(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0106660
(43) 공개일자 2024년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06V 20/80 (2022.01) *G06F 21/72* (2013.01)
G06T 11/60 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06F 21/72 (2013.01)
G06T 11/60 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0189640
(22) 출원일자 2022년12월29일
심사청구일자 2022년12월29일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
나준희
세종특별자치시 보듬3로 74, 1208동 1003호
김기태
충청남도 서천군 비인면 비인로 195-2
(74) 대리인
이재명, 김태완

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법 및 이로 제작되는 광학적 PUF 기반 이미지**

(57) 요 약

본 발명의 일실시예는 물리적으로 교체하거나 추가 하드웨어 구성요소가 필요 없이도 구현될 수 있는 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법 및 이로 제조되는 광학적 PUF 기반 이미지를 제공한다. 여기서, 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법은 주름을 가지는 굴절률 이방성 소재를 마련하는 단계와, 굴절률 이방성 소재에 빛을 투과시키고, 굴절률 이방성 소재를 투과한 빛을 수광하여 주름에 대응되는 간섭 패턴을 가지는 기본 이미지를 획득하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711161813
과제번호	2021R1A4A1032762
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	멀티스케일 광제어 기초연구실
기 여 율	1/1
과제수행기관명	충남대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

주름을 가지는 굴절률 이방성 소재를 마련하는 마련단계; 및

상기 굴절률 이방성 소재에 빛을 투과시키고, 상기 굴절률 이방성 소재를 투과한 빛을 수광하여 상기 주름에 대응되는 간섭 패턴을 가지는 기본 이미지를 획득하는 기본 이미지 획득단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기본 이미지 획득단계에서,

상기 기본 이미지는 상기 굴절률 이방성 소재를 투과한 빛의 경로 상에 마련되는 교차 편광판을 통과한 빛을 수광하여 획득되는 것을 특징으로 하는 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 굴절률 이방성 소재는 배향 공정을 거치지 않은 액정인 것을 특징으로 하는 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기본 이미지의 상기 간섭 패턴이 알고리즘 필터링되어 생성되는 이진코드를 가지는 이진코드 이미지를 생성하는 이진코드 이미지 생성단계와,

상기 이진코드 이미지를 기초로 상기 기본 이미지의 무작위성, 유일성, 신뢰성, 안정성 및 강인성을 검증하는 기본 이미지 검증단계를 가지는 확인단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 하나의 항에 기재된 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법으로 제작되는 광학적 PUF 기반 이미지.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법 및 이로 제조되는 광학적 PUF 기반 이미지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 반도체 기반 PUF와 다른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법 및 이로 제조되는 광학적 PUF 기반 이미지에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 인터넷과 연결된 디지털 기술이 발전하고 있다. 사물 인터넷(IoT, Internet Of Things), 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 등과 같은 기술은 스마트폰, 스마트 카드 및 많은 유비쿼터스 전자기기와 가전 제품을 포함하는 복잡한 디지털 네트워크를 형성하고 있다. 결과적으로 삶과 관련된 많은 양의 디지털 정보가 매일 생성, 저장 및 전달되고 있다.

[0003] 하지만 이러한 디지털 정보는 높은 수준의 정보 보안 시스템이 마련되지 않는 한 보안에 취약하다. 정보 보안

시스템의 가장 중요한 측면 중 하나는 정보에 대한 접근을 원하는 단체 또는 개인의 인증이다. 이러한 인증 프로토콜은 일반적으로 지문과 같이 특별하고 복제할 수 없는 디지털 서명이다.

[0004] 최근 정보 보안 시스템의 대안으로 물리적 복제 방지 기술(PUF: Physical Unclonable Function, 이하 'PUF'라 한다)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0005] PUF는 반도체 칩의 제조공정 특성에 따라 자연스럽게 나타나는 각 반도체 칩의 예측하기 어려운 무작위한 디지털 값을 생성하는 시스템이다. 하드웨어적으로 예측 불가능한 값이 출력되므로 복제가 불가능하다. 이러한 특성을 활용하여 Arbiter-PUF, RO(Ring Oscillator)-PUF, LoopPUF, VIA PUF 등 많은 종류의 PUF에 대한 연구결과가 존재한다.

[0006] 그러나, 기존의 반도체 기반 PUF는 물리적으로 교체하거나 추가 하드웨어 구성요소가 필요한데, 이러한 필요 없이도 구현될 수 있는 PUF 기술이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2022-0000815호(2022.01.04. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 물리적으로 교체하거나 추가 하드웨어 구성요소가 필요 없이도 구현될 수 있는 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법 및 이로 제조되는 광학적 PUF 기반 이미지를 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예는 주름을 가지는 굴절률 이방성 소재를 마련하는 마련단계; 및 상기 굴절률 이방성 소재에 빛을 투과시키고, 상기 굴절률 이방성 소재를 투과한 빛을 수광하여 상기 주름에 대응되는 간섭 패턴을 가지는 기본 이미지를 획득하는 기본 이미지 획득단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법을 제공한다.

[0011] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 기본 이미지 획득단계에서, 상기 기본 이미지는 상기 굴절률 이방성 소재를 투과한 빛의 경로 상에 마련되는 교차 편광판을 통과한 빛을 수광하여 획득될 수 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 굴절률 이방성 소재는 배향 공정을 거치지 않은 액정일 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 기본 이미지의 상기 간섭 패턴이 알고리즘 필터링되어 생성되는 이진코드를 가지는 이진코드 이미지를 생성하는 이진코드 이미지 생성단계와, 상기 이진코드 이미지를 기초로 상기 기본 이미지의 무작위성, 유일성, 신뢰성, 안정성 및 강인성을 검증하는 기본 이미지 검증단계를 가지는 확인단계를 포함할 수 있다.

[0014] 한편, 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예는 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법으로 제작되는 광학적 PUF 기반 이미지를 제공한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 실시예에 따르면, 액정 분포의 무작위성과 액정의 광학적 효과를 활용하여 지문과 같은 특정 패턴 코드를 형성할 수 있는 광학적 PUF 기반 이미지를 제작할 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 기존의 반도체 기반 PUF와 달리 물리적으로 교체하거나 추가 하드웨어 구성

요소가 필요 없이 PUF 구성이 가능하다.

[0017] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 광학적 PUF 기반 이미지의 자유형 모양의 무작위한 방향의 주름은 물리적으로 복제할 수 없는 형태이다. 따라서, 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법으로 제조되는 광학적 PUF 기반 이미지는 더욱더 높은 보안 수준의 응용에서 간단한 인증 방법으로 위조 방지 기술에 적용될 수 있다.

[0018] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 기본 이미지를 나타낸 사진이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 확인단계를 나타낸 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 알고리즘 필터링을 통해 변환한 이진코드 이미지를 나타낸 것이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 이진코드의 각 축에 따른 엔트로피를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 이진코드의 intra- HD를 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 이진코드의 inter-HD를 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 이진코드의 상관계수를 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 컬러 이미지 획득단계에서 획득되는 컬러 이미지를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0021] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0022] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0023] 그리고, 이 방법은 명확성을 위해 일련의 번호가 붙여진 단계로 묘사되어 있지만 번호 순서가 각 단계의 순서를 지정하는 것은 아니다. 이들 단계 중 일부는 스킵되거나, 병렬로 수행되거나, 엄격히 전후 순서를 유지할 필요 없이 수행될 수 있다. 그러나, 일반적으로 이 방법은 표시된 단계의 번호 순서에 따라 진행된다.

[0024] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법을 나타낸 흐름도이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 기본 이미지를 나타낸 사진이다.

[0026] 도 1 및 도 2에서 보는 바와 같이, 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법은 마련단계(S110) 및 기본 이미지 획득단계(S120)를 포함할 수 있다.

[0027] 마련단계(S110)는 주름을 가지는 굴절률 이방성 소재를 마련하는 단계일 수 있다.

[0028] 여기서, 굴절률 이방성 소재는 배향 공정을 거치지 않은 액정이거나, 또는 배향 공정을 거치지 않은 액정성 고분자일 수 있다.

[0029] 굴절률 이방성 소재는 주름을 가질 수 있으며, 광학적 비등방성을 가질 수 있다. 주름은 굴절률 이방성 소재가 경화되어 형성될 수 있다.

[0030] 기본 이미지 획득단계(S120)는 굴절률 이방성 소재에 빛을 투과시키고, 굴절률 이방성 소재를 투과한 빛을 수광하여 주름에 대응되는 간섭 패턴(210)을 가지는 기본 이미지(200)를 획득할 수 있다.

[0031] 기본 이미지(200)의 간섭 패턴(210)은 굴절률 이방성 소재의 주름에 대응되게 형성되는데, 액정이 배향공정을 거치지 않았기 때문에, 주름의 형태는 무작위(Random)할 수 있으며, 따라서, 간섭 패턴(210)도 무작위할 수 있다.

[0032] 기본 이미지 획득단계(S120)에서, 기본 이미지(200)는 굴절률 이방성 소재를 투과한 빛의 경로 상에 마련되는 교차 편광판을 통과한 빛을 수광하여 획득될 수 있다.

[0033] 즉, 빛의 투과율은 액정의 방향에 따라 결정될 수 있기 때문에, 간섭 패턴(210)은 교차 편광판 사이에서 빛의 밝기가 무작위함에 기인하여 형성될 수 있다.

[0034] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 확인단계를 나타낸 흐름도이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 알고리즘 필터링을 통해 변환한 이진코드 이미지를 나타낸 것이다.

[0035] 도 3 및 도 4에서 보는 바와 같이, 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법은 이진코드 이미지 생성단계(S140)와 기본 이미지 검증단계(S150)를 가지는 확인단계를 포함할 수 있다.

[0036] 이진코드 이미지 생성단계(S140)는 기본 이미지(200)의 간섭 패턴(210)이 알고리즘 필터링되어 생성되는 이진코드를 가지는 이진코드 이미지(300)를 생성하는 단계일 수 있다.

[0037] 예를 들면, 도 4의 (a)에서와 같이 기본 이미지(200)를 3×3 픽셀로 나누고, 이 9개의 기본 이미지로부터 각각 대응되는 이진코드 이미지(300)를 생성할 수 있다.

[0038] 도 4에서는 9개의 기본 이미지를 예로 설명하였으나, 나뉘는 기본 이미지의 개수는 특정하게 한정되지는 않는다.

[0039] 이진코드 이미지(300)의 이진코드는 "0", "1"로 설정될 수 있다. 이진코드는 도 4의 (b)에서와 같이 액정의 주름을 닮은 자연스러운 형태뿐만 아니라, 사각 픽셀로 단순화된 형태로 좀 더 단순화되어 생성될 수 있다.

[0040] 기본 이미지 검증단계(S150)는 이진코드 이미지(300)를 기초로 기본 이미지(200)의 무작위성, 유일성, 신뢰성, 안정성 및 강인성을 검증하는 단계일 수 있다. 기본 이미지 검증단계(S150)를 통해 기본 이미지(200)의 무작위성, 유일성, 신뢰성, 안정성 및 강인성이 검증된다면, 기본 이미지(200)는 높은 보안 수준에서 위조 방지 기술에 적용될 수 있을 것이다.

[0041] 이하에서는 기본 이미지 검증단계(S150)에 대해서 설명한다.

[0042] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 이진코드의 각 축에 따른 엔트로피를 나타낸 그래프이다.

[0043] 도 5를 더 포함하여 보는 바와 같이, 기본 이미지 검증단계(S150)에서, 이진코드 이미지를 기조로 이진코드의 행과 열을 따라 엔트로피(Entropy)를 측정하고, 행의 축을 따르는 엔트로피가 0.9793±0.03이고, 열의 축을 따르는 엔트로피는 0.9806±0.02이면, 무작위성이 있다고 판정될 수 있다.

[0044] 구체적으로, 간섭 패턴에 따른 이진코드의 무작위성을 확인하기 위해, 엔트로피(Entropy)가 측정되었다.

[0045] 엔트로피 측정을 위해 사용되는 이진코드 이미지는 250픽셀×250 픽셀로 총 62,500개의 비트(Bit)로 구성되었다.

[0046] 그리고, 표준 방정식을 사용하여 이진코드의 행(X축)과 열(Y축)을 따라 엔트로피(Ex,y)를 측정하였다. 여기서, Ex,y는 각 축을 따라 "1"로 설정될 확률로 정의된다.

[0047] 각각의 평균 엔트로피는 x축을 따라 0.9793±0.03으로 측정되었고(도 5의 (a) 참조), y축을 따라 0.9806±0.02로 측정되었다(도 5의 (b) 참조). 이는 완전 무작위성에 가까운 1의 값에 근접하므로 이진코드는 무작위성이 있음을 확인할 수 있다.

[0048] 그리고, 기본 이미지 검증단계(S150)에서, 하나의 이진코드 이미지를 복수 회 측정하여 계산되는 내부 해밍 거리(intra-HD(Hamming Distance), 이하 'intra-HD'라 한다)가 0.0324±0.01이고, 서로 다른 이진코드 이미지를 복수 회 측정하여 계산되는 상호 해밍 거리(inter-HD, 이하 'inter-HD'라 한다)가 0.4964±0.01이면, 유일성과 신뢰성이 있다고 판정될 수 있다.

[0049] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 이진코드의 intra- HD를 나타낸 그래프이고, 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 이진코드의 inter-HD를 나타낸 그래프이다.

[0050] 여기서, 도 6의 (a)는 intra-HD를 나타낸 것이고, 도 6의 (b)는 도 6의 (a)에 대한 분포를 나타낸 것이다. 그리고, 도 7의 (a)는 inter-HD를 나타낸 것이고, 도 7의 (b)는 도 7의 (a)에 대한 분포를 나타낸 것이다.

[0051] 도 6 및 도 7을 더 포함하여 보는 바와 같이, 유일성과 신뢰성을 확인하기 위하여 해밍 거리(HD, 이하 'HD'라 한다)를 측정하였다. HD는 해당 비트 위치에서 동일하지 않은 비트의 수로 정의되는 유사성의 척도이다.

[0052] 예를 들어, A의 이진코드가 101011이고, B의 이진코드가 110010이면, HD는 3이 된다.

[0053] 250픽셀×250 픽셀의 이진코드 이미지에서, 최대 HD는 62500 이 되며, 31250에 가까울수록 유일성(Uniqueness)를 가진다.

[0054] 같은 샘플의 간섭 패턴으로 여러 번 측정하여 계산하는 intra-HD의 값은 이상적으로 0이 나와야 한다.

[0055] 이를 위해, 하나의 이진코드 이미지를 복수 회 측정하였다. 구체적으로, 1개의 이진코드 이미지를 사용하여 120개의 응답(Response) intra-HD를 측정하였다. 이 결과, intra-HD는 0.0324 였다(도 6 참조).

[0056] 그리고, 다른 샘플의 간섭 패턴으로 여러 번 측정하여 계산하는 상호 해밍 거리(inter-HD)의 값은 이상적으로 0.5가 나와야 한다.

[0057] 이를 위해, 서로 다른 이진코드 이미지를 복수 회 측정하였다. 구체적으로, 서로 다른 120개의 이진코드 이미지를 사용하여 inter-HD를 측정하였다. 이 결과, inter-HD는 0.4964 였다(도 7 참조).

[0058] 즉, 측정 결과 intra-HD는 0.0324로서 이상적인 값인 0에 근접하고, inter-HD는 0.4964로 이상적인 값인 0.5에 근접하므로 이진코드는 유일성과 신뢰성이 있음을 확인하였다.

[0059] 그리고, 기본 이미지 검증단계(S150)에서, 서로 다른 이진코드 이미지를 측정하여 계산되는 상관계수(inter-CC)가 0.0341±0.01이고, 동일한 환경 조건에서 기본 이미지 획득단계를 복수 회 진행하여 획득되는 복수 개의 기본 이미지 별로 생성되는 이진코드 이미지를 측정하여 계산되는 상관계수(intra-CC)가 0.9868±0.01이면, 안정성 및 강인성이 있다고 판정될 수 있다.

[0060] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 이진코드의 상관계수를 나타낸 그래프이다. 여기서, 도 8의 (a)는 inter-CC를 나타낸 것이고, 도 8의 (b)는 intra-CC를 나타낸 것이다.

[0061] 도 8을 더 포함하여 보는 바와 같이, 안정성과 강인성을 확인하기 위하여 각 패턴 간의 상관계수(Correlation coefficient)를 측정하였다. 각 이진코드 이미지는 지문과 같이 고유한 패턴을 가지고 있어야 하기 때문에 서로 간의 상관계수는 이상적으로 0이 나와야 한다.

[0062] 이를 위해, 120개의 서로 다른 이진코드 이미지를 마련하고, 이를 측정하였을 때 상관계수(inter-CC)는 0.0341 이었다. 즉, 120개의 이진코드 이미지는 평균적으로 3% 정도가 비슷한 것으로 나왔다(도 8의 (a) 참조).

[0063] 한편, 기본 이미지는 측정할 때의 온도, 습도, 밝기 등 환경에 매우 민감하기 때문에 나오는 값이 조금 다를 수 있다.

[0064] 따라서, 하나의 액정을 대상으로 기본 이미지 획득단계를 동일한 환경 조건에서 120회 진행하여 120개의 이진코드 이미지를 얻고, 120개의 이진코드 이미지를 측정하였을 때, 상관계수(intra-CC)는 0.9868이었다. 즉, 하나의

액정을 대상으로 동일한 환경 조건에서 획득된 120개의 이진코드 이미지는 평균적으로 98% 비슷한 것으로 나왔다(도 8의 (b) 참조).

[0065] 즉, 측정 결과 inter-CC는 0.0341로서 서로 다른 이진코드 이미지가 비슷한 확률은 평균 3% 정도였고, intra-CC는 0.9868로서 동일한 액정으로부터 획득된 복수 개의 이진코드 이미지는 서로 98%가 비슷하여, 이진코드는 안정성 및 강인성이 있음을 확인하였다.

[0066] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에서 컬러 이미지 획득단계에서 획득되는 컬러 이미지를 나타낸 것이다. 도 9의 (a)는 교차 편광판 및 파장판을 통과한 빛을 수광하여 획득된 컬러 이미지이고, 도 9의 (b), (c) 및 (d)는 컬러 이미지에서 레드(Red), 그린(Green) 및 블루(Blue)로 분리한 분리 이미지이며, 도 9의 (b'), (c') 및 (d')는 각 컬러별 분리 이미지 (b), (c) 및 (d)의 이진코드 이미지이다.

[0067] 도 1 및 도 9를 참조하면, 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법은 컬러 이미지 획득단계(S130)와, 분리 이미지 생성단계(S131)를 포함할 수 있다.

[0068] 컬러 이미지 획득단계(S130)는 굴절률 이방성 소재를 투과한 빛의 경로 상에 교차 편광판과 함께 파장판을 더 마련하고, 교차 편광판과 파장판을 통과한 빛을 수광하여 주름에 대응되는 간섭 패턴을 가지는 컬러 이미지(200a)를 획득하는 단계일 수 있다.

[0069] 여기서, 파장판은 람다 플레이트일 수 있다.

[0070] 액정은 액정의 방향에 따라 교차 편광판 사이에서 투과되는 빛의 밝기가 다를 수 있으며, 여기에 람다 플레이트를 추가로 삽입하게 되면 액정 분자의 방향에 따라 빨간색과 파란색 사이의 간섭 색상을 확인할 수 있다. 마찬가지로 액정을 람다 플레이트가 삽입된 교차 편광판 사이에서 관측을 하게 되면 액정 분자의 방향에 따라 다양한 색이 나오게 된다.

[0071] 분리 이미지 생성단계(S131)는 컬러 이미지(200a)를 각 컬러별로 분리하여 복수 개의 분리 이미지(201,202,203)를 생성하는 단계일 수 있다.

[0072] 분리 이미지 생성단계(S131)에서는 컬러 이미지의 간섭 패턴을 컴퓨터 알고리즘을 통해 각각 RGB 값을 가지는 패턴으로 하는 분리 이미지(201,202,203)를 생성할 수 있다.

[0073] 각 분리 이미지(201,202,203)는 서로 다른 간섭 패턴을 가질 수 있고, 또한, 서로 다른 컬러를 가지기 때문에, 각 분리 이미지(201,202,203)의 이진코드 이미지(301,302,303)를 사용하게 되면, 더욱 많은 광학적 PUF 기반 이미지를 얻을 수 있게 된다.

[0074] 그리고, 각각의 분리 이미지(201,202,203)의 이진코드에 각각 다른 정보를 삽입할 수 있다. 즉, 특정 파장필터를 활용하여 1개의 컬러 이미지에 3개의 정보를 삽입할 수도 있다. 예를 들면, 레드 컬러의 분리 이미지에는 생산자 정보를 삽입하고, 그린 컬러의 분리 이미지에는 생산일 정보를 삽입하고, 블루 컬러의 분리 이미지에는 생산장소 정보를 삽입하는 등의 실시가 가능하다.

[0075] 이처럼, 본 발명은 액정 분포의 무작위성과 액정의 광학적 효과를 활용하여 지문과 같은 특정 패턴 코드를 형성할 수 있는 광학적 PUF 기반 이미지를 제작할 수 있다.

[0076] 본 발명에 따른 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법에 의하면, 기존의 반도체 기반 PUF와 달리 물리적으로 교체하거나 추가 하드웨어 구성요소가 필요 없이 PUF 구성이 가능하다.

[0077] 또한, 본 발명에 따르면, 광학적 PUF 기반 이미지의 자유형 모양의 무작위한 방향의 주름은 물리적으로 복제할 수 없는 형태이다. 따라서, 광학적 PUF 기반 이미지 제작 방법으로 제조되는 광학적 PUF 기반 이미지는 더욱더 높은 보안 수준의 응용에서 간단한 인증 방법으로 위조 방지 기술에 적용될 수 있다.

[0078] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0079] 본 발명의 범위는 후술하는 청구범위에 의하여 나타내어지며, 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0080] 200: 기본 이미지

200a: 컬러 이미지

210: 간섭 패턴

300,301,302,303: 이진코드 이미지

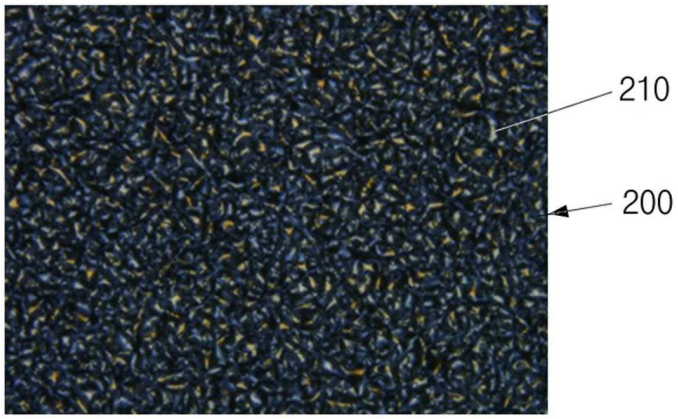
201,202,203: 분리 이미지

도면

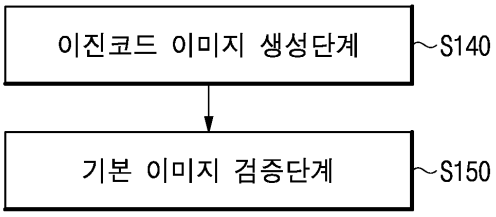
도면1



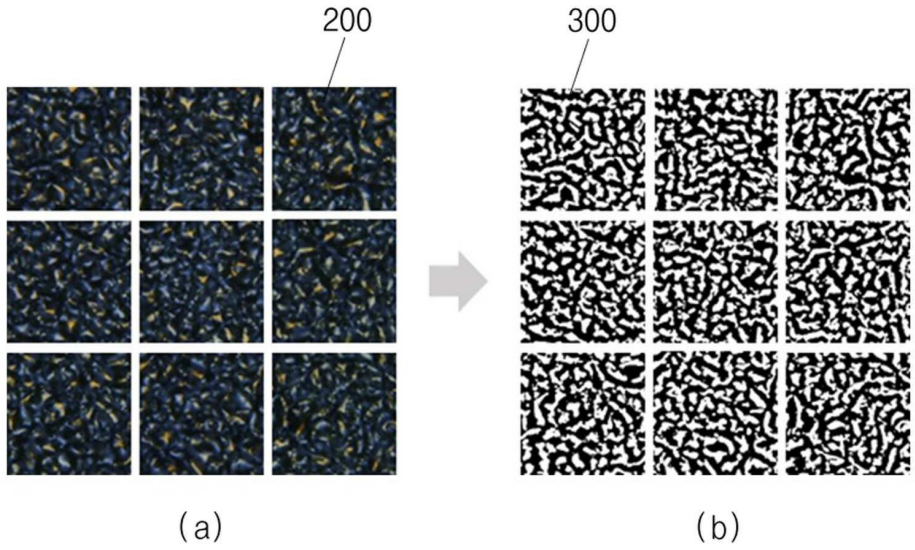
도면2



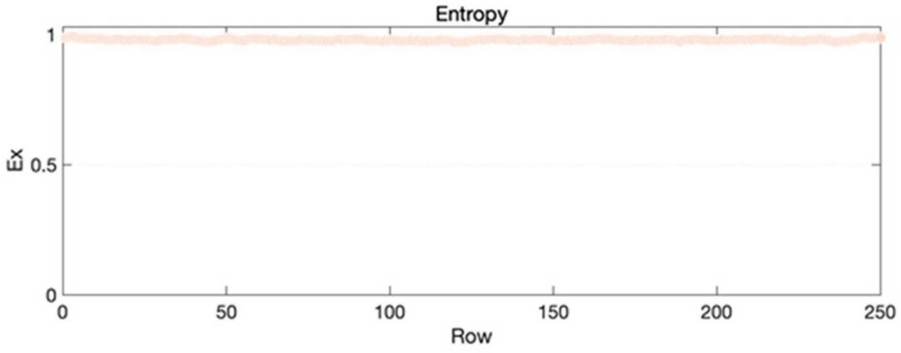
도면3



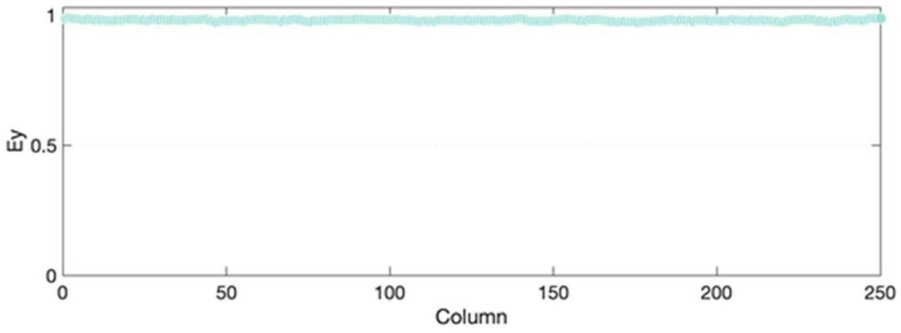
도면4



도면5

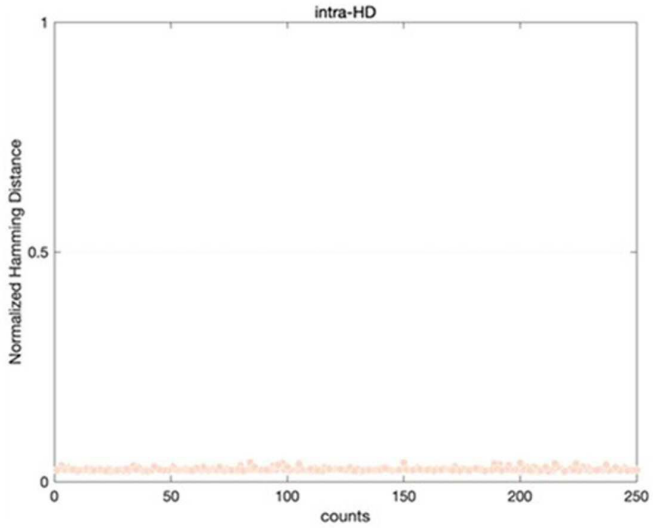

Entropy
Ex
1
0.5
0
0
50
100
150
200
250
Row

(a)

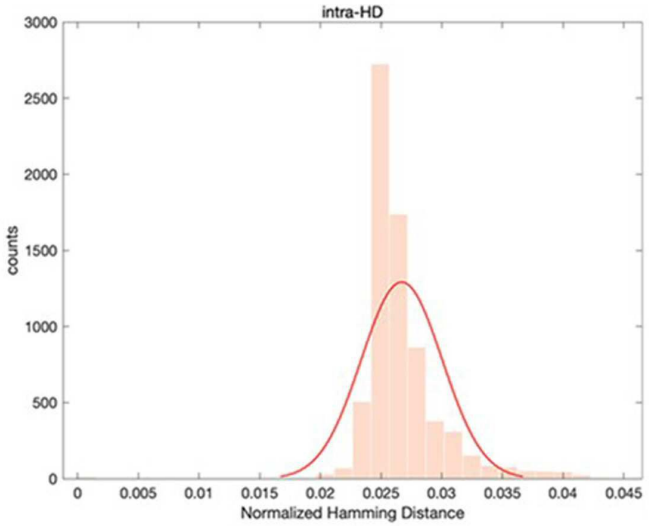

Ey
1
0.5
0
0
50
100
150
200
250
Column

(b)

도면6

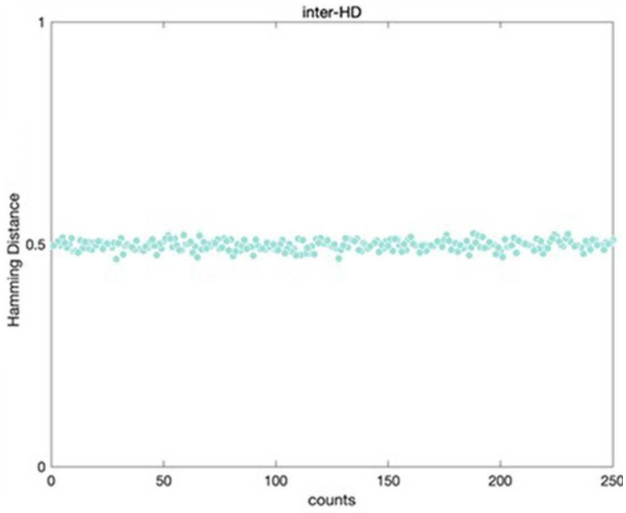

intra-HD
Normalized Hamming Distance
counts
0
0.5
1
0
50
100
150
200
250

(a)

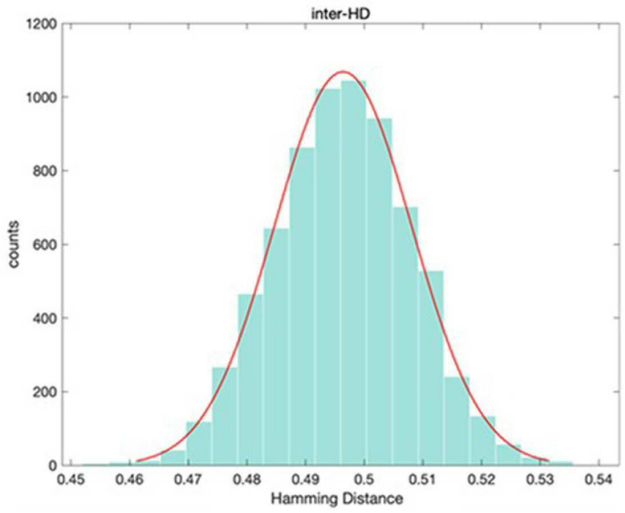

intra-HD
counts
Normalized Hamming Distance
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
0.03
0.035
0.04
0.045

(b)

도면7

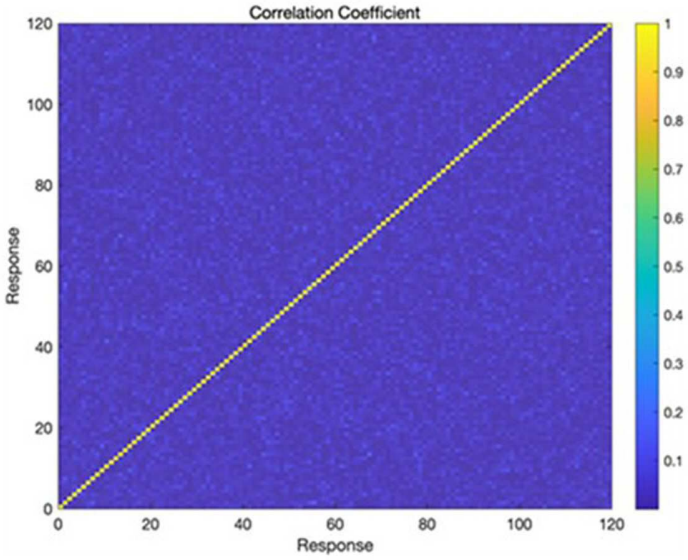

inter-HD
Hamming Distance
counts
1
0.5
0
0
50
100
150
200
250

(a)

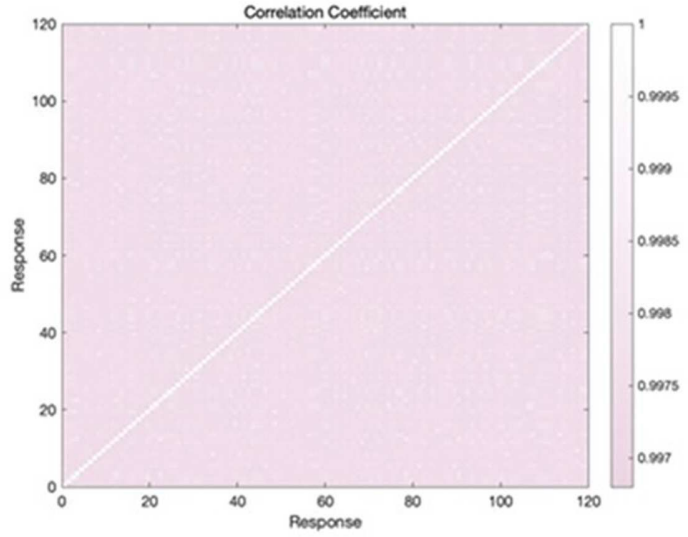

inter-HD
counts
Hamming Distance
1200
1000
800
600
400
200
0
0.45
0.46
0.47
0.48
0.49
0.5
0.51
0.52
0.53
0.54

(b)

도면8

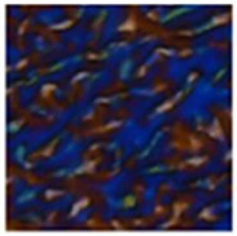

Correlation Coefficient
Response
Response
120
100
80
60
40
20
0
0
20
40
60
80
100
120
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1

(a)

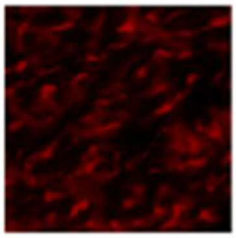

Correlation Coefficient
Response
Response
120
100
80
60
40
20
0
0
20
40
60
80
100
120
1
0.9995
0.999
0.9985
0.998
0.9975
0.997

(b)

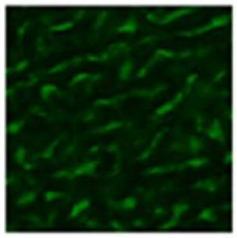
도면9



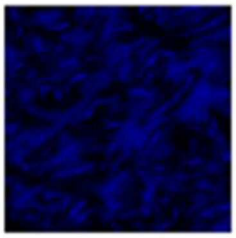
(a)



(b)



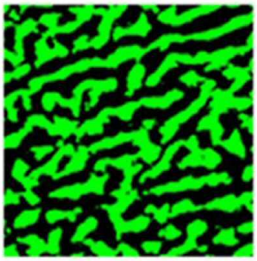
(c)



(d)



(b′)



(c′)



(d′)