



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0019976
(43) 공개일자 2025년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/02 (2006.01) G01N 27/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/028 (2013.01)
G01N 27/221 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0101257
(22) 출원일자 2023년08월02일
심사청구일자 2023년08월02일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
이형민
서울특별시 성북구 길음로 74, 508동 1304호(길음
동, 길음뉴타운)
구승범
경기도 성남시 분당구 내정로 55, 305동 1105호(
정자동, 상록마을)
(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최관락

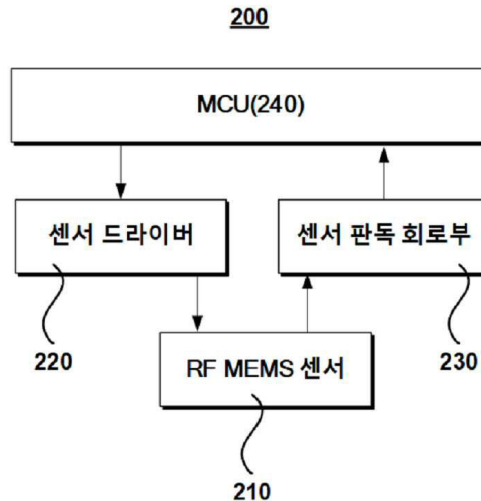
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 RF MEMS 센서 드라이버 및 센서 판독 시스템

(57) 요약

RF MEMS 센서 드라이버 및 센서 판독 시스템이 개시된다. RF MEMS 센서에 파워를 공급하는 센서 드라이버는 디지털-아날로그 변환부; 상기 디지털-아날로그 변환부의 후단에 배치되며, 상기 디지털-아날로그 변환부에서 출력된 입력 전압에 따라 가변 주파수를 출력하는 전압 제어 발진기; 상기 전압 제어 발진기의 후단에 배치되며, 상기 전압 제어 발진기의 출력 주파수 신호를 증폭하여 출력 전압을 출력하는 메인 전력 증폭기; 및 상기 전력 증폭기의 임피던스 매칭 부정합을 보상하는 보상 회로부를 포함한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415185035
과제번호	20016289
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	전자부품산업기술개발(R&D)
연구과제명	생활환경 미세플라스틱 농도 모니터링을 위한 센서개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)제스엔지니어링
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

RF MEMS 센서에 파워를 공급하는 센서 드라이버에 있어서,

디지털-아날로그 변환부;

상기 디지털-아날로그 변환부의 후단에 배치되며, 상기 디지털-아날로그 변환부에서 출력된 입력 전압에 따라 가변 주파수를 출력하는 전압 제어 발진기;

상기 전압 제어 발진기의 후단에 배치되며, 상기 전압 제어 발진기의 출력 주파수 신호를 증폭하여 출력 전압을 출력하는 메인 전력 증폭기; 및

상기 전력 증폭기의 임피던스 매칭 부정합을 보상하는 보상 회로부를 포함하는 것을 특징으로 하는 센서 드라이버.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 보상 회로부는,

상기 메인 전력 증폭기와 병렬로 상기 전압 제어 발진기 후단에 배치되며, 상기 전압 제어 발진기의 출력 주파수 변화에 따라 입력 반사 계수가 상기 메인 전력 증폭기와 반대 위상을 갖는 보조 전력 증폭기; 및

상기 보조 전력 증폭기와 상기 메인 전력 증폭기의 출력 전압을 결합하여 출력하는 전력 컴바이너를 포함하는 센서 드라이버.

청구항 3

RF MEMS 센서의 RF 신호를 검출하는 센서 판독 회로부에 포함된 포락선 검출기에 있어서,

상기 RF MEMS 센서로부터 출력되는 RF 신호를 출력 전압(V_{DR})으로 변환하는 RF-to-DC 프론트 엔드부;

상기 출력 전압(V_{DR})을 증폭하는 전압 증폭기;

기준 출력 전압을 출력하는 램프 발생기;

상기 전압 증폭기와 상기 램프 발생기의 기준 출력 전압을 비교하는 비교기;

상기 비교기의 출력 전압(V_C)에 따라 동작되는 카운터;

상기 카운터의 동작에 따라 구동되는 전류 디지털-아날로그 변환기; 및

상기 전류 디지털-아날로그 변환기의 구동된 전압에 따라 출력 전압을 샘플링하는 샘플 앤 홀드 회로부를 포함하는 센서 판독 회로부에 포함된 포락선 검출기.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 비교기는 상기 전압 증폭기에서 증폭된 출력 전압(V_A)과 상기 램프 발생기의 출력 전압(V_R)을 입력받고, 상

기 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 상기 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 크면 출력 전압(V_C)을 출력하고,
상기 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 상기 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 작으면 동작되지 않는 것을 특징으로 하는 포락선 검출기.

청구항 5

제4 항에 있어서,
상기 카운터는 상기 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 상기 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 커질때까지 동작되는 것을 특징으로 하는 포락선 검출기.

청구항 6

RF MEMS 센서에 일정한 파워를 공급하는 센서 드라이버; 및
상기 센서 드라이버에서 공급되는 파워에 기초하여 타겟의 유전을 변화에 따른 상기 RF MEMS 센서의 공진 주파수 변위값을 측정하는 센서 판독 회로부를 포함하되,
상기 센서 드라이버는,
디지털-아날로그 변환부;
상기 디지털 -아날로그 변환부의 후단에 배치되며, 상기 디지털-아날로그 변환부에서 출력된 입력 전압에 따라 가변 주파수를 출력하는 전압 제어 발진기;
상기 전압 제어 발진기의 후단에 배치되며, 상기 전압 제어 발진기의 출력 주파수 신호를 증폭하여 출력 전압을 출력하는 메인 전력 증폭기; 및
상기 전력 증폭기의 임피던스 매칭 부정합을 보상하는 보상 회로부를 포함하는 RF MEMS 센서 판독 시스템.

청구항 7

제6 항에 있어서,
상기 보상 회로부는,
상기 메인 전력 증폭기와 병렬로 상기 전압 제어 발진기 후단에 배치되며, 상기 전압 제어 발진기의 출력 주파수 변화에 따라 입력 반사 계수가 상기 메인 전력 증폭기와 반대 위상을 갖는 보조 전력 증폭기; 및
상기 보조 전력 증폭기와 상기 메인 전력 증폭기의 출력 전압을 결합하여 출력하는 전력 컴바이너를 포함하는 것을 특징으로 하는 RF MEMS 센서 판독 시스템.

청구항 8

제6 항에 있어서,
상기 센서 판독 회로부는,
상기 RF MEMS 센서로부터 출력되는 공진 주파수 변위값을 출력 전압(V_{DR})으로 변환하는 RF-to-DC 프론트 엔드부;
상기 출력 전압(V_{DR})을 증폭하는 전압 증폭기;
기준 출력 전압을 출력하는 램프 발생기;
상기 전압 증폭기와 상기 램프 발생기의 기준 출력 전압을 비교하는 비교기;

상기 비교기의 출력 전압(V_c)에 따라 동작되는 카운터;

상기 카운터의 동작에 따라 구동되는 전류 디지털-아날로그 변환기; 및

상기 전류 디지털-아날로그 변환기의 구동된 전압에 따라 출력 전압을 샘플링하는 샘플 앤 홀드 회로부를 포함하는 것을 특징으로 하는 RF MEMS 센서 판독 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 RF MEMS 센서 드라이버 및 센서 판독 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근에 COVID-19 판데믹의 직/간접적 영향으로 플라스틱 재질의 일회용품 및 폴리프로필렌 재질의 일회용 마스크 사용량이 증가함에 따라 하천, 가정용 상하수도, 작업장 실내 환경 등 다양한 생활환경에서 미세플라스틱이 발생하고 있다.

[0004] 미세플라스틱은 5mm 미만 크기의 매우 작은 플라스틱을 지칭하며, 처음부터 작게 만들어진 1차 미세플라스틱과 잘게 부서지고 쪼개진 2차 미세플라스틱으로 분류되는데 거의 생분해되지 않아 오랫동안 잔존한다.

[0005] 이러한 미세플라스틱은 바다로 유입되어 해양생태계를 오염시키며 최상위 포식자인 사람에게도 축적되어 인체 생체기능을 교란하는 위협적인 요인이 되고 있다. 또한, 미세플라스틱은 영유아 대변 및 신생아의 태변 그리고 건강한 사람의 혈액에서도 검출되고 있다.

[0006] 미세플라스틱을 검출하기 위한 종래 측정 기술은 도 1에 도시된 바와 같으며, TGA-FT-IR, Raman 등의 분광법, Pyrolysis GC-MS, TDS-GC/MS, TED-GC-MS 등의 열분해법이 있지만, 장비 가격이 비싸고 분석 시간이 오래 걸리며, 표준화된 장비의 부재 등의 한계점이 존재한다.

[0007] 또한 최근에 LCR 미터를 사용하여 센서의 임피던스 측정을 통해 미세플라스틱의 유무를 구분하는 연구가 진행되었지만, 측정 장비를 휴대할 수 없으며 시스템을 자동화할 수 없다는 한계점이 존재한다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 많은 연구자들은 미세플라스틱 농도 모니터링을 위한 LC 공진회로 (LC Resonator) 구조의 센서에 대한 연구를 진행해왔다. 그러나 센서에 대한 연구만 진행되었고 미세플라스틱 농도 분석 시 함수발생기, 네트워크 분석기 등의 장비를 사용해야 된다는 한계점이 존재하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 RF MEMS 센서 드라이버 및 센서 판독 시스템을 제공하기 위한 것이다.

[0010] 또한, 본 발명은 유전을 변화로 인해 발생하는 RF MEMS 센서의 공진주파수 변위값을 선형적으로 판독할 수 있는 RF MEMS 센서 드라이버 및 센서 판독 시스템을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 측면에 따르면, RF MEMS 센서 드라이버 및 센서 판독 시스템이 제공된다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, RF MEMS 센서에 파워를 공급하는 센서 드라이버에 있어서, 디지털-아날로그 변환부; 상기 디지털-아날로그 변환부의 후단에 배치되며, 상기 디지털-아날로그 변환부에서 출력된 입력 전압에 따라 가변 주파수를 출력하는 전압 제어 발진기; 상기 전압 제어 발진기의 후단에 배치되며, 상기 전압 제어 발진기의 출력 주파수 신호를 증폭하여 출력 전압을 출력하는 메인 전력 증폭기; 및 상기 전력 증폭기의 임피던스

매칭 부정합을 보상하는 보상 회로부를 포함하는 것을 특징으로 하는 센서 드라이버가 제공될 수 있다.

[0014] 상기 보상 회로부는, 상기 메인 전력 증폭기와 병렬로 상기 전압 제어 발진기 후단에 배치되며, 상기 전압 제어 발진기의 출력 주파수 변화에 따라 입력 반사 계수가 상기 메인 전력 증폭기와 반대 위상을 갖는 보조 전력 증폭기; 및 상기 보조 전력 증폭기와 상기 메인 전력 증폭기의 출력 전압을 결합하여 출력하는 전력 컴바이너를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, RF MEMS 센서의 RF 신호를 검출하는 센서 판독 회로부에 포함된 포락선 검출기에 있어서, 상기 RF MEMS 센서로부터 출력되는 RF 신호를 출력 전압(V_{DR})으로 변환하는 RF-to-DC 프론트 엔드부; 상기 출력 전압(V_{DR})을 증폭하는 전압 증폭기; 기준 출력 전압을 출력하는 램프 발생기; 상기 전압 증폭기와 상기 램프 발생기의 기준 출력 전압을 비교하는 비교기; 상기 비교기의 출력 전압(V_C)에 따라 동작되는 카운터; 상기 카운터의 동작에 따라 구동되는 전류 디지털-아날로그 변환기; 및 상기 전류 디지털-아날로그 변환기의 구동된 전압에 따라 출력 전압을 샘플링하는 샘플 앤 홀드 회로부를 포함하는 센서 판독 회로부에 포함된 포락선 검출기가 제공될 수 있다.

[0017] 상기 비교기는 상기 전압 증폭기에서 증폭된 출력 전압(V_A)과 상기 램프 발생기의 출력 전압(V_R)을 입력받고, 상기 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 상기 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 크면 출력 전압(V_C)을 출력하고, 상기 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 상기 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 작으면 동작되지 않는다.

[0019] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, RF MEMS 센서에 일정한 파워를 공급하는 센서 드라이버; 및 상기 센서 드라이버에서 공급되는 파워에 기초하여 타겟의 유전을 변화에 따른 상기 RF MEMS 센서의 공진 주파수 변위값을 측정하는 센서 판독 회로부를 포함하되, 상기 센서 드라이버는, 디지털-아날로그 변환부; 상기 디지털-아날로그 변환부의 후단에 배치되며, 상기 디지털-아날로그 변환부에서 출력된 입력 전압에 따라 가변 주파수를 출력하는 전압 제어 발진기; 상기 전압 제어 발진기의 후단에 배치되며, 상기 전압 제어 발진기의 출력 주파수 신호를 증폭하여 출력 전압을 출력하는 메인 전력 증폭기; 및 상기 전력 증폭기의 임피던스 매칭 부정합을 보상하는 보상 회로부를 포함하는 RF MEMS 센서 판독 시스템이 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 RF MEMS 센서 드라이버 및 센서 판독 시스템을 제공함으로써, 유전을 변화로 인해 발생하는 RF MEMS 센서의 공진주파수 변위값을 선형적으로 판독할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명은 적응형 파워 컴바이너를 가지는 RF MEMS 센서 드라이버 및 넓은 동적 범위를 가지는 센서 판독 시스템 구현이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 종래의 측정 방법을 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 미세플라스틱 농도 모니터링을 위한 센서 판독 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 블록도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 드라이버의 구성을 도시한 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 RF MEMS 센서의 출력 반사 계수 측정 결과를 도시한 도면.

도 5는 종래의 포락선 검출기의 RF 입력 전압 변화에 따른 출력 전압을 도시한 도면.

도 6은 종래의 센서 드라이버의 구성을 도시한 도면.

도 7은 입력 임피던스 매칭 부정합 정도에 따른 센서 드라이버의 출력 파워를 도시한 도면.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 VCO 출력 주파수 변화에 따른 PA의 입력 반사계수를 도시한 도면.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 VCO 출력 주파수 변화에 따른 보조 전력 증폭기의 입력 반사 계수를 나타낸 도면.

도 10은 종래와 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 드라이버의 중심 주파수 변화에 따른 출력 파워 변화율을 비교한 결과를 나타낸 도면.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 판독 회로부의 상세 구성을 도시한 도면.

도 12는 종래의 포락선 검출기의 구성을 도시한 도면.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기의 상세 구성을 도시한 도면.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기의 동작 과정을 나타낸 순서도.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기의 시간 응답을 도시한 도면.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기의 입력 전압 변화에 따른 출력 전압을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0026] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

[0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 미세플라스틱 농도 모니터링을 위한 센서 판독 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 드라이버의 구성을 도시한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 RF MEMS 센서의 출력 반사 계수 측정 결과를 도시한 도면이고, 도 5는 RF 입력 전압 변화에 따른 종래의 포락선 검출기의 출력 전압을 도시한 도면이며, 도 6은 종래의 포락선 검출기의 구성을 도시한 도면이고, 도 7은 입력 임피던스 매칭 부정합 정도에 따른 센서 드라이버의 출력 파워를 도시한 도면이고, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 VCO 출력 주파수 변화에 따른 PA의 입력 반사계수를 도시한 도면이고, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 VCO 출력 주파수 변화에 따른 보조 전력 증폭기의 입력 반사 계수를 나타낸 도면이며, 도 10은 종래와 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 드라이버의 중심 주파수 변화에 따른 출력 파워 변화율을 비교한 결과를 나타낸 도면이고, 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 판독 회로부의 상세 구성을 도시한 도면이며, 도 12는 종래의 포락선 검출기의 구성을 도시한 도면이며, 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기의 상세 구성을 도시한 도면이며, 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기의 동작 과정을 나타낸 순서도이며, 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기의 시간 응답을 도시한 도면이고, 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기의 입력 전압 변화에 따른 출력 전압을 도시한 도면이다.

[0029] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 미세 입자 농도 모니터링을 위한 센서 판독 시스템(200)은 정해진 대역폭 내에서 RF MEMS 센서(210)에 일정한 파워를 공급하는 센서 드라이버(220)와 해당 RF MEMS 센서(210)의 유전율 변화에 따른 공진 주파수 변위값을 측정하는 센서 판독 회로부(230) 및 마이크로컨트롤러(240)를 포함하여 구성된다. 이하, 본 발명의 일 실시예에서는 미세 입자가 미세플라스틱인 것을 가정하여 이를 중심으로 설명하기로 한다.

[0030] 센서 드라이버의 상세 구성은 도 3에 도시된 바와 같다. 센서 드라이버(220)는 마이크로컨트롤러(240)의 제어에 따라 입력 전압을 제어하기 위한 디지털-아날로그 변환 회로부(DAC, 이하 DAC라 칭하기로 함), 입력 전압 변화에 따라 원하는 주파수를 출력하는 전압 제어 발진기(VCO, 이하 VCO라 칭하기로 함), 출력된 정현파를 부하에 안정적으로 공급하기 위한 메인 전력 증폭기(PA, 이하 PA라 칭하기로 함), PA의 임피던스 매칭 부정합을 보상하는 보상 회로부(340)를 포함하여 구성된다.

[0031] DAC(310)는 마이크로컨트롤러(240)의 제어에 따른 디지털 신호를 아날로그 신호(입력 전압)으로 변환하여 출력

하기 위한 수단이다.

[0032] VCO(320)는 DAC(310)에서 출력된 입력 전압에 따라 원하는 주파수 신호를 생성하여 출력하기 위한 수단이다. VCO(320)는 입력 전압에 선형 비례하는 가변 주파수 신호를 출력할 수 있다.

[0033] PA(330)는 VCO(320)에서 출력된 주파수 신호(즉 정현파)를 RF MEMS 센서(210)로 공급하기 위한 수단이다. PA(330)는 VCO(320)에서 출력된 주파수 신호를 고전력 신호로 증폭하여 출력하기 위한 수단이다.

[0034] 센서 드라이버(220)에서 RF MEMS 센서(210)에 공급하는 파워(P_{TX}), 케이블 삽입 손실($P_{Insertion.loss}$), 기생 성분으로 발생하는 손실($P_{Parastic.loss}$)라고 가정한 경우, 센서 판독 시스템(200)에서 수신 가능한 파워(P_{RX})는 수학식 1과 같이 구할 수 있다.

수학식 1

[0035]
$$P_{RX} = P_{TX} - |S_{21}| - P_{Insertion.loss} - P_{Parastic.loss}$$

[0036] 도 4에는 매질이 공기인 조건에서 벡터 네트워크 분석기(Vector network analyzer)를 사용하여 RF MEMS 센서(210)의 출력 반사계수($S(2,1)$)를 측정한 결과이다. $|S_{21}|$ 은 2~11dB이다.

[0037] 센서 판독 시스템의 링크 버짓(Link Budget)을 구하기 위해 P_{TX} , $P_{Insertion.loss}$, $P_{Parastic.loss}$ 를 각각 15dBm, 1.7dB, 1dB라고 가정하면, P_{RX} 는 1.3 ~ 10.3dBm이다. 따라서, 센서 판독 시스템은 최소 1dBm, 최대 11dBm의 파워를 선형적으로 수신할 수 있어야 한다.

[0038] RF 입력 전압 변화에 따른 포락선 검출기의 출력 전압을 측정한 결과는 도 5에 도시된 바와 같다. 종래의 센서 판독 시스템의 동적 범위가 18dB로 -10dBm부터 8dBm까지의 파워를 선형적으로 수신할 수 있으나, 8dBm 이상의 파워를 수신하게 되면 선형성이 급격하게 떨어지는 한계점이 존재한다.

[0039] 도 6은 종래의 센서 드라이버(220)의 구조를 도시한 도면으로, VCO와 PA가 직렬로 연결된 구조로 VCO의 출력 주파수가 변화함에 따라 PA의 임피던스 매칭 부정합이 발생하여 출력 파워가 달라지게 된다.

[0040] 센서 드라이버는 중심 주파수를 기준으로 일정한 대역폭 내에서 RF MEMS 센서에 일정한 파워를 공급해야 하나, 종래의 센서 드라이버는 RF MEMS 센서에 일정한 파워를 공급할 수 없다. VCO의 입력 전압이 변화하면, VCO의 출력 주파수가 변화하고 전력 증폭기의 임피던스 매칭 부정합이 발생하여 VCO에서 출력된 파워가 그대로 전달되지 않고 일부 반사가 일어나게 된다. 도 7에는 입력 임피던스 매칭 부정합 정도에 따른 센서 드라이버의 출력 파워를 도시한 도면이다. 도 7에서 보여지는 바와 같이, 입력 임피던스 매칭 부정합이 적은 경우, 중심 주파수를 기준으로 대역폭 내에서 최대 1dBm 정도의 오차가 발생하지만 임피던스 매칭 부정합이 커지는 경우, 최대 5dBm 정도의 오차가 발생하는 것을 알 수 있다.

[0041] 따라서, 본 발명의 일 실시예에서는 보상 회로부(340)를 이용하여 PA(330)의 임피던스 매칭 부정합을 보상할 수 있다.

[0042] 도 3에 도시된 바와 같이, 보상 회로부(340)는 보조 전력 증폭기(343)와 전력 컴바이너(346)를 포함하여 구성된다.

[0043] 보조 전력 증폭기(343)는 도 3에 도시된 바와 같이, VCO(320) 후단에 PA(330)와 병렬로 배치된다.

[0044] 이때, 보조 전력 증폭기(343)는 VCO(320)의 출력 주파수 신호에 따라 입력 반사 계수가 PA(330)와 반대 위상을 갖는다.

[0045] 보조 전력 증폭기(343)와 PA(330) 후단에 전력 컴바이너(346)가 배치되며, 전력 컴바이너(346)가 보조 전력 증폭기(343)와 PA(330)의 출력 전압을 결합하여 출력함으로써 VCO(320)의 출력 주파수 변화에 따라 발생하는 PA(330)의 임피던스 매칭 부정합을 완화할 수 있다. 또한, 이를 통해 일정 대역폭내에서 RF MEMS 센서(210)에 5% 이내의 출력 파워 변화율을 갖는 정현파를 공급할 수 있다.

[0046] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 드라이버(220)내의 VCO의 출력 주파수 변화에 따른 PA(330)의 입력 반

사계수를 나타낸 도면이고, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 드라이버(220)내의 VCO의 출력 주파수 변화에 따른 보조 전력 증폭기의 입력 반사계수를 나타낸 도면이다.

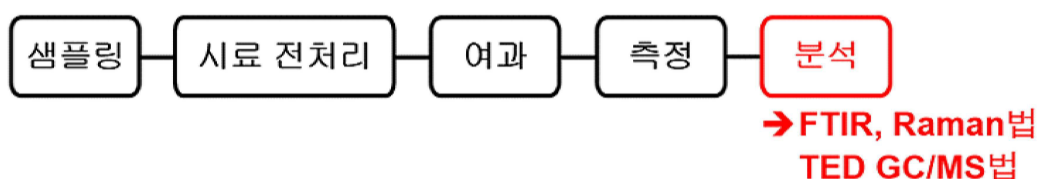
- [0047] 도 8 및 도 9에서 보여지는 바와 같이, VCO(320)의 출력 주파수 변화에 따라 입력 반사 계수가 반대 위상을 갖는 보조 전력 증폭기(343)를 VCO(320) 후단에 PA(330)와 병렬로 연결함으로써 PA(330)의 임피던스 매칭 부정합을 보상할 수 있다.
- [0048] 도 10은 종래와 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 드라이버의 중심 주파수 변화에 따른 출력 파워 변화율을 비교한 결과를 나타낸 도면이다. 도 10에서 보여지는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 드라이버의 출력 파워 변화율이 종래의 센서 드라이버의 출력 파워 변화율보다 최대 66.7% 작은 것을 알 수 있다.
- [0049] 다시 도 2를 참조하면, 센서 판독 회로부(230)는 RF MEMS 센서(210)로부터 출력되는 RF 신호를 측정하기 위한 수단이다. 즉, RF MEMS 센서(210)는 유전율 변화에 따라 공진 주파수 변위값(이하, RF 신호라 칭하기로 함)가 달라지며, 센서 판독 회로부(230)는 이를 측정하여 타겟의 미세 입자 농도를 측정할 수 있다.
- [0050] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 판독 회로부(230)의 상세 구성이 도시되어 있다.
- [0051] 도 11을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 판독 회로부(230)는 복수의 측정 채널 프론트 엔드 회로부(1110), 멀티플렉서(1120) 및 아날로그-디지털 변환 회로부(1130)를 포함하여 구성된다.
- [0052] 복수의 측정 채널 프론트 엔드 회로부(1110)는 RF MEMS 센서(210)로부터 출력되는 RF 신호를 수신하기 위한 수단이다.
- [0053] 프론트 엔드 회로부(1110)는 복수의 채널로 구성될 수 있으며, 측정 채널의 개수는 별도로 제한이 없으며 구현에 따라 다양하게 적용될 수 있다.
- [0054] 프론트 엔드 회로부(1110)는 포락선 검출기(1113)와 증폭기(1116)를 포함하여 구성된다.
- [0055] 포락선 검출기(1113)는 RF MEMS 센서(210)의 RF 신호를 수신하고, 증폭기(1116)에 의해 증폭되어 후단에 위치한 멀티플렉서(1120)로 출력될 수 있다.
- [0056] 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기(1113)는 넓은 동적 범위를 가짐으로써 8dBm 이상의 입력 신호로 선형적으로 수신할 수 있다.
- [0057] 도 12에는 종래의 포락선 검출기의 구성이 도시되어 있다. 도 12를 참조하면, 종래의 포락선 검출기는 트랜지스터(M_{P3})가 입력 AC 신호를 정류하여 RC 신호를 DC 신호로 변환하지만, 일정 크기 이상의 입력 파워가 인가되면 선형성이 깨지는 문제점이 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따른 넓은 동적 범위를 가지는 포락선 검출기(1113)의 구성은 도 13에 도시된 바와 같고, 도 14는 포락선 검출기의 동작을 나타낸 순서도이다. 도 13 및 도 14를 참조하여 포락선 검출기(1113)의 동작에 대해 간략하게 설명하기로 한다.
- [0059] 단계 1410에서 포락선 검출기(1113)는 RF MEMS 센서(210)로부터 수신되는 RF 입력 신호를 DC 전압(V_{DR})로 변환한다.
- [0060] 이에 대해 도 13을 참조하여 보다 상세히 설명하면, 입력 AC 신호가 트랜지스터(M_{N6})로 인가됨에 따라 양의 입력 신호가 인가되면 커패시터(C_2)가 충전되고, 음의 입력 신호가 인가되면 커패시터(C_2)에 충전된 전하가 트랜지스터(M_{N5})로 방전되어 RF 입력 신호가 DC 신호로 출력된다.
- [0061] 단계 1415에서 포락선 검출기(1113)는 변환된 DC 전압을 전압 증폭기를 통해 증폭하여 비교기로 출력한다.
- [0062] 프론트 엔드 출력 전압(V_{DR})은 넓은 동적 범위를 갖지만 출력 전압 변화 폭이 크지 않다. 따라서, 전압 증폭기를 통해 출력 전압(V_{DR})을 폐루프 이득(closed-loop Gain) β 배 만큼 증폭하여 출력 전압 변화 폭을 증가시킨다. 편의상 전압 증폭기를 통해 증폭된 출력 전압을 V_A 로 나타내기로 한다.
- [0063] 단계 1420에서 포락선 검출기(1113)는 램프 발생기에서 출력 전압(V_R)을 생성한 후 비교기로 출력한다.
- [0064] 단계 1425에서 포락선 검출기(1113)의 비교기는 램프 발생기의 출력 전압(V_R)과 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)를

비교하여 비교기의 출력 전압(V_c)을 출력한다. 여기서, 비교기의 출력 전압(V_c)은 0과 1로 출력된다.

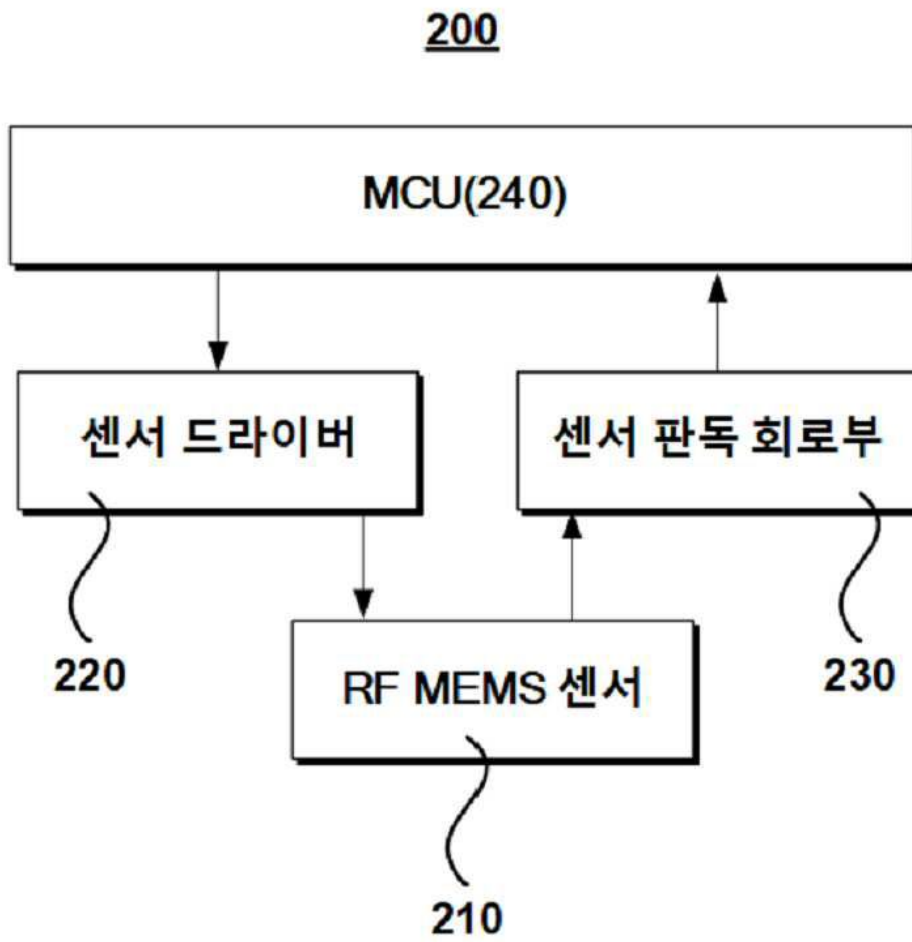
- [0065] 단계 1430에서 포락선 검출기(1113)는 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 작은지 여부를 판단한다.
- [0066] 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 크면, 단계 1435에서 포락선 검출기(1113)은 비교기를 정지시킨다.
- [0067] 그러나, 만일 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 작으면, 단계 1425로 진행한다. 즉, 전압 증폭기의 출력 전압(V_A)이 램프 발생기의 출력 전압(V_R)보다 커질 때까지 카운터가 동작하여 전류 디지털-아날로그 변환기가 구동된다.
- [0068] 이에 따라, 단계 1440에서 포락선 검출기(1113)의 전류 디지털-아날로그 변환기의 구동된 전압에 따라 샘플 앤 홀드를 통해 샘플링 페이지(Φ_{SAMPLE})에서 한 값으로 고정됨에 따라 출력 전압(V_s)을 샘플링한다.
- [0069] 상술한 설명에 따른 포락선 검출기의 시간 응답은 도 15에 도시된 바와 같다.
- [0070] 도 16은 포락선 검출기(1113)의 입력 전압 변화에 따른 출력 전압을 도시한 도면이다. 도 16에서 보여지는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 포락선 검출기(1113)의 동적 범위는 25dB로, 종래의 포락선 검출기보다 39% 넓은 동적 범위를 갖으며 전 구간에서 높은 선형성을 가지는 것을 알 수 있다.
- [0071] 다시, 도 11을 참조하면, 포락선 검출기(1113)와 증폭기(1116) 사이에는 버퍼가 배치될 수 있다.
- [0072] 멀티플렉서(1120)는 프론트 엔드 회로부(1110)의 출력 신호를 하나로 합쳐서 후단에 배치된 아날로그-디지털 변환 회로부(1130)로 출력한다. 아날로그-디지털 변환 회로부(1130)는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 회로이다.
- [0073] 이와 같이, 센서 판독 회로부(230)는 RF MEMS 센서(210)로부터 출력되는 RF 신호를 DC 신호로 변환한 후 마이크로컨트롤러(240)로 출력할 수 있다. 변환된 DC 신호는 입력된 RF 신호의 크기 변화를 선형적으로 나타낼 수 있다.
- [0074] 마이크로컨트롤러(240)는 본 발명의 일 실시예에 따른 미세 플라스틱 농도 모니터링 장치의 내부 구성 요소들(예를 들어, 센서 드라이버(220) 및 센서 판독 회로부(230) 등)을 제어하기 위한 수단이다.
- [0076] 이제까지 본 발명에 대하여 그 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

도면1

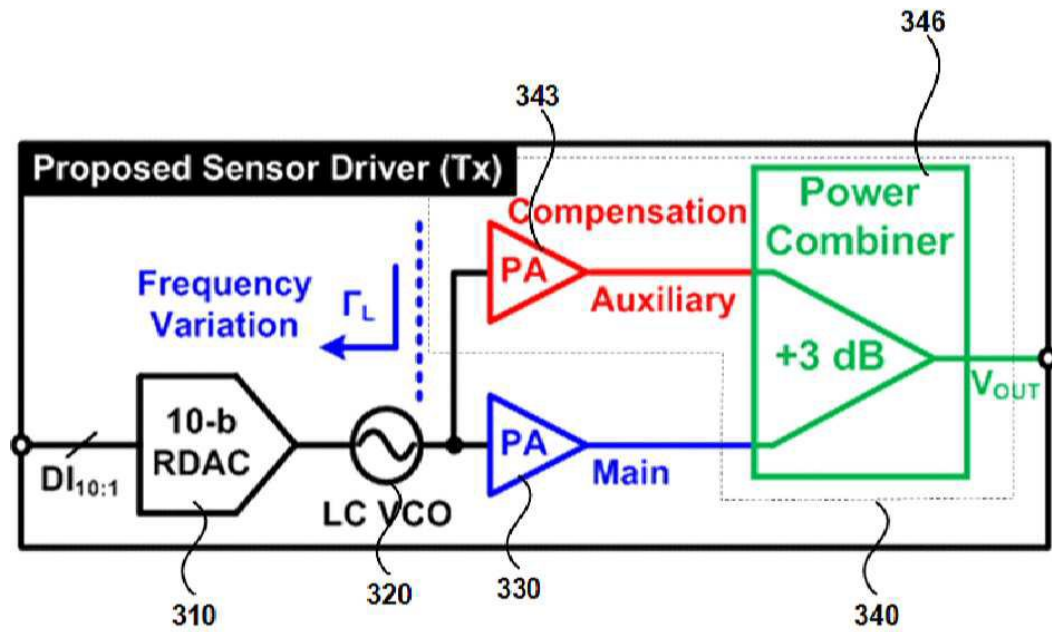


도면2

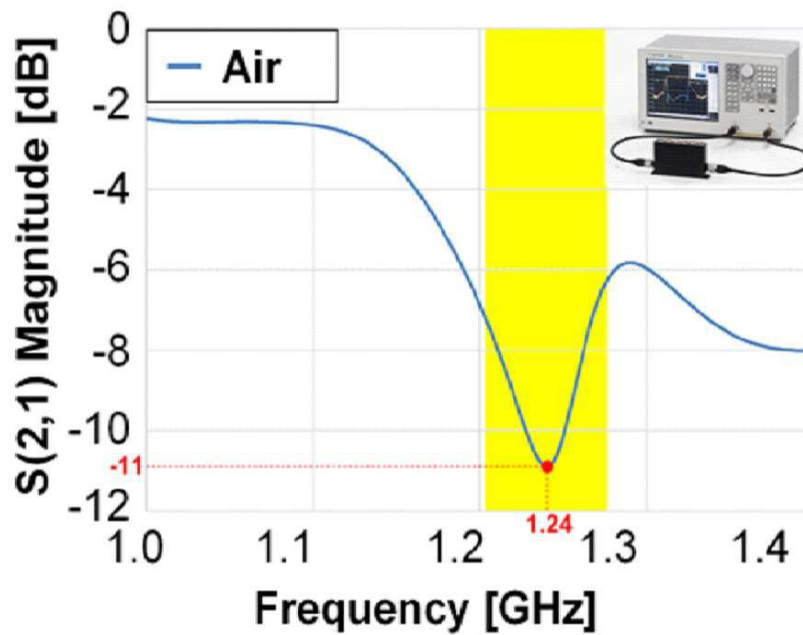


도면3

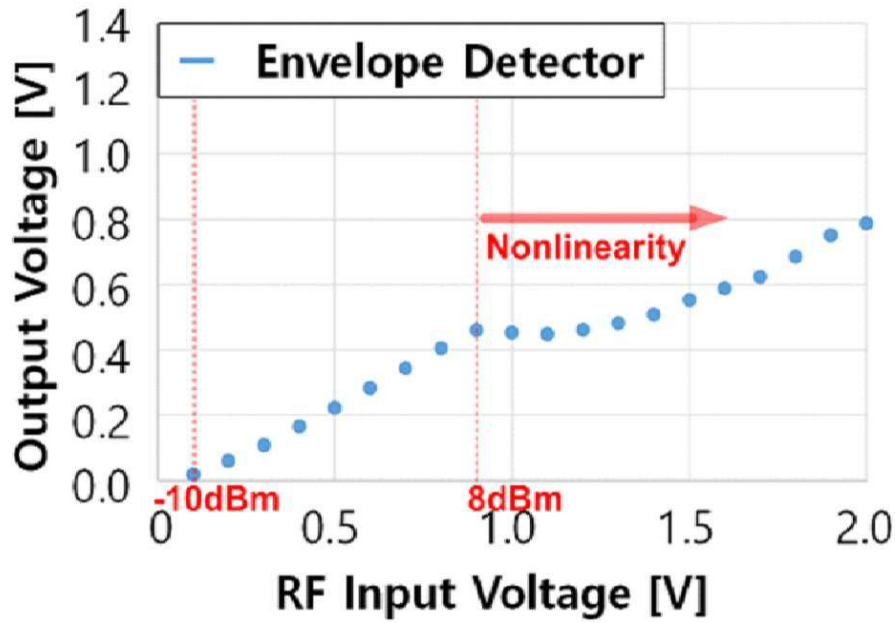
220



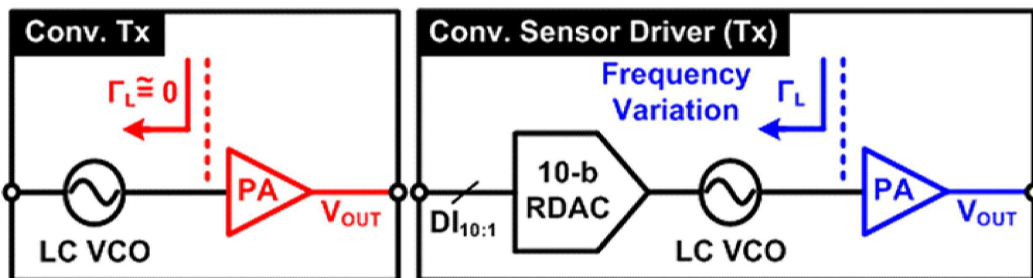
도면4



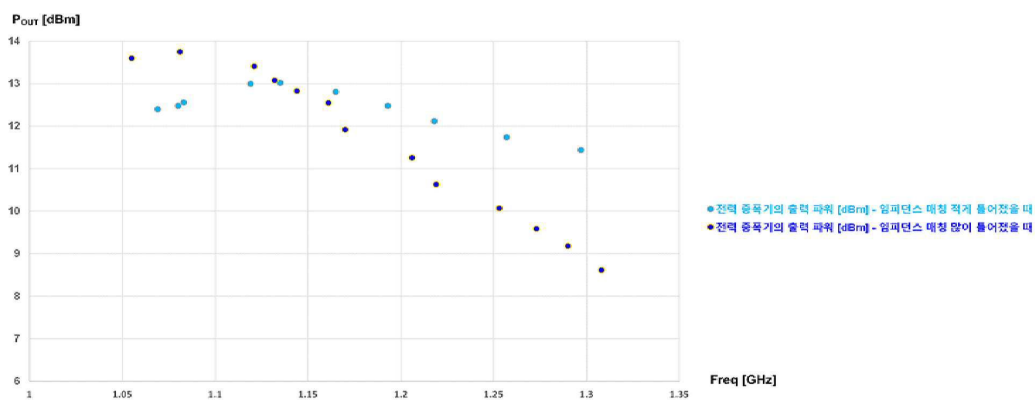
도면5



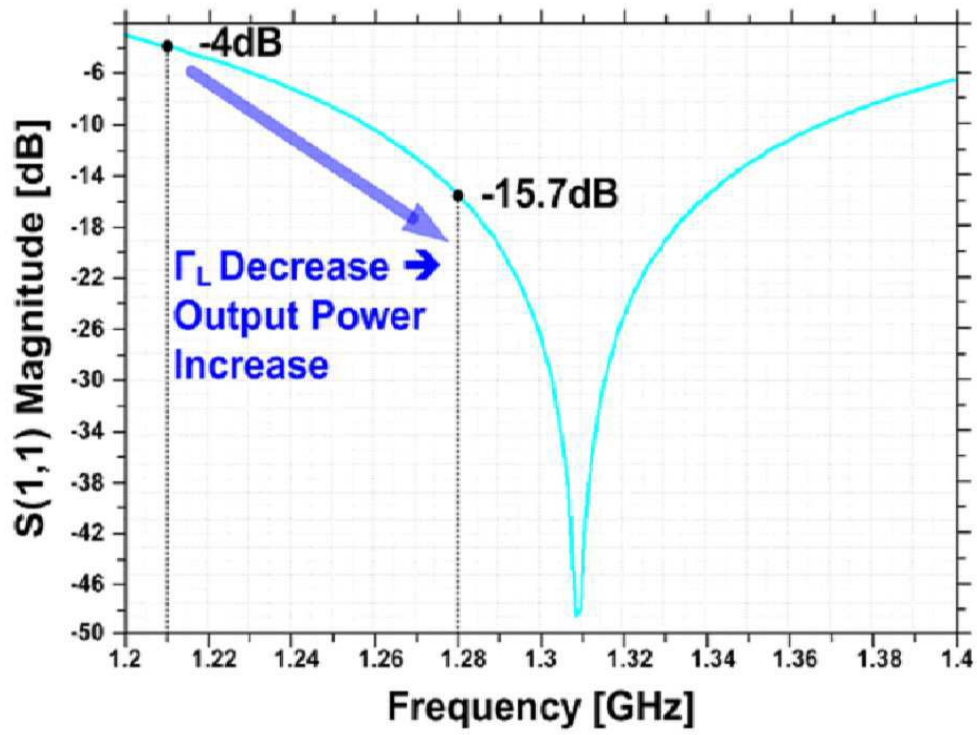
도면6



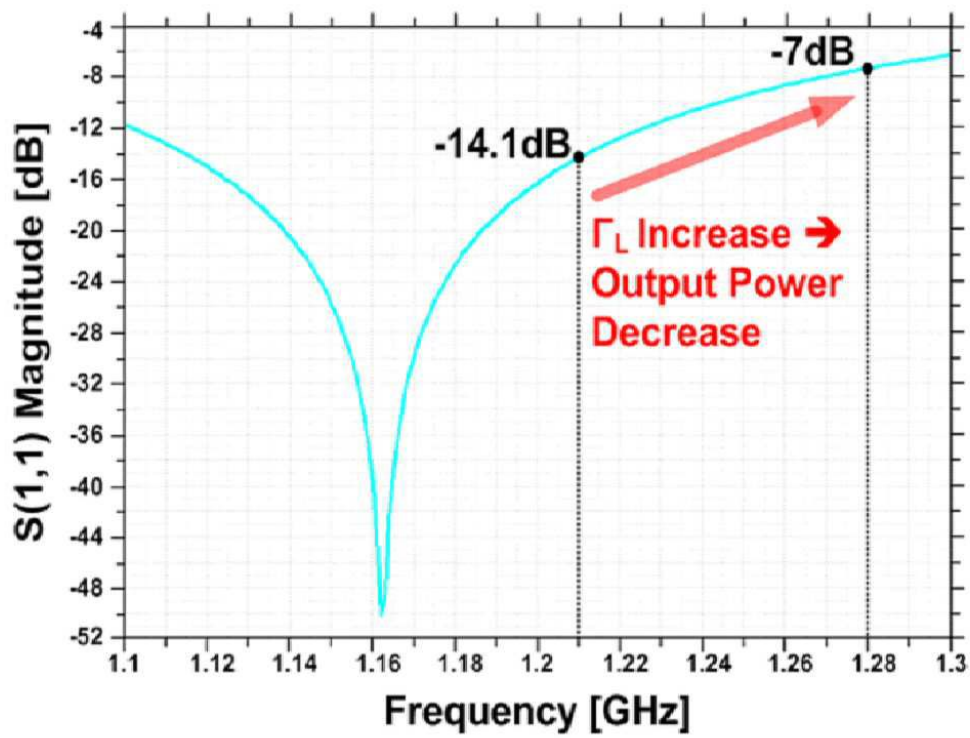
도면7



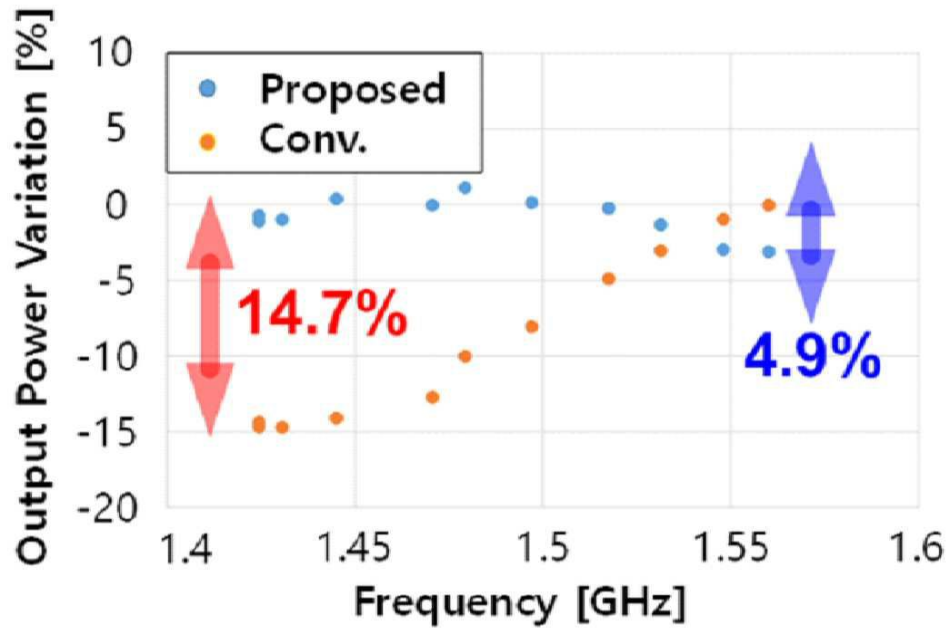
도면8



도면9

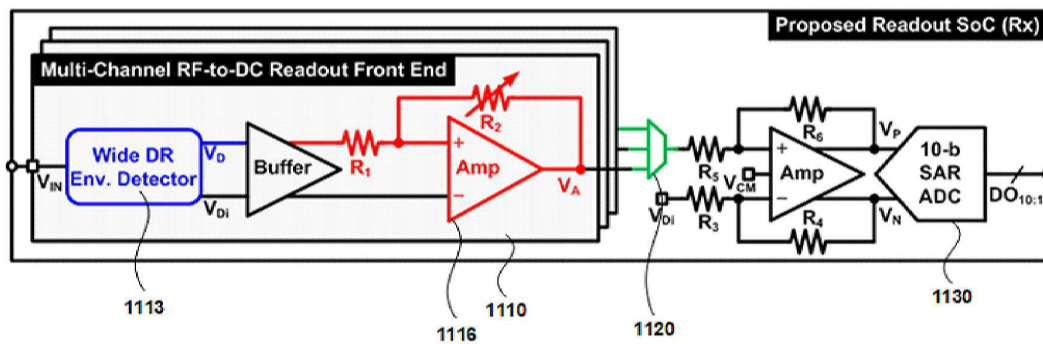


도면10

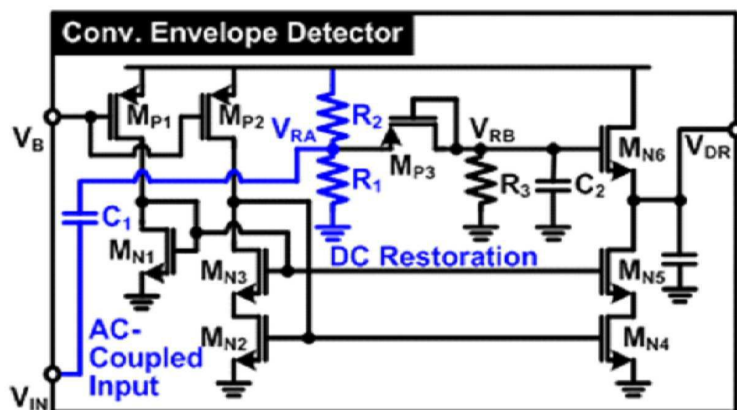


도면11

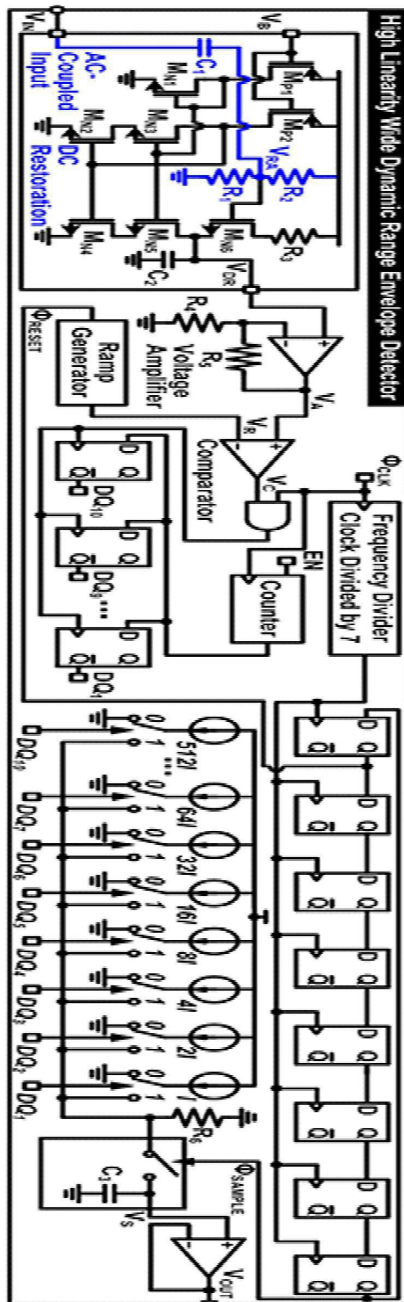
230



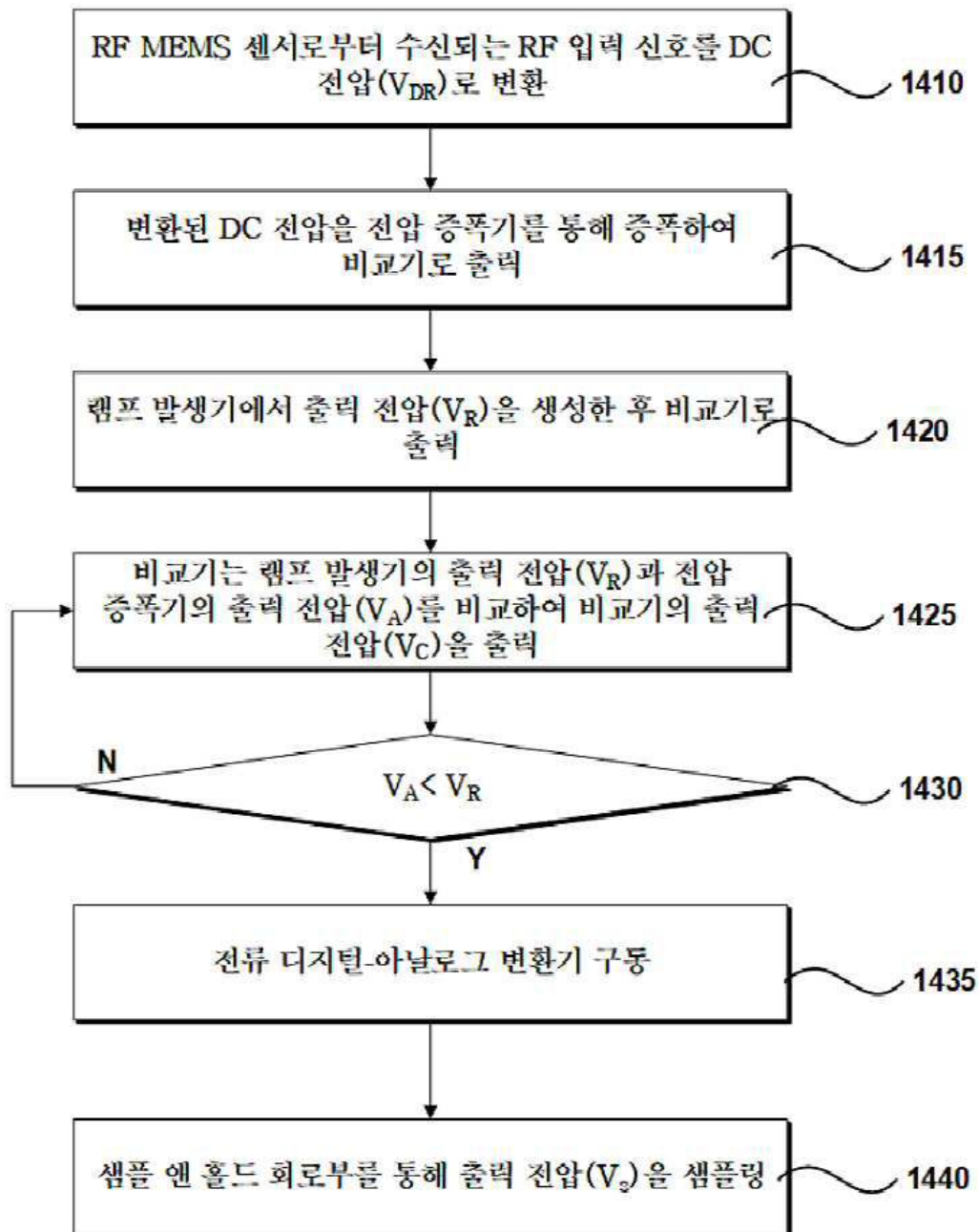
도면12



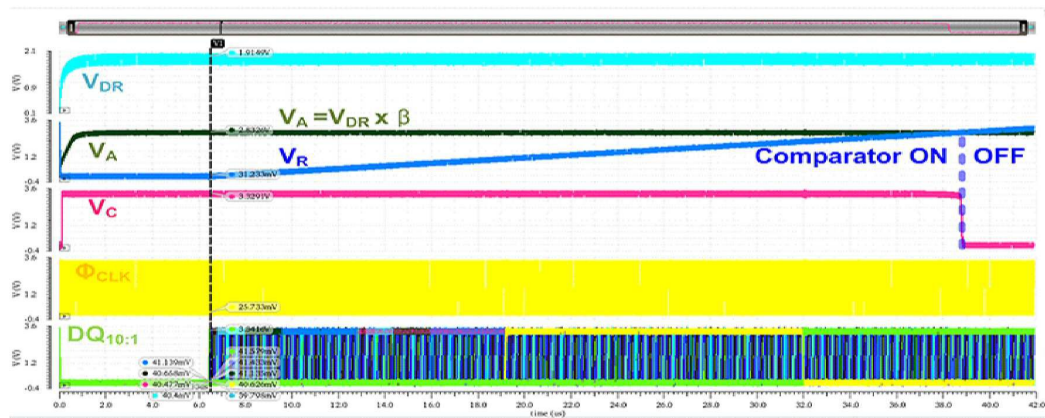
도면13



도면14



도면15



도면16

