일: 2011년 12월 5일 (05.12.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2010-0122688 2010년 12월 3일 (03.12.2010) KR
10-2011-0048733 2011년 5월 23일 (23.05.2011) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 주식회사 아모그린텍 (AMOGREENTECH CO., LTD.)
[KR/KR]; 경기도 김포시 통진읍 수참리 185-1, 415-863 Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자; 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 이영일 (LEE, Young Il)
[KR/KR]; 경기도 수원시 장안구 정자동 두전마을 현대백산아파트 348 동 604 호, 440-300 Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 이재화 (LEE, Jae Hwa); 서울시 강남구 역삼1동 718-10 덕천빌딩 4층, 135-081 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

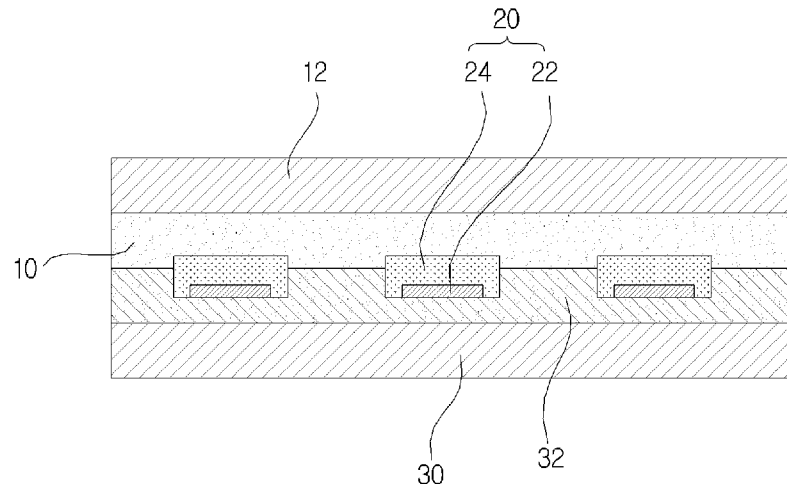
공개:

국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: FLEXIBLE PRINTED CIRCUIT BOARD AND A PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법

[Fig. 1]



(57) Abstract: The present invention comprises: an adhesive sheet; a first electrically conductive pattern which is transferred onto one surface of the adhesive sheet, and which has a first sheet layer and a first plated layer that is formed on the surface of the first sheet layer; and a first cover layer which is laminated onto one side of the adhesive sheet so as to bury the first electrically-conductive pattern, and, in the present invention, the production process can be simplified and the thickness made thinner, and the force of joining between the electrically conductive pattern and the adhesive sheet can be increased.

(57) 요약서: 본 발명은 접착시트와, 상기 접착시트의 일면에 전사되고, 제 1 시드층과 상기 제 1 시드층 표면에 형성되는 제 1 도금층을 갖는 제 1 도전패턴과, 상기 제 1 도전패턴이 매몰되도록 상기 접착시트의 일면에 적층되는 제 1 커버층으로 구성되어, 제조공정을 단순화하고, 두께를 얇게 만들 수 있으며, 도전패턴과 접착시트 사이의 접합력을 증대시킬 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 연성 인쇄회로기판(FPCB: Flexible Printed Circuit Board)에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전사방법을 이용하여 도전패턴을 형성하는 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 통상적으로, 금속 패턴 형성방법은 기판에 박막 증착 설비를 이용하여 금속 패턴을 구현하는 박막 증착 기술, 웨이퍼 또는 웨이퍼 위에 증착된 박막의 일부분을 선택적으로 제거하여 원하는 형태의 초미세 금속 패턴을 형성하는데 사용되는 식각 기술, 기판 위에 전도성의 페이스트를 사용하여 패턴 인쇄 후 열처리하여 금속 패턴을 구현하는 스크린 인쇄 기술, 및 나노 입자 잉크를 사용하여 패턴 인쇄 후 열처리하여 금속 패턴을 구현하는 잉크젯 인쇄 기술 등이 선택적으로 사용된다.
- [3] 상기의 박막 증착 기술은 고가의 제조장비가 필요하여 제조 단가가 상승하고, 식각 기술은 제조공정이 복잡하고 재료 낭비가 심할 뿐만 아니라 제조단가 또한 고가이다.
- [4] 스크린 인쇄 기술의 경우 통상 페이스트를 사용하므로 높은 열처리온도에 견디는 기판을 선택해야하므로 재료선택이 한정적이었다. 또한, 스크린 인쇄 기술은 스크린 제판 비용이 별도로 소요되며, 은(Ag)전극을 페이스트로 사용할 경우, 접착성은 좋아지나 다량의 은을 사용해야 하므로 제조비용이 상승하는 문제가 있었다.
- [5] 따라서, 최근 가장 각광받고 있는 나노 잉크젯 인쇄 기술이 널리 사용되고 있으며, 이러한 기술은 대한민국 공개특허 제2009-76176호, 공개특허 제2010-110982호, 공개특허 제2006-102450호, 공개특허 제2008-13207호, 및 특허등록 제720940호에 개시되어 있다.
- [6] 특히 본 출원인에 의해 제안되어 상기 특허등록 제720940호에 개시된 금속 패턴 형성 방법을 아래에서 설명한다.
- [7] 종래의 금속 패턴 형성 방법은 투명한 유리 기판이나 플렉시블(flexible)한 플라스틱 기판 또는 불투명한 절연 기판 위에 인쇄 헤드를 배치한다. 여기에서, 인쇄 헤드는 소정의 전자잉크가 채워진 공급수단과 연결되고, 그 전자 잉크가 인쇄 헤드의 내부에 공급된다.
- [8] 인쇄 헤드에 공급된 전자 잉크는 기판에 소정의 패턴으로 적층된다. 이때, 전자 잉크의 적층두께(즉, 추후에 시드 금속층으로 될 제1금속층의 두께)는 노즐의 개구의 크기, 밸브의 개폐정도, 전자잉크의 점도, 인쇄 헤드의 진행속도 등에 의해 결정된다. 이러한 요소들을 적절하게 제어함으로써 원하는 두께 또는

크기의 제1금속층을 형성한다. 여기서, 제1금속층은 추후에 도금을 위한 시드(seed) 역할을 충실히 하면 되므로, 그 제1금속층의 두께는 나노~1 μ m 정도로 얇은 두께이면 충분하다.

- [9] 이후, 제1금속층 내의 솔벤트 성분을 없애기 위해 큐어링을 실시한다. 큐어링은 통상적으로 200°C 미만에서 상기 패터화된 제1금속층을 가열하거나 광을 조사함으로써 이루어지는데, 이때 인가되는 열이나 광의 양은 제1금속층 내의 전자 잉크의 점도 또는 적층된 제1금속층의 두께 등에 의해 결정된다.
- [10] 큐어링에 의해 제1금속층은 솔벤트 성분이 제거된 채로 기판상에 고착되고, 그 고착된 제1금속층은 도금을 위한 시드금속층이 된다.
- [11] 그리고 나서, 시드 금속층 위에 도전성 금속인 제2금속층을 도금한다. 이때, 도금은 습식 도금 방식을 채택하고, 그 습식 도금에 의해 제2금속층을 그 시드 금속층의 위쪽 방향으로 원하는 두께 및 크기로 성장시킨다.
- [12] 상기 종래기술에 의하면, 제2금속층을 도금하기 이전에는 제1금속층의 접착력은 양호하나, 제2금속층의 도금이 진행되면서 예를 들어, 구리도금에 의한 스트레스 및 도금액 침식으로 인한 접착력이 약화되는 문제가 있었다.
- [13] 또한, 배선 부분은 상부에 커버필름에 의해 보호되나, 단자 노출 부위의 접착력은 매우 약하여 인쇄 회로 기판의 불량률을 초래할 수 있다.
- [14] 종래의 FPCB는 절연 기판의 양면에 동박 포일이 부착된 양면 FCCL(Flexible Copper Clad Laminate)을 이용하여 각각 양면의 동박을 패터닝으로 형성하여 제조된다.
- [15] 이러한 양면 FCCL을 이용한 종래의 양면 FPCB는 구리를 패터닝하는 공정을 이용하여 회로 패터닝을 형성하므로 구리 패터닝 식각에 따른 공해 유발 물질을 다량 배출하는 문제와 함께 기판의 전체 두께가 두꺼워져 고밀도의 패터닝을 형성하기 어렵고 제조 공정이 복잡하고 처리 공정 시간이 길어지는 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [16] 본 발명의 목적은 전사 방법을 이용하여 도전패턴을 형성함에 의해 제조공정을 단순화하고, 두께를 얇게 만들 수 있는 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.
- [17] 본 발명의 다른 목적은 잉크젯 패터닝을 수행하여 금속 나노 입자의 사용량을 최소화할 수 있어 제조비용을 줄일 수 있는 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.
- [18] 본 발명의 다른 목적은 전사 방법에 의해 도전패턴이 접착시트의 일면에 매몰되게 적층하여 도전패턴과 접착시트 사이의 접합력을 증대시킬 수 있는 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.
- [19] 본 발명의 다른 목적은 도전패턴의 표면에 요철을 형성하여 도전패턴과 접착시트 사이의 접촉면적을 증대시켜 도전패턴과 접착시트 사이의 접합력을

증대시킬 수 있는 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

[20] 본 발명의 다른 목적은 전사 방법으로 다층 FPCB를 구현하고, 다층 FPCB의 두께를 최소화할 수 있는 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

[21] 본 발명의 다른 목적은 전사 방법을 이용하여 도전패턴을 형성하기 때문에 도전패턴의 표면 평탄도를 확보할 수 있어 다른 전극을 도전패턴에 접합할 때 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있는 연성 인쇄회로기판 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

[22] 본 발명이 해결하려는 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

[23] 상기한 바와 같이, 본 발명의 연성 인쇄회로기판은 접착시트와, 상기 접착시트의 일면에 전사되고, 제1시드층과 상기 제1시드층 표면에 형성되는 제1도금층을 갖는 제1도전패턴과, 상기 제1도전패턴이 매몰되도록 상기 접착시트의 일면에 적층되는 제1커버층을 포함한다.

[24] 본 발명의 연성 인쇄회로기판 제조방법은 기판의 표면에 제1시드층을 형성하는 단계와, 상기 제1시드층의 표면에 제1도금층을 동 도금하여 기판에 제1도전패턴을 형성하는 단계와, 상기 제1도전패턴을 접착시트의 일면에 전사하는 단계와, 상기 제1도전패턴이 매몰되도록 상기 접착시트의 일면에 제1접착층을 갖는 제1커버층을 적층하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[25] 본 발명의 연성 인쇄회로기판은 전사 방법에 의해 접착시트의 표면에 도전패턴을 형성하여 제조공정을 단순화하고, 두께를 얇게 만들 수 있다.

[26] 또한, 본 발명의 연성 인쇄회로기판은 시드층을 형성할 때 잉크젯 패터닝을 수행하여 금속 나노 입자의 사용량을 최소화할 수 있어 제조비용을 줄일 수 있다.

[27] 또한, 본 발명의 연성 인쇄회로기판은 전사 방법에 의해 도전패턴이 접착시트의 일면에 매몰되게 적층하여 도전패턴과 접착시트 사이의 접합력을 증대시킬 수 있다.

[28] 또한, 본 발명의 연성 인쇄회로기판은 도전패턴의 표면에 요철을 형성하여 도전패턴과 접착시트 사이의 접촉면적을 증대시켜 도전패턴과 접착시트 사이의 접합력을 증대시킬 수 있다.

[29] 또한, 본 발명의 연성 인쇄회로기판은 전사 방법으로 다층 FPCB를 구현하고, 다층 FPCB의 두께를 최소화할 수 있다.

[30] 또한, 본 발명의 연성 인쇄회로기판은 전사 방법에 의해 도전패턴을 형성하기 때문에 도전패턴의 표면 평탄도를 확보할 수 있어 다른 전극이 접합될 때 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [31] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연성 인쇄회로기판의 단면도이다.
- [32] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 연성 인쇄회로기판에 요철을 형성한 구조를 나타낸 단면도이다.
- [33] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 도전패턴이 기판에 형성된 형상을 나타낸 단면도이다.
- [34] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 도전패턴이 접착시트에 전사된 형상을 나타낸 단면도이다.
- [35] 도 5 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 FPCB 제조 공정을 순서대로 나타낸 단면도들이다.
- [36] 도 11은 본 발명의 제2실시예에 따른 연성 인쇄회로기판의 단면도이다.
- [37] 도 12 내지 도 14는 본 발명의 제2실시예에 따른 양면 연성 인쇄회로기판의 제조 공정을 순서대로 나타낸 단면도들이다.
- [38] 도 15는 본 발명의 제3실시예에 따른 연성 인쇄회로기판의 단면도이다.
- [39] 도 16 및 도 17은 본 발명의 제3실시예에 따른 연성 인쇄회로기판의 제조 공정을 순서대로 나타낸 단면도들이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [40] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예를 상세히 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 구성요소의 크기나 형상 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시될 수 있다. 또한, 본 발명의 구성 및 작용을 고려하여 특별히 정의된 용어들은 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 한다.
- [41] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연성 인쇄회로기판의 단면도이다.
- [42] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 연성 인쇄회로기판은 접착시트(10)와, 접착시트(10)의 일면에 전사되는 제1도전패턴(20)과, 제1도전패턴(20)이 매몰되도록 접착시트의 일면에 적층되는 제1커버층(30)을 포함한다.
- [43] 접착시트(10)는 중앙에 기제가 구비되고 기제의 양면에 접착층이 형성되는 구조이거나 전체가 접착층으로 형성되는 구조가 적용될 수 있으며, 열이나 자외선에 의해 경화되는 열경화성 또는 자외선 경화성 수지로 형성되고, 그 타면에는 보호커버(12)가 적층된다.
- [44] 여기에서, 접착시트(10) 이외에, 상온에서 접착력을 유지하는 양면 접착 테이프나, 프리프레그(Prepreg) 등 도전패턴을 부착할 수 있는 다양한 구조가 적용이 가능하다.
- [45] 제1도전패턴(20)은 잉크젯 패터닝 방법으로 전도성 잉크가 기판의 표면에 패터닝되는 제1시드층(22)과, 제1시드층(22)의 표면에 도금되는 제1도금층(24)을 포함한다.

- [46] 제1도전패턴(20)이 접착시트(10)에 전사될 때, 제1도전패턴(20) 중 일부가 접착시트(10) 내부로 매몰되어 들어가기 때문에 제1도전패턴(20)과 제1접착시트(10) 사이의 접합력이 크게 향상된다.
- [47] 여기에서, 제1시드층(22)은 기본적으로 잉크젯 인쇄방법을 사용하여 형성되지만, 잉크젯 인쇄방법 이외에 스크린 프린팅 인쇄방법이나 그라비아 인쇄방법 등 다양한 방법이 적용될 수 있다.
- [48] 제1시드층(22)의 두께는 잉크젯 인쇄방법을 사용할 경우 $1\mu\text{m}$ 이하의 얇은 두께로 할 수 있고, 스크린 프린팅 인쇄방법 및 그라비아 인쇄방법을 사용할 경우 $10\mu\text{m}$ 이하의 두께를 갖는다.
- [49] 그리고, 제1도금층(24)은 구리 이외에 Au, Ag, Al, Ni, Sn 등의 도전성 금속 중 어느 하나를 사용할 수 있으며, 도금방식을 습식 도금으로 진행된다.
- [50] 제1커버층(30)은 제품이 완성되었을 때 외부 커버 역할을 하여 제품을 보호하는 역할을 하는 것으로, 제1커버층(30)의 일면에는 제1접착층(32)이 형성되어, 이 제1접착층(32)이 접착시트(10)의 일면에 접착된다. 이때, 제1도전패턴(20)은 제1접착층(32) 내부에 매몰된 상태로 되어 보호된다.
- [51] 여기에서, 제1커버층(30) 대신에 절연층이 코팅될 수 있다. 절연층은 PSR(Photo Solder Resist) 또는 PIC(Photoimageable coverlay)가 사용될 수 있다.
- [52] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 연성 인쇄회로기판에 요철을 형성한 구조를 나타낸 단면도이다.
- [53] 도 2에 도시된 연성 인쇄회로기판은 접착시트(10)와, 접착시트(10)의 일면에 전사되는 도전패턴(20)과, 도전패턴(20)이 매몰되도록 접착시트의 일면에 적층되는 커버층(30)을 포함하고, 도전패턴(20)의 접합면에는 요철(26)이 형성되어 도전패턴(20)과 접착시트(10) 사이의 접합력을 증대시킨다.
- [54] 즉, 연성 인쇄회로기판은 도전패턴(20)의 접착시트(10)와 접합되는 접합면에 불록부와 오목부가 반복되는 요철(26)을 형성하여 도전패턴(20)과 접착시트(10) 사이의 접합면적을 증대시키고 이에 따라 도전패턴(20)과 접착시트(10)의 접착력을 증가시켜 접착시트(10)에 도전패턴(20)을 전사할 때 도전패턴(20)이 접착시트(10)에 보다 확실하게 전사될 수 있도록 하고, 도전패턴(20)과 접착시트(10) 사이가 분리되는 것을 방지한다.
- [55] 도전패턴(20)의 접합면에 요철(26)을 형성하는 방법은 도전패턴(20)을 기판의 표면에 패터닝한 후 도전패턴(20)의 접합면을 에칭 처리하여 요철을 형성한다.
- [56] 도전패턴(20)의 접합면을 에칭 처리하는 방법 이외에 도전패턴(20)의 접합면에 요철(26)을 형성할 수 있는 어떠한 방법도 적용이 가능하다.
- [57] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 도전패턴이 기판에 형성된 형상을 나타낸 단면도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 도전패턴이 접착시트에 전사된 형상을 나타낸 단면도이다.
- [58] 일반적으로, 도전패턴을 도금 방법을 이용하여 형성할 경우, 도 3에 도시된 바와 같이, 기판(50)의 표면에 시드층(22)을 형성한 후 시드층(22)의 표면에

도금층(24)을 동 도금한다. 그러면, 도전패턴(20)의 표면(20a)은 중앙의 높이(H1)가 제일 높고 양쪽 가장자리의 높이(H2)가 제일 낮은 형태로 형성된다. 즉, 도전패턴(20)은 중앙에서 가장자리로 갈수록 높이가 낮아지는 형태로 형성된다.

- [59] 이와 같이, 형성된 도전패턴(20)을 단자부로 사용할 경우, 단자부의 표면이 곡면 형태로 되어 다른 단자와의 접촉 면적이 작아지고, 이에 따라 접합 신뢰성이 떨어지게 된다.
- [60] 본 실시예에 따른 도전패턴(20)은 접착시트(10)에 전사되기 때문에 도 4에 도시된 바와 같이, 도전패턴(20)을 접착시트(10)의 일면에 전사하면 곡면 형태의 도전패턴(20) 표면(20a)은 접착시트(10)에 매몰되어 부착되고, 기판(50)에서 분리된 도전패턴(20)의 표면(20b)이 노출되게 되어 도전패턴(20)의 표면(20b)은 평탄한 평면으로 형성된다.
- [61] 따라서, 도전패턴(20)을 단자부로 사용할 경우 단자부를 다른 단자와 접촉시키면 접촉면적이 증대되어 접합 신뢰성을 확보할 수 있게 된다.
- [62] 도 5 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 FPCB 제조 공정을 순서대로 나타낸 단면도들이다.
- [63] 먼저, 기판(50)의 일면에 제1도전패턴(20)을 형성한다.
- [64] 기판(50)은 투명한 유리 기판이나 플렉시블(flexible)한 플라스틱 기판 또는 불투명한 절연 기판 예를 들면, 폴리아미드 필름(polyimide film) 등으로 형성된다. 여기서, 기판(50)의 두께는 $8\mu\text{m} \sim 1\text{mm}$ 가 바람직하다.
- [65] 도전패턴(20)은 기판(50)의 표면에 잉크젯 인쇄 방식으로 패터닝되는 시드층(22)과, 시드층(22)의 표면에 도금되는 도금층(24)을 포함한다.
- [66] 시드층(22)을 기판(50)의 표면에 인쇄하는 방법은 잉크젯 인쇄방법, 스크린 프린팅 인쇄방법, 그라비아 인쇄방법 중 어느 하나가 사용된다.
- [67] 일례로, 잉크젯 인쇄방법의 경우 도 5에 도시된 바와 같이, 기판(50) 위에 금속 나노 입자 일 예로, 은 나노 입자로 이루어진 전자잉크(52)가 인쇄 헤드(54)에서 배출되어 기판(50)상에 소정의 패턴으로 적층되어 잉크젯 패터닝이 이루어진다.
- [68] 이때, 전자잉크(52)의 적층두께(즉, 추후에 시드 금속층으로 될 시드층(22)의 두께)는 노즐의 개구의 크기, 밸브의 개폐정도, 전자잉크(52)의 점도, 인쇄 헤드(54)의 진행속도 등에 의해 결정된다. 이러한 요소들을 적절하게 제어함으로써 원하는 두께 또는 크기의 시드층(22)을 형성한다. 여기서, 시드층(22)의 두께는 $1\mu\text{m}$ 이하의 얇은 두께로 할 수 있다.
- [69] 그리고, 시드층(22) 내의 솔벤트 성분 제거 및 나노 금속 분말의 소결을 위해 큐어링을 실시한다. 큐어링은 통상적으로 200°C 미만에서 상기 패턴화된 시드층(22)을 가열하거나 광을 조사함으로써 이루어지는데, 이때 인가되는 열이나 광의 양은 시드층(22)내의 전자 잉크의 점도 또는 적층된 시드층(22)의 두께 등에 의해 결정된다. 큐어링에 의해 시드층(22)은 솔벤트 성분이 제거된 채로 기판(50) 상에 부착되고, 이때, 시드층(22)은 도금을 위한 시드 금속층이

된다.

- [70] 그리고, 스크린 인쇄방법 및 그라비아 인쇄방법은 도전성 페이스트를 도전물질로 이용하여 시드층(22)을 형성한다. 이때 도전성 페이스트는 Ag 페이스트나 Cu 페이스트가 사용된다. 스크린 인쇄방법 및 그라비아 인쇄방법으로 시드층(22)을 형성할 경우, 시드층(22)의 두께는 $10\mu\text{m}$ 이하가 된다.
- [71] 도금층(24)은 도 6에 도시된 바와 같이, 시드층(22)의 표면에 감싸지게 도금된다. 즉, 시드층(22)은 기판(50)의 부착된 일면을 제외한 양측면 및 상면이 도금층으로 감싸지게 된다.
- [72] 도금층(24)은 예를 들면 구리 도금층으로 형성된다. 여기에서, 도금층(24)은 구리 이외에도 Au, Ag, Al, Ni, Sn 등의 도전성 금속 중 어느 하나를 사용할 수 있으며, 도금방식은 습식 도금으로 진행된다.
- [73] 또한, 시드층(22)을 형성한 후에 시드층(22)들 사이에 포토레지스트와 같은 감광막을 패터닝하여도 된다. 감광막은 보다 정밀한 패턴 구현을 위해 도금층(24)이 시드층(22) 상에서 옆으로 성장하는 것을 방지하기 위한 것이다. 따라서, 상기 감광막의 두께는 시드층(22)의 두께보다 두껍고 도금층(24)의 두께보다 두껍거나 같게 하는 것이 바람직하다.
- [74] 그리고, 감광막 영역을 제외한 시드층(22)의 표면에 도금층(24)을 소정 두께 및 크기로 도금한 후에 감광막을 제거하면 된다.
- [75] 기판(50)의 표면에 도전패턴(20)을 형성하는 과정이 완료되면, 도 7에 도시된 바와 같이, 도전패턴(20)의 표면에 요철(26)을 형성한다. 요철(26)은 이후 공정에서 도전패턴(20)을 접착시트(10)에 전사시킬 때 도전패턴(20)과 접착시트(10) 사이의 접촉면적을 증대시켜 두 부재 사이의 접합력을 향상시키는 역할을 한다.
- [76] 여기에서, 요철(26)은 도전패턴(20)의 표면을 에칭 처리하여 형성할 수 있고, 에칭 처리 이외에 요철(26)을 형성할 수 있는 어떠한 방법도 적용이 가능하다.
- [77] 도전패턴(20)의 표면에 요철(26)을 형성하는 공정이 완료되면, 도전패턴(20)을 접착시트(10)에 전사시키는 전사공정을 실시한다.
- [78] 접착시트(10)에 도전패턴(20)을 전사시키는 과정을 살펴보면, 먼저, 도 8에 도시된 바와 같이, 기판(50)에 부착된 도전패턴(20)의 표면에 접착시트(10)를 접촉시킨다.
- [79] 그런 후, 접착시트(10)의 일면에 일정 정도의 열이나 자외선을 정해진 시간 동안 가해주면 접착시트(10)에 도전패턴(20)이 접착된다. 이때, 도전패턴(20)의 일부분이 접착시트(10) 내부로 매몰되어 들어가고 도전패턴(20)의 표면에 형성된 요철(26)이 도전패턴(20)과 접착시트(10) 사이의 접촉면적을 증가시키므로 도전패턴(20)과 접착시트(10) 사이의 접합력은 충분히 커지게 되고 접합 신뢰성을 확보하게 된다.
- [80] 이러한 상태에서, 기판(50)을 분리하면 도 9에 도시된 바와 같이, 제1도전패턴(20)이 접착시트(10)의 일면에 전사된다.

- [81] 그리고, 접착시트(10)의 일면에 도 10에 도시된 바와 같이, 커버층(30)을 부착한다. 즉, 커버층(30)에 형성된 접착층(32)을 접착시트(10)의 일면에 부착하고, 가압하면서 설정된 열을 설정된 시간동안 가하게 되면 접착층(32)이 용융되면서 접착시트(10)에 접착되고, 접착층(32) 내부에 도전패턴(20)이 매몰된다.
- [82] 도 11은 본 발명의 제2실시예에 따른 연성 인쇄회로기판의 단면도이다.
- [83] 제2실시예에 따른 연성 인쇄회로기판은 접착시트(10)의 일면에 제1도전패턴(120)이 적층되고, 접착시트(10)의 타면에 제2도전패턴(130)이 적층되는 양면 연성 인쇄회로기판이다.
- [84] 구체적으로, 제2실시예에 따른 양면 연성 인쇄회로기판은 접착시트(10)와, 접착시트(10)의 일면에 전사되는 제1도전패턴(120)과, 접착시트(10)의 타면에 전사되는 제2도전패턴(130)과, 제1도전패턴(120)이 매몰되도록 접착시트(10)의 일면에 부착되는 제1접착층(142)을 갖는 제1커버층(140)과, 제2도전패턴(130)이 매몰되도록 접착시트(10)의 타면에 부착되는 제2접착층(152)을 갖는 제2커버층(150)을 포함한다.
- [85] 여기에서, 접착시트(10)는 위의 일 실시예에서 설명한 접착시트(10)와 동일하다.
- [86] 제1도전패턴(120) 및 제2도전패턴(130)은 그 표면에 요철(26)이 형성되고, 시드층(122,132)과, 시드층(122,132)의 표면에 도금되는 도금층(124,134)을 포함한다. 이러한 제1도전패턴(120)과 제2도전패턴(130)은 위의 일 실시예에서 설명한 도전패턴(20)과 동일하므로 자세한 설명을 생략한다.
- [87] 제1도전패턴(120)은 제1접착층(142) 내부에 매몰되고, 제2도전패턴(130)은 제2접착층(152) 내부에 매몰된 상태로 되어 보호된다.
- [88] 제1접착층(142)이 구비된 제1커버층(140)과, 제2접착층(152)이 구비된 제2커버층(150) 대신에 절연층이 코팅될 수 있다. 절연층은 PSR(Photo Solder Resist) 또는 PSI가 사용될 수 있다.
- [89] 도 12 내지 도 14는 본 발명의 제2실시예에 따른 양면 FPCB 제조 공정을 순서대로 나타낸 단면도들이다.
- [90] 먼저, 접착시트(10)의 일면에 제1도전패턴(120)을 전사시킨다.
- [91] 여기에서, 접착시트(10)의 일면에 제1도전패턴(120)을 전사시키는 공정은 위의 일 실시예에서 설명한 접착시트(10)의 일면에 도전패턴(20)을 전사시키는 공정과 동일하므로 그 자세한 설명은 생략한다.
- [92] 이와 같은 공정을 수행하여 접착시트(10)의 일면에 제1도전패턴(120)을 전사하는 공정이 완료되면, 위의 공정을 동일하게 반복하여 제2도전패턴(130)을 접착시트(10)의 타면에 전사하는 공정을 수행한다.
- [93] 즉, 도 12에 도시된 바와 같이, 기판(50)의 표면에 제2도전패턴(130)을 형성한다.
- [94] 기판(50)의 표면에 시드층(132)을 만들고, 상기 시드층(132)의 표면에

- 도금층(134)을 도금하여 기판(50)의 표면에 제2도전패턴(30)을 형성한다.
- [95] 여기서, 시드층(132)을 만드는 과정과 도금층(134)을 도금하는 과정은 위의 일 실시예에서 설명한 도전패턴(20)을 기판(50)에 형성하는 과정과 동일하므로 그 자세한 설명을 생략한다.
- [96] 접착시트(10)에 제2도전패턴(130)을 전사시키는 과정을 살펴보면, 접착시트(10)의 타면에 부착된 이형지를 제거하고 접착시트(10)의 타면에 일정 열을 가하여 접착시트(10)의 타면에 제2도전패턴(30)을 접착시킨다.
- [97] 이러한 상태에서, 도 13에 도시된 바와 같이, 기판(50)으로부터 접착시트(10)를 분리하면 제2도전패턴(30)이 접착시트(10)의 타면으로 전사된다.
- [98] 이와 같이, 한 장의 접착시트(10)의 양면에 각각 제1도전패턴(20)과 제2도전패턴(30)을 전사할 수 있기 때문에 그만큼 FPCB의 두께를 감소시키고 제조비용을 줄일 수 있게 된다.
- [99] 그리고, 도 14에 도시된 바와 같이, 접착시트(10)의 일면에 제1커버층(140)이 적층된 제1접착층(142)을 부착하고, 접착시트(10)의 타면에 제2커버층(150)이 적층된 제2접착층(152)을 부착한다.
- [100] 그런 후, 제1커버층(140)과 제2커버층(150) 사이를 가압하면서 설정된 열을 설정된 시간동안 가하게 되면 제1접착층(142)이 용융되면서 접착시트(10)에 접착되고, 제1접착층(142) 내부에 제1도전패턴(120)이 매몰된다. 그리고, 제2접착층(152)이 용융되면서 접착시트(10)에 접착되고, 제2접착층(152) 내부에 제2도전패턴(130)이 매몰된다.
- [101] 여기서, 제1접착층(142)과 제2접착층(152)은 상온에서는 고체 상태를 유지하고 일정 이상을 열을 가하면 용융되면서 접착력이 발생하는 접착제가 사용되는 것이 바람직하다.
- [102] 이와 같은 제조공정으로 완료된 양면 FPCB는 접착시트(10)의 양면에 제1도전패턴(120) 및 제2도전패턴(130)이 각각 배치되도록 하여 한 장의 접착시트(10)에 두 도전패턴(120,130)을 배치할 수 있어 두께를 감소시킬 수 있고 부품수를 최소화하여 제조비용을 줄일 수 있게 된다.
- [103] 또한, 전사방법을 이용하여 제1도전패턴(120)과 제2도전패턴(130)이 제1접착층(142), 제2접착층(152) 및 접착시트(10) 내부에 완전히 매몰되도록 하여 도전패턴을 보다 완벽하게 보호할 수 있어 도전패턴의 손상을 방지하고 도금층의 접착성능을 향상시킬 수 있다.
- [104] 또한, 제1커버층(140)과 제2커버층(150)이 FPCB의 양면에 배치되어 외부로부터 가해지는 충격으로부터 FPCB를 보호할 수 있다.
- [105] 또한, 전사방식을 이용하여 접착시트에 도전패턴을 형성하므로 접착성을 향상시키고, 제조 공정을 단순화할 수 있다.
- [106] 도 15는 본 발명의 제3실시예에 따른 다층 연성 인쇄회로기판의 단면도이다.
- [107] 도 15를 참조하면, 제3실시예에 따른 다층 연성 인쇄회로기판은 양면에 도전패턴(90,100)이 형성되고 일정 간격을 두고 배열되는 복수의 도전패턴

모듈(60,62)과, 도전패턴 모듈(60,62) 사이에 적층되는 복수의 접착층(80)과, 제1커버층(72)이 적층되고 도전패턴 모듈의 상측에 접착되는 상부 접착층(72)과, 제2커버층(78)이 적층되고 도전패턴 모듈의 하측에 접착되는 하부 접착층(74)을 포함한다.

- [108] 도전패턴 모듈(60,62)은 접착시트(82)와, 접착시트(82)의 일면에 전사되는 제1도전패턴(90)과, 접착시트(82)의 타면에 전사되는 제2도전패턴(100)을 포함한다.
- [109] 제1도전패턴(90)과 제2도전패턴(100)은 기판의 표면에 패터닝되는 시드층(92,102)과, 시드층(92,102)의 표면에 도금되는 도금층(94,104)을 포함한다. 시드층(92,102)과 도금층(94,104)의 구조는 위의 일 실시예에 설명한 시드층(22)과 도금층(24)의 구조와 동일하므로 자세한 설명은 생략한다.
- [110] 이와 같이, 제3실시예에 따른 다층 연성 인쇄회로기판은 전사방법을 이용하여 복수의 도전패턴 모듈(60,62)을 만들고, 도전패턴 모듈(60,62) 사이에 접착층(80)을 배치한 후 열과 압력을 가하게 되면 접착층(80) 내부로 도전패턴들이 매몰되고 일정 간격으로 두고 적층된 구조를 갖게 된다.
- [111] 다음에서, 상기와 같이 구성되는 제3실시예에 따른 다층 연성 인쇄회로기판의 제조방법을 설명한다.
- [112] 도 16 및 도 17은 본 발명의 제3실시예에 따른 다층 연성 인쇄회로기판의 제조공정을 나타낸 단면도들이다.
- [113] 먼저, 도 16에 도시된 바와 같이, 제1도전패턴 모듈(60) 및 제2도전패턴 모듈(62)을 제조한다.
- [114] 제1도전패턴 모듈(60) 및 제2도전패턴 모듈(62)은 동일한 구조로서, 접착시트(82)의 일면에 제1도전패턴(90)을 전사하고, 접착시트(82)의 타면에 제2도전패턴(100)을 전사하여 접착시트(82)의 양면에 제1도전패턴(90)과 제2도전패턴(100)이 접착된 구조를 갖는다.
- [115] 이러한 제1도전패턴 모듈(60) 및 제2도전패턴 모듈(62)의 제조방법은 위의 일 실시예에서 설명한 접착시트(10)의 양면에 제1도전패턴(20) 및 제2도전패턴(30)을 전사하는 방법과 동일하므로 자세한 설명은 생략한다.
- [116] 여기에서, 도전패턴의 적층수에 따라서 제3도전패턴 모듈, 제4도전패턴 모듈을 더 준비할 수 있다.
- [117] 그리고, 도 17에 도시된 바와 같이, 제1도전패턴 모듈(60)과 제2도전패턴 모듈(62) 사이에 접착층(80)을 배치하고, 제1도전패턴 모듈(60)의 외측에 제1커버층(76)이 적층된 상부 접착층(72)을 배치하고, 제2도전패턴 모듈(62)의 외측에 제2커버층(78)이 적층된 하부 접착층(74)을 배치한다.
- [118] 이러한 상태에서, 제1커버층(76)과 제2커버층(78)을 통해 압력을 가하면서, 일정시간 동안 열을 가하게 되면, 상부 접착층(72)이 제1도전패턴 모듈(60)의 접착시트(82)의 일면에 접착되고, 제1도전패턴 모듈(60)의 제1도전패턴(90)이 상부 접착층(72) 내부에 매몰된다.

- [119] 그리고, 제1도전패턴 모듈(60)의 접착시트(82)의 타면에 접착층(80)이 접착되고, 제1도전패턴 모듈(60)의 제2도전패턴(100)이 접착층(80) 내부에 매몰된다.
- [120] 그리고, 제2도전패턴 모듈(62)의 접착시트(82)의 타면에 접착층(80)이 접착되고, 제2도전패턴 모듈(62)의 제2도전패턴(100)이 접착층(80) 내부에 매몰된다.
- [121] 그리고, 하부 접착층(74)이 제2도전패턴 모듈(62)의 접착시트(82)의 일면에 접착되고, 제2도전패턴 모듈(62)의 제1도전패턴(90)이 하부 접착층(74) 내부에 매몰된다.
- [122] 이와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따른 다층 연성 인쇄회로기판은 도전패턴 모듈(60)과 도전패턴 모듈(62) 사이에 한 장의 접착층(80)이 배치되므로 제품의 두께를 대폭 감소시킬 수 있다.
- [123] 또한, 복수로 적층되는 도전패턴들(90,100)이 상부 접착층(72), 하부 접착층(74) 및 접착층(80), 접착시트(82) 내부에 완전히 매몰되도록 하여 도전패턴을 보다 완벽하게 보호할 수 있어 도전패턴의 손상을 방지하고 도금층의 접착성능을 향상시킬 수 있다.
- [124] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예를 예를 들어 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

산업상 이용가능성

- [125] 상기한 바와 같이 구성되는 연성 인쇄회로기판은 전자기기의 배선기판으로 주로 사용되고 있고, 나아가 노트북, 컴퓨터, 카메라, AV 기기 등 소형 정밀 전자기기류에 많이 사용되고 있다.
- [126] 또한, 기술의 발달로, 얇고 경량화가 가능하여 기존의 PCB를 대체하여 사용이 가능하며, 안테나 등에도 적용이 가능하다.

청구범위

- [청구항 1] 접착시트;
상기 접착시트의 일면에 전사되고, 제1시드층과 상기 제1시드층 표면에 형성되는 제1도금층을 갖는 제1도전패턴; 및
상기 제1도전패턴이 매몰되도록 상기 접착시트의 일면에 적층되는 제1커버층을 포함하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 접착시트는 열이나 자외선을 가하면 용융되는 타입, 기재의 일면에 접착층이 형성되는 타입, 양면 테이프 및 프리프레그 중 어느 하나가 사용되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 제1시드층은 도전성 잉크를 사용하는 잉크젯 인쇄방법, 도전성 페이스트를 사용하는 스크린 프린팅 인쇄방법 및 그라비아 인쇄방법 중 어느 한 방법으로 형성되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 제1도금층은 Cu, Au, Ag, Al, Ni, Sn의 도전성 금속 중 어느 하나로 하는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 제1커버층은 상기 제1도전패턴이 매몰되고 접착시트에 접착되는 제1접착층과, 상기 제1접착층에 적층되어 제1도전패턴을 보호하는 제1커버필름을 포함하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 제1커버층은 PSR(Photo Solder Resist) 또는 PIC(Photoimageable coverlay)가 사용되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 제1도전패턴의 상기 접착시트에 전사되는 표면에는 접착시트와의 접촉면적을 증가시키는 요철이 형성되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 제1도전패턴의 일면은 상기 접착시트 내부로 매몰되게 형성되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 제1도전패턴은 상기 접착시트에 전사되는 일면은 중앙에서 가장자리로 갈수록 높이가 낮아지는 곡면 형태로 형성되고, 상기

- 제1도전패턴의 타면은 평탄한 평면 형태로 형성되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 접착시트의 타면에 전사되고 제2시드층과 상기 제2시드층 표면에 형성되는 도금층을 갖는 제2도전패턴; 및
상기 제2도전패턴이 매몰되도록 상기 접착시트의 타면에 적층되는 제2커버층을 더 포함하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 제2시드층은 도전성 잉크를 사용하는 잉크젯 인쇄방법, 도전성 페이스트를 사용하는 스크린 프린팅 인쇄방법 및 그라비아 인쇄방법 중 어느 한 방법으로 형성되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 12] 제10항에 있어서,
상기 접착시트, 상기 제1도전패턴 및 상기 제2도전패턴을 갖는 도전패턴 모듈을 복수로 적층한 복수의 도전패턴 모듈을 더 포함하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 도전패턴 모듈들 사이는 접착층이 구비되고, 상기 접착층에 제1도전패턴 모듈 및 제2도전패턴 모듈이 매몰되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판.
- [청구항 14] 기판의 표면에 제1시드층을 형성하는 단계;
상기 제1시드층의 표면에 제1도금층을 동 도금하여 기판에 제1도전패턴을 형성하는 단계;
상기 제1도전패턴을 접착시트의 일면에 전사하는 단계; 및
상기 제1도전패턴이 매몰되도록 상기 접착시트의 일면에 제1접착층을 갖는 제1커버층을 적층하는 단계를 포함하는 연성 인쇄회로기판 제조방법.
- [청구항 15] 제14항에 있어서,
상기 제1시드층은 상기 기판의 표면에 전도성 잉크를 사용하여 패턴을 형성하는 도전성 잉크를 사용하는 잉크젯 인쇄방법, 도전성 페이스트를 사용하는 스크린 프린팅 인쇄방법 및 그라비아 인쇄방법 중 어느 한 방법으로 형성되는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판 제조방법.
- [청구항 16] 제14항에 있어서,
상기 기판의 표면에 상기 제1도전패턴을 형성한 후 제1도전패턴의 표면에 요철을 형성하는 단계를 더 포함하는 연성 인쇄회로기판 제조방법.
- [청구항 17] 제14항에 있어서,

상기 제1도전패턴을 접착시트에 전사하는 단계는 상기 접착시트의 일면에 제1도전패턴의 일부분이 매몰되도록 접착하는 단계와,

상기 제1도전패턴을 기판에서 분리하는 단계를 포함하는 연성 인쇄회로기판의 제조방법.

[청구항 18]

제10항에 있어서,

상기 제1접착층은 열을 가하면서 가압하여 제1접착층 내부에 상기 도전패턴이 매몰되도록 하는 것을 특징으로 하는 연성 인쇄회로기판 제조방법.

[청구항 19]

제10항에 있어서,

기판의 표면에 제2시드층을 형성하는 단계;

상기 제2시드층의 표면에 제2도금층을 동 도금하여 기판에 제2도전패턴을 형성하는 단계;

상기 접착시트의 타면에 제2도전패턴을 전사하는 단계;

상기 제2도전패턴이 매몰되도록 상기 접착시트의 타면에

제2접착층을 갖는 제2커버층을 적층하는 단계를 더 포함하는 연성 인쇄회로기판 제조방법.

[청구항 20]

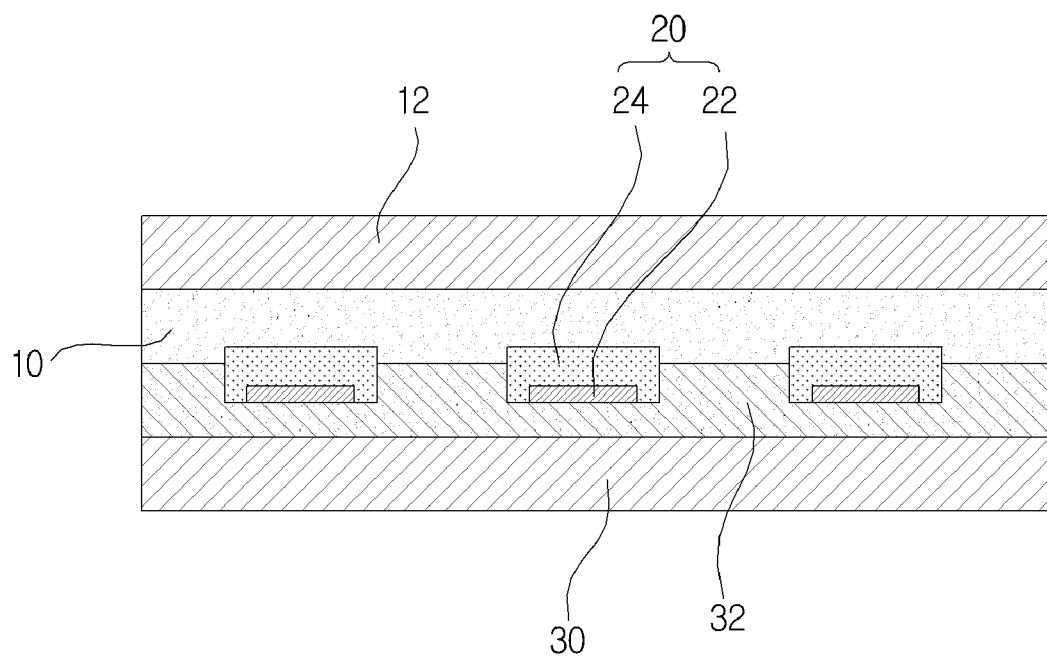
제10항에 있어서,

상기 접착시트의 일면에 제1도전패턴을 전사하고, 상기

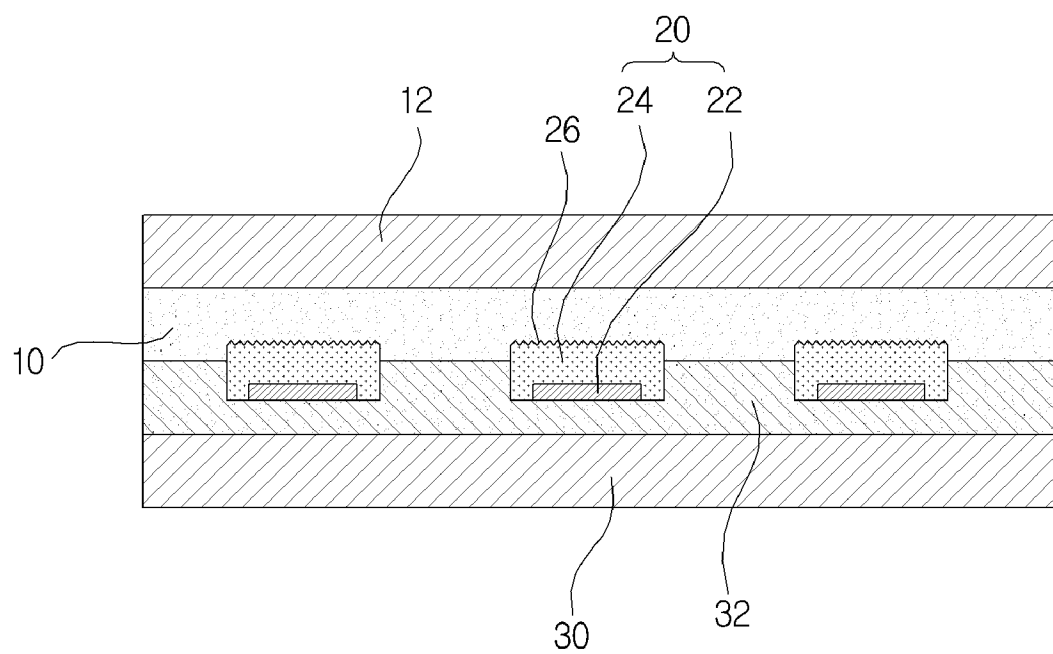
접착시트의 타면에 제2도전패턴을 전사한 도전패턴 모듈을 둘 이상 제조하는 단계와,

상기 복수의 도전패턴 모듈들 사이에 접착층을 배치하여 적층하는 단계를 더 포함하는 연성 인쇄회로기판 제조방법.

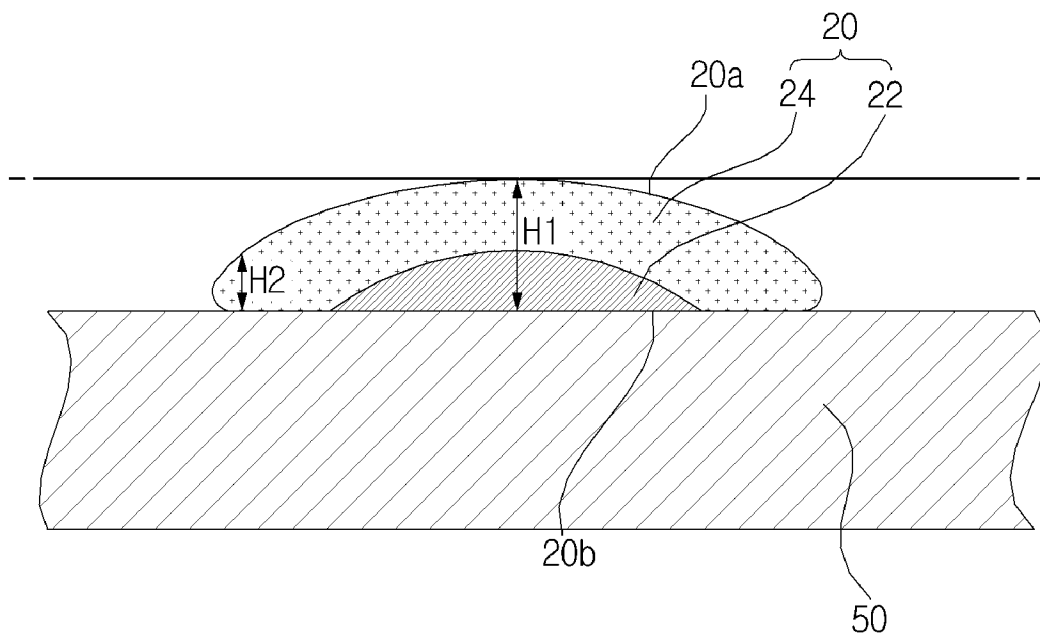
[Fig. 1]



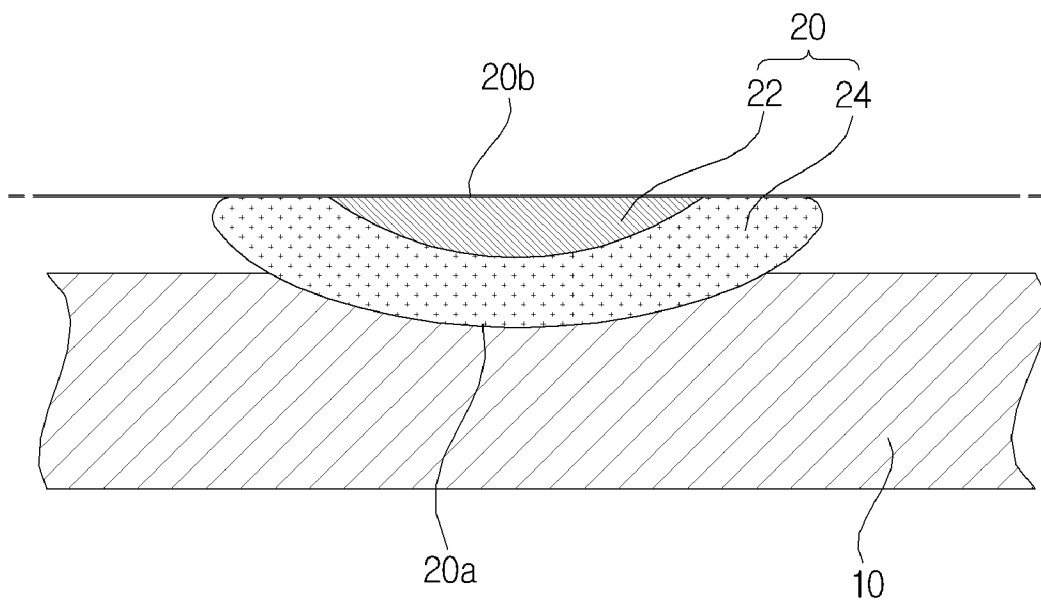
[Fig. 2]



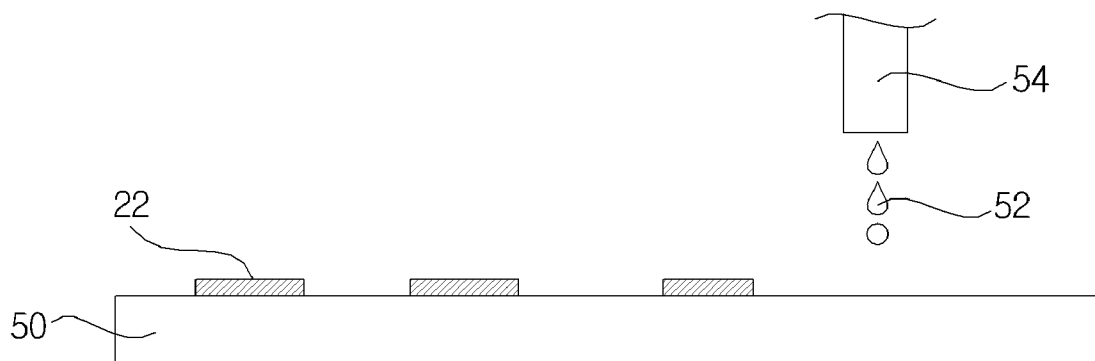
[Fig. 3]



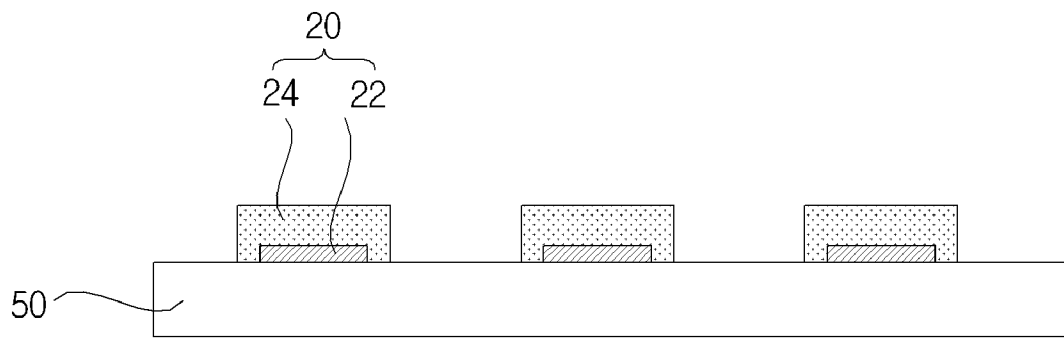
[Fig. 4]



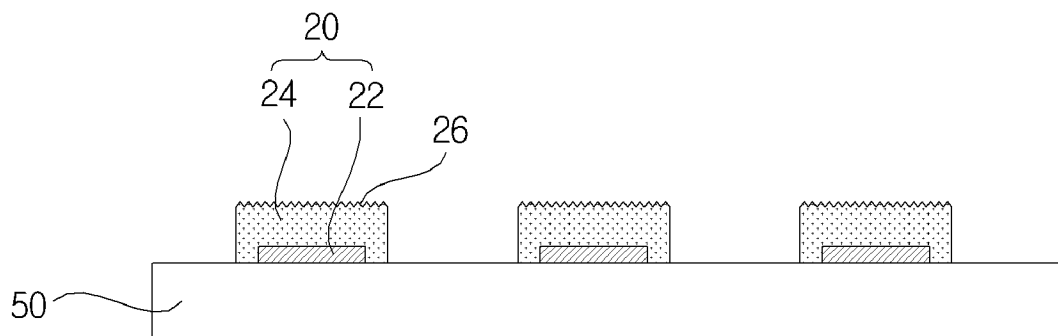
[Fig. 5]



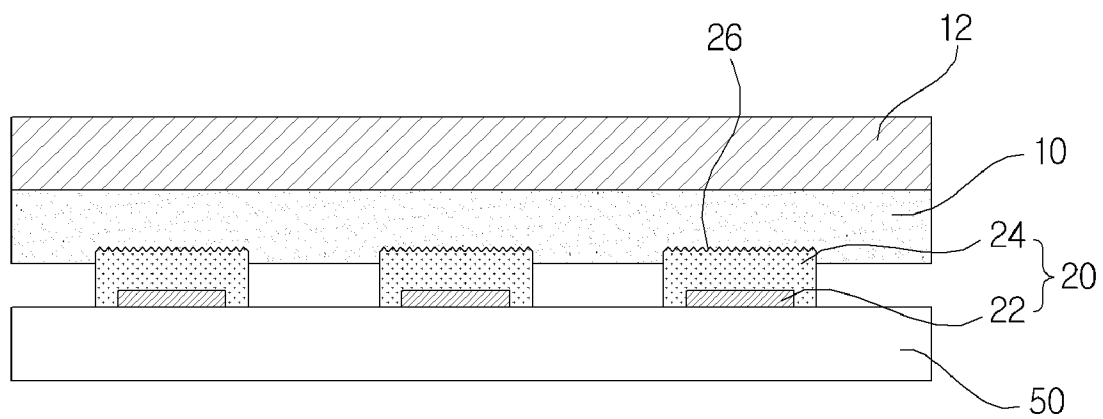
[Fig. 6]



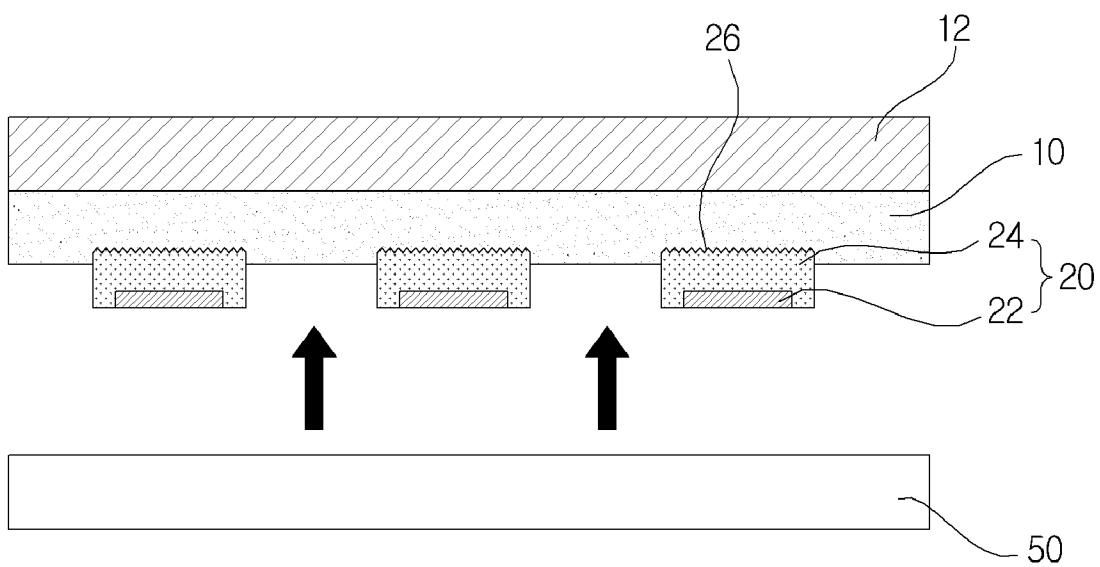
[Fig. 7]



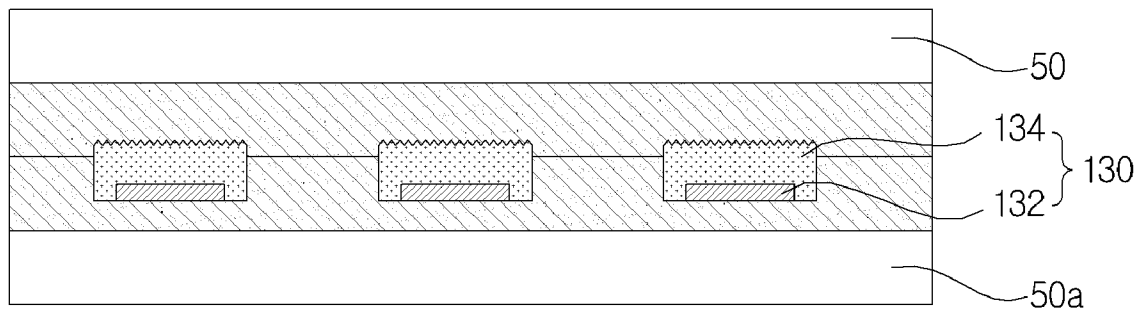
[Fig. 8]



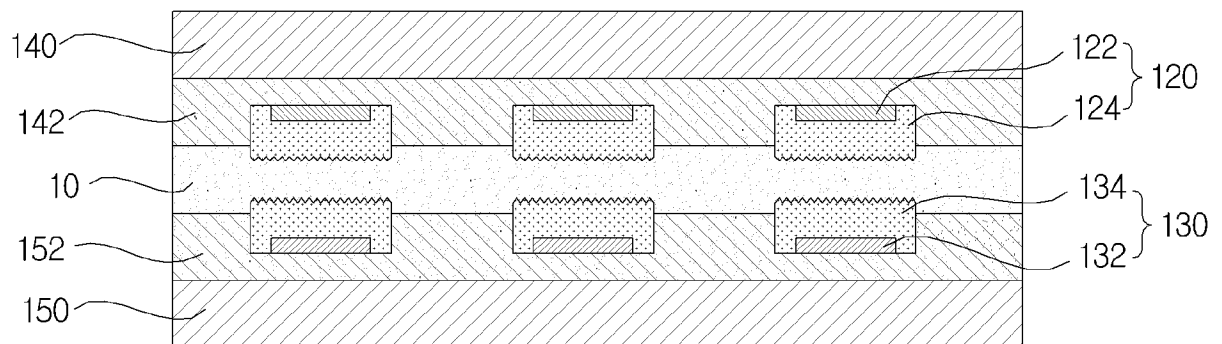
[Fig. 9]



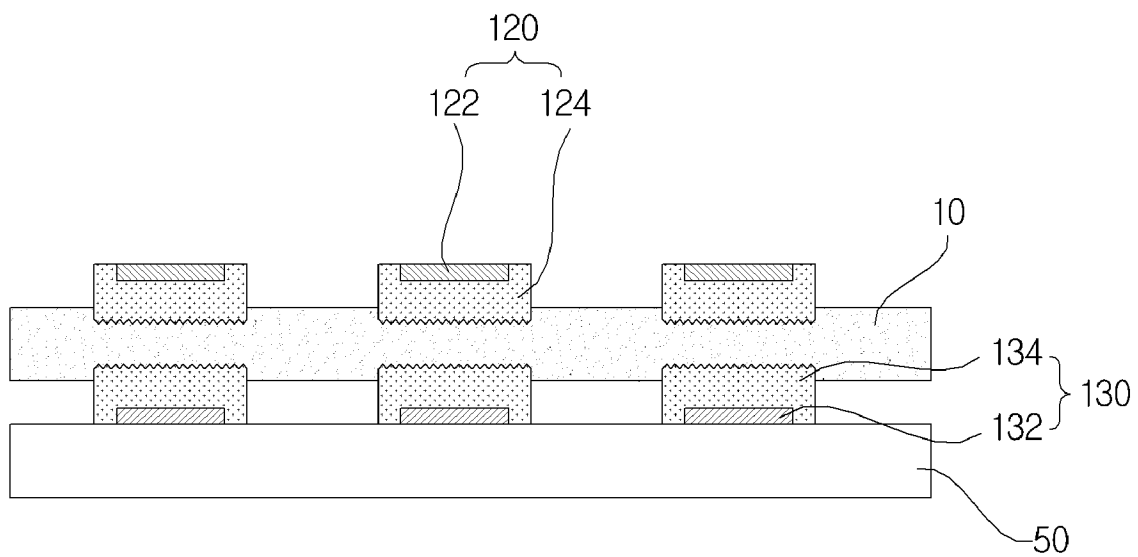
[Fig. 10]



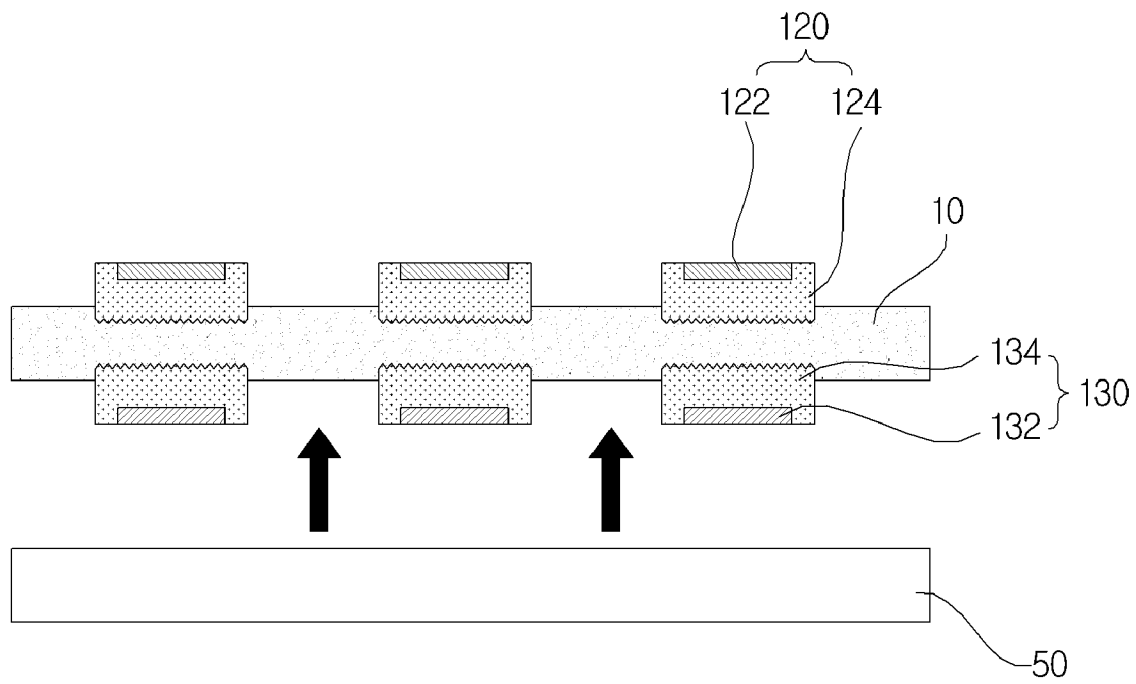
[Fig. 11]



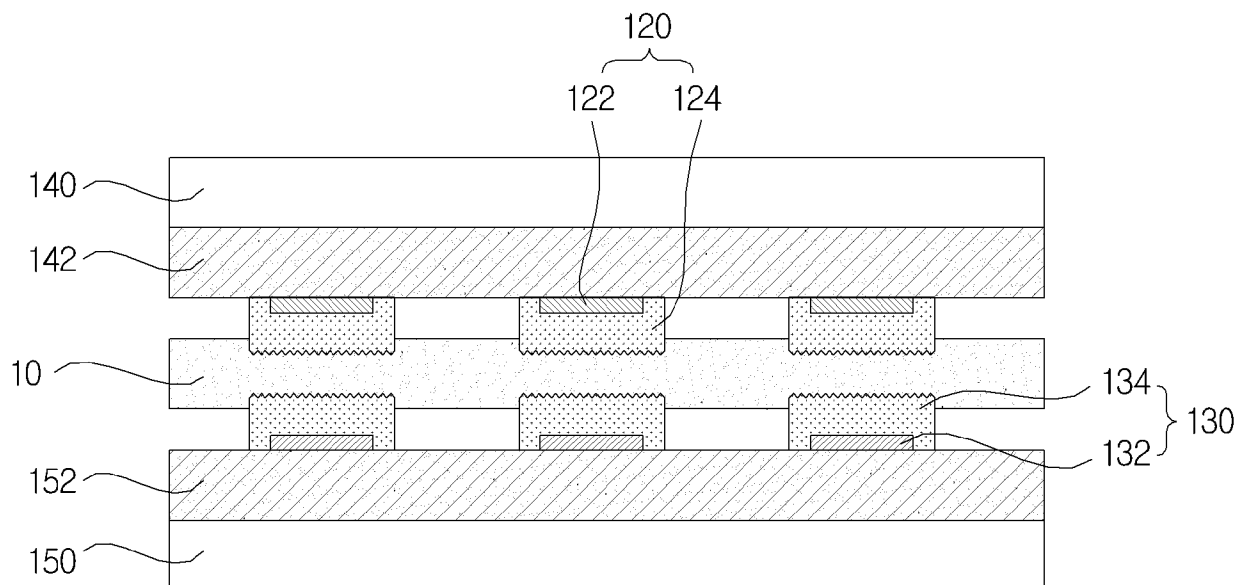
[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]



A cross-sectional view of a multi-layered structure. The structure consists of several horizontal layers. A top layer is labeled 76. Below it is a layer with diagonal hatching, labeled 72. This is followed by a layer with a dotted pattern, labeled 62. Below the dotted layer is another layer with diagonal hatching, labeled 80. This is followed by a layer with a dotted pattern, labeled 64. Below the dotted layer is another layer with diagonal hatching, labeled 74. The bottom layer is labeled 78. A grid of components is embedded within the structure. The components are arranged in three rows and three columns. The top row of components is labeled 90, with individual components labeled 92 and 94. The middle row of components is labeled 100, with individual components labeled 104 and 102. The bottom row of components is unlabeled. Each component consists of a rectangular block with a dotted pattern, a central rectangular opening, and a small rectangular protrusion on the top surface.

[illegible]

[Fig. 17]

