



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년11월27일
(11) 등록번호 10-0870214
(24) 등록일자 2008년11월18일

(51) Int. Cl.

G02B 3/00 (2006.01) G02B 21/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2004-7007230

(22) 출원일자 2004년05월12일

심사청구일자 2006년03월24일

번역문제출일자 2004년05월12일

(65) 공개번호 10-2004-0075862

(43) 공개일자 2004년08월30일

(86) 국제출원번호 PCT/US2002/039538

국제출원일자 2002년12월11일

(87) 국제공개번호 WO 2003/062864

국제공개일자 2003년07월31일

(30) 우선권주장

10/052,011 2002년01월16일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

EP00977192 A1

JP05189796 A*

WO1997041556 A2

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

디씨지 시스템스 인코포레이티드

미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 노스포트 루프
이스트 45900

(72) 발명자

내더팩다맨

미국 95300 캘리포니아주 로스 카토스 유니트 13
빌라 스트리트 167

비컬즈제임스에스

미국 95125 캘리포니아주 샌호세 코스라인 애버뉴
2002

(74) 대리인

특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 8 항

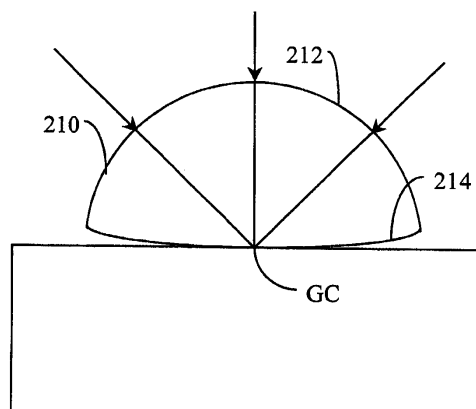
심사관 : 경천수

(54) 양면-볼록 고체 침지 렌즈

(57) 요약

양면-볼록 고체 침지 렌즈가 개시되어 있다. 평편한 하부 표면을 갖는 종래의 평판-볼록 고체 침지 렌즈와는 다르게, 개시한 렌즈는 볼록 하부 표면을 갖는다. 하부 표면의 곡률 반경은 검사될 물체의 곡률 반경 보다 더 작다. 이러한 구조는 검사되는 특징의 더욱 정확한 위치 결정을 가능하게 하고, 침지 렌즈와 검사되는 물체 사이의 광의 연결을 강화시킨다. 개시한 렌즈는 반도체 디바이스, 및 특히, 플립-칩 (또는 칩 스케일) 패키징화된 디바이스의 검사를 위한 현미경에서의 사용에 특히 유용하다. 또한, 침지 렌즈는 광학 메모리 매체의 판독 또는 판독/기록 헤드에 포함될 수 있다.

대표도 - 도2a



특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

양면-볼록 고체 침지 렌즈(SIL; Solid Immersion Lens)로서,

제 1 곡률 반경을 갖는 상부 볼록 표면;

상기 제 1 곡률 반경보다 큰 제 2 곡률 반경을 갖는 하부 볼록 표면; 및

상기 SIL 의 주위에 베벨 에지 (beveled edge) 를 포함하는, 양면-볼록 고체 침지 렌즈.

청구항 34

제 33 항에 있어서,

상기 하부 볼록 표면은 상기 상부 볼록 표면의 방사상 기하 중심을 통과하는, 양면-볼록 고체 침지 렌즈.

청구항 35

제 33 항에 있어서,

상기 하부 볼록 표면은 상기 상부 볼록 표면의 방사상 기하 중심의 위를 통과하는, 양면-볼록 고체 침지 렌즈.

청구항 36

제 33 항에 있어서,

상기 하부 볼록 표면은 상기 상부 볼록 표면의 방사상 기하 중심의 아래를 통과하는, 양면-볼록 고체 침지 렌즈.

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

제 1 곡률 반경을 갖는 상부 볼록 표면;

상기 제 1 곡률 반경보다 큰 제 2 곡률 반경을 갖는 하부 볼록 표면; 및

상기 상부 볼록 표면과 상기 하부 볼록 표면을 접속시키는 경사 원뿔형 에지를 포함하며,

상기 하부 볼록 표면은 미세한 표면파를 포획하는, 양면-볼록 고체 침지 렌즈.

청구항 42

제 41 항에 있어서,

상기 하부 볼록 표면은 상기 상부 볼록 표면의 방사상 기하 중심을 통과하는, 양면-볼록 고체 침지 렌즈.

청구항 43

제 41 항에 있어서,

상기 하부 블록 표면은 상기 상부 블록 표면의 방사상 기하 중심의 위를 통과하는, 양면-블록 고체 침지 렌즈.

청구항 44

제 41 항에 있어서,

상기 하부 블록 표면은 상기 상부 블록 표면의 방사상 기하 중심의 아래를 통과하는, 양면-블록 고체 침지 렌즈.

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

명 세 서

<1> 발명의 배경

<2> 1. 발명의 분야

<3> 본 발명은 고체 침지 (imersion) 렌즈에 관한 것으로, 광학 이미징 및 수광 시스템의 공간 분해능 및 수광 효율을 증가시키고 최적화시키기 위한 고체 침지 렌즈에 관한 것이다.

<4> 2. 관련 설명

<5> 광학 공간 분해능은 근접하게 위치한 구조물을 명확하게 구별하는 이미징 시스템의 능력으로서 정의된다.

광학 분해능은 광학 도량형, 리소그래피 및 천문학과 같은 애플리케이션에서 물체를 이미지하는 사람들에게 특히 중요하다.

<6> 이상적인 세계에서, 광학 이미징 소자는 광최대량이 조사중인 물체상에 포커싱 및/또는 물체로부터 수광될 수 있는 무한의 크기를 가질 수 있다. 광학 소자의 제한된 개구 (aperture) 와 결합된 광의 파 성질은 회절을 초래하고, 즉, 불연속점으로부터 분산하고 광과 재결합하면서 광의 간섭이 광학 소자의 다른 영역으로부터 전달된다.

<7> 실제 광학 소자는 제한된 크기를 갖고, 광파는 이들 소자를 통해 이동하고 이들 소자의 개구로부터 재결합하면서 회절한다. 실제 광학 시스템에서 공간 분해능은 다른 요인들 중에서도, 유한 개구, 시계 및 재료 특성을 갖는 광학 소자의 수차 (aberration) 에 의해 불리한 영향을 받는다.

<8> 광학 시스템의 성능을 최적화시키도록 추정되고 보상될 필요가 있는 많은 소자가 있다. 이상적으로, 광학 소자는 광의 상이한 파장 (컬러) 에 영향을 받지 않아서, 색수차에 의해 분해능 및 광학 성능에 영향을 미치지 않는다. 또한, 이상적으로, 이들 소자는 축으로부터 전달되고 포커싱된 광파는 대조적으로 축 (근축) 에 근접한 영역에 전달되고 포커싱된 광 사이에서 영향을 받지 않는다. 방사적 대칭 소자에 대한 이러한 변동은 구면 수차라 불린다. 이들 수차, 그 밖의 것 중에서도, 분류, 및 광학 이미징 시스템을 적절하게 보상 및 최적화하기 위한 방법을 리뷰하기 위해, 독자는 광학에 대한 고전 텍스트를 참조할 수도 있다.

<9> 이하에서, 샘플을 통해 재료에 포함된 물체 및 구조물을 이미지하기 위해 최소의 수차 보정을 갖는 고분해능 이미징의 분해능 능력을 강화 및 증가시키기 위해 사용하는 광학 소자 및 방법을 설명한다.

<10> 수차가 적절하게 다루어지고 최소화되는 가장 최적으로 설계된 광학 시스템이라도, 궁극적인 제한은 회절을 초래하는 시스템의 유한 개구 크기이다. 따라서, 회절-제한된 (회절에 의해서만 제한된 분해능) 광학 시스템에 주의를 집중한다. 다양한 분석 표현이 광학 이미징 시스템의 회절-제한 시스템에서 공간 분해능을 정의하기 위해 개발되었다. 이들 공식 및 표현 모두는 샘플에 연결 및 샘플로부터 수광하기 위한 이미징 시스템의 능력 및 조명 광의 기본 특성에 관한 것이다. 예를 들어, 분해능에 대한 분석 표현을 사용하는 일 방법은 반-원주 θ_0 (도 10a) 내에서 포커싱하고 수광할 수 있는 렌즈로 주기 T의 격자를 분해하는 광학 시스템의 횡 공간 분해능을 정의하는 것이다.

<11> (1)
$$T = \alpha \lambda_0 / (n * \sin \theta_0)$$

<12> 여기서, λ_0 는 진공에서 광의 파장이고 "n" 은 매질의 굴절률이다. (즉, $n_0=1$ 인 공기에 대해, $\lambda = \lambda_0$ 공기/진공에서의 광의 파장임. 굴절률 n의 매질에 대해, $\lambda = \lambda_0/n$ 임.) 비례 상수 (α) 는 다른 종종 사용되는 기준 중에서도, 분해능 기준에 의해 정의되고, 즉, 종종 사용되는 레일리 (Rayleigh) 분해능 기준에서 $\alpha = 0.61$ 이거나, 스페로 (Sparrow) 기준에 대해 $\alpha = 0.5$ 이다. 광의 최대 원주 반-각은,

<13> (2)
$$NA = n * \sin \theta_0$$

<14> 에 따른 렌즈의 개구 수 (NA) 에 관한 것이다.

<15> 따라서, 관계식,

<16> (3)
$$T = \alpha \lambda_0 / (NA)$$

<17> 을 얻는다.

<18> 따라서, 공간 분해능을 증가시키기 위한 노력은 NA를 증가시키거나 더 짧은 파장의 광을 사용하는데 집중되었다. NA는 상이한 조명원, 예를 들어, 레이저 광원 또는 더 짧은 파장용의 협-필터된 넓은 스펙트럼 광원을 사용함으로써 파장 감소를 달성하면서, 샘플에 포커싱 및 수광되고 샘플로부터 포커싱 및 수광되는 광의 입체 각 원주를 증가시키기 위해 대물렌즈를 적절하게 설계함으로써 증가될 수 있다.

<19> 조사 중에 구조물이 굴절로 인한 굴절률 (n_1) 을 갖는 재료에 포함되는 경우에, 재료 내부의 반-원주 각 (θ_1) 은 표현,

$$n_0 \sin(\theta_0) = n_1 \sin(\theta_1) \quad (\text{도 } 10b)$$

<20> (4)

<21> 에 의하여 공기중에서의 반-원주 각 (θ_0) (도 10b) 에 관한 것이다.

<22> 원주 각 (의 만곡) 이 n_0/n_1 의 계수 만큼 감소되더라도, 파장 또한 동일한 계수 만큼 감소된다. 따라서, NA 는 보존되고, 이미징 시스템의 효과적인 분해능은 변화되지 않는다. 그러나, 공기-매질 인터페이스에서 굴곡하는 오프 수직 입사 (축) 광선이 이미지 충실도 (fidelity) 및 전체 분해능을 차례로 감소시키는 구면 수차 및 축 코마 (coma) 를 도입한다.

<23> 또한, 임의의 이미징 시스템에서, 조사 중에 샘플에 연결 및 수광과 샘플로부터 연결 및 수광을 최대화하는 능력은 이미징 성능에 중요하다. 관심 영역으로부터 포커싱 및 수광된 더 많은 광이 더 큰 신호 (정보) 로 전환되기 때문이다. 관심 영역이 재료에 포함될 때, 샘플로부터 반사되고 임계각 ($\theta_c = \sin^{-1}(n_0/n_1)$) 의 외부에서 재료-공기 인터페이스에 입사되는 광은 샘플로 되반사되어 (전체 내부 반사) 수광되지 않는다.

<24> 요약하여, 이미징 시스템과 포함된 물체의 굴절률 사이의 차이가 더 클 수록, 포커스의 원추각은 더 작고 전체 내부 반사 (샘플로부터의 광 손실) 는 더 높다. 따라서, 렌즈포커싱 소자 (즉, 현미경 대물렌즈) 와 포함된 물체 사이의 굴절률에서의 불시 변화를 감소시키고 보상하는 것이 목적이다. 최적조건은 굴절률을 '매칭' 하는 것이다.

<25> 통상적으로, 분해능 및 수광에서의 이러한 감소를 보상하기 위해, 대물 렌즈와 샘플 사이의 공기 겹은 재료의 굴절률에 매칭하는 굴절률을 갖는 유체, '인덱스-매칭 유체'로 채워진다. 생물학적 연구를 위해 제조된 많은 현미경에서, 표본은 샘플의 굴절률에 근접한 (~1.5) 굴절률을 갖는 커버 글래스 아래에 있다. 커버 글래스와 포함된 표본 사이를 "브리지 (bridge)" 하기 위해 사용되는 인덱스-매칭 유체는 가능한 한 굴절률에 거의 매칭한다. 또한, 이러한 인덱스 매칭 설정에서의 대물 렌즈는 더 높은 인덱스 유체를 통해 이미지하도록 설계 및 최적화된다.

<26> 액체를 사용한 분해능의 강화는 사용되는 유체의 굴절률에 의해 제한된다. 실리콘의 굴절률은 거의 3.5인 반면에, 인덱스-매칭 유체의 굴절률은 거의 1.6이다. 렌즈와 물체 사이의 인터페이스가 제거되는 경우에, 광학의 NA는 투명 고체 재료의 더 높은 굴절률을 전체 이용할 수 있다. 예를 들어, 실리콘의 경우에, 굴절률은 거의 3.5이다. (굴절률 또는 사용 가능 및 구현 고려사항에 매칭하는 유체의 입수 가능성과 같은 이유로 인해) 재료의 굴절률 매칭이 불가능한 경우에, '매칭'은 고체 재료로 달성된다. 명백하게, 주요 '인덱스-매칭' 후보로는 연구중인 물체의 재료와 동일한 재료로 구성된 소자가 있다.

<27> (샘플로의 연결 및 수광과 샘플 외부로 연결 및 수광을 증가시키는) 고체 인덱스 매칭 및 유체 인덱스 매칭은 그 목적이 유사하지만, 전체 광학 시스템에 대한 구현 및 제약에는 중요한 차이점이 있다. 유체가 가단 (malleable) 할 수 있고 렌즈와 물체 사이의 겹을 쉽게 채우는 반면에, 고체 침지 소자는 이미징 시스템에 물리적으로 알맞고 이미징 시스템에 광학적으로 매칭하도록 설계되어야 한다. 평편한 샘플-공기 인터페이스 및 가장 큰 입체각 이상 연결하기 위한 목적 (및 광을 공간으로 더 확장하지 않기 위한 목적) 을 위해, 그 성질에 의한 통상의 고체 침지 광학 소자가 평편 (샘플에 대한 인터페이스) 하고 대칭 굴곡된 볼록 표면 (샘플로부터 이격된) 으로 설계된다. 이러한 굴곡된 표면은 실린더 (예를 들어, USP 4,625,114) 또는 구형 설계 (예를 들어, USP 4,634,234) 일 수 있고, 곡률 때문에 양의 포커싱 렌즈로서 작동하며, 이로 인해 고체 침지 렌즈 (SIL) 라 불린다. SIL은 많은 통상의 현미경 대물 렌즈에서 제 1 (샘플로부터 볼 때) 평판-볼록 포커싱/수광 소자와 유사하다. 액체 매칭이 광 연결 메커니즘인 반면에, 고체 침지는 추가로 고정된 포커싱 양태를 갖는다.

<28> 물론, 두 침지 기술들, 즉, 고체 침지 렌즈 및 인덱스 매칭 유체를 사용할 수도 있다. 상기 기술들의 사용이, 예를 들어, USP 3,524,694 호, 3,711,186 호, 및 3,912,378 호 및 Modern Optical Engineering, Warren J. Smith, McGraw-Hill, pp. 230-236, 1996에 개시되어 있다. 침지 렌즈의 더욱 최근의 논의는 USP 5,004,307 호, 5,208,648 호, 및 5,282,088 호에서 발견할 수 있다. 본 발명의 신규하고 바람직한 특징을 적절하게 이해하기 위해, 독자는 최근의 3개 특허, 및 Solid Immersion Microscopy, M. Mansfield, Stanford University Doctoral Thesis G.L. Report 4949, March 1992를 리뷰하는 것이 특히 권장된다.

<29> 종래 기술의 고체 침지 렌즈는 평판-볼록면이다. 즉, 하부 표면, 즉, 물체에 면한 표면은 평편한 반면, 상

부 표면, 즉, 대물 렌즈에 면한 표면은 볼록면이다. 도 1a-1c는 최근의 인용한 3개 특허에 대응하는 3개의 침지 렌즈를 도시한다. 도 1a-1c에서, 이미지될 물체는 100으로서 간주된다. 도 1a 및 1b는 수직 입사 반구 (hemisphere) 라 볼릴 수 있는 클래스 고체 침지 렌즈에 대응하고, 1c는 구면 수차가 없는 포커싱 소자이다.

<30> 도 1a에 도시한 침지 렌즈 (110) 는 반구이다. 즉, 평판-볼록 렌즈의 평편한 표면은 상위 반구 표면의 방사상 기하 중심 (GC) 을 통과한다. 특히, 모든 광선은 입/출구의 포인트에서의 볼록 표면에 수직이다. USP 5,004,307 호에서, 렌즈 (110) 는 파선 (111) 에 의해 도 1a에 예시한 바와 같이 더 그라운드되는 것으로서 설명되어 있다. 이것은 장착을 허용하도록 행해지지만, Ph.D. Dissertation, Solid Immersion Microscopy, M. Mansfield, Standford University, March 1992에 발명자들중의 한 명이 설명한 바와 같이, 반구로서 렌즈의 광학 특성에 영향을 미치지 않는다.

<31> 한편, 도 1b에 도시한 렌즈 (120) 의 평편한 표면은 상위 표면의 방사상 기하 중심 (GC) "위"를 통과한다. 특히, 그것의 기하학적 중심은 이미지될 물체 내부의 포커싱 포인트에 있도록 설계된다. 즉, 렌즈 (120) 는 투명 물체 (100) 의 내부에 포함된 특징을 이미지하도록 사용된다. 굴절률의 연속성을 생성하기 위해, 인덱스 매칭 재료 (125) 를 사용하는 것이 제안된다. 이러한 구성에서, 광선은 입/출구의 포인트에서의 볼록 표면에 수직이다 (주의 : USP 5,208,648 호에서, 광선은 90° 이외의 각으로 표시되지만, 본 발명자는 달리 생각한다. 예를 들어, 상기 인용한 Dissertation에서의 도면에 '648 특허의 도면을 비교한다).

<32> 또 다른 변형을 도 1c에 도시하였고, 여기서, 평편한 표면은 렌즈 (130) 의 방사상 기하 중심 (GC) "아래" 를 통과한다. 평편한 표면의 위치는 렌즈, 렌즈를 둘러싸고 있는 재료, 및 이미지될 물체의 굴절률로부터 결정된다. 이러한 침지 렌즈를 "무수차" 렌즈라 부르고, 본 출원의 양수인에게 양도된 Davidson에 의한 USP 5,282,088 호에 의해 다루어진다. 이러한 구성에서, 광선은 입/출구의 포인트에서의 볼록 표면에 수직이지 않다. 단순한 광선-추적 설계로부터 알 수 있는 바와 같이, "무수차 렌즈"의 확대 배율은 수직 입사 반구보다 더 높다.

<33> 사용에 있어서, 도 1a-1c에 도시한 렌즈는 이미지될 물체에 "연결" 된다. 즉, 렌즈는 미세한 파의 전달을 허용하도록 물체에 "연결"된다. 다시 말해, 렌즈는 임계각 (임계각은 전체 내부 반사가 발생하는 각이다) 보다 더 높은 각에서 물체에 전파하는 광선을 포획하도록 물체에 연결된다. 당업계에 공지된 바와 같이, 연결은 예를 들어, 이미지될 물체와의 물리적 접촉, 물체로부터의 매우 근접한 배치 (약 20 나노미터 까지), 또는 인덱스 매칭 재료 또는 유체의 사용에 의해 달성될 수 있다.

<34> 종래 기술의 침지 렌즈는 아래의 문제점을 겪는다.

<35> 먼저, 하부 표면이 평편하기 때문에, 포커싱의 위치를 정확히 나타내는 것은 곤란하고, 즉, 물체상의 어떤 포인트가 이미지될지를 정확하게 지정하는 것이 어렵다. 이것은, 반도체 (예를 들어, 실리콘, 또는 GaAs) 디바이스에 포함된 전자 회로와 같은 매우 작은 물체를 이미징할 때 중요한 문제이다.

<36> 둘째로, 하부 표면이 평편하기 때문에, 큰 접촉 영역을 갖는다. 즉, 종래 기술에 공지되어 있는 바와 같이, 인덱스 매칭 유체를 사용하지 않고 인덱스 매칭하는 일 방법은 이미지될 물체를 침지 렌즈에 접촉하게 하는 것이다. 그러나, 이러한 접촉은 오염 및 스크래칭과 같은 접촉 결함을 피하기 위해 고감도 반도체 디바이스를 이미징할 때 최소화되어야 한다.

<37> 셋째로, 샘플의 표면이 (반도체의 경우에 흔히) 완벽하게 평편하지 않기 때문에, 렌즈의 평편한 표면은 기본적으로 샘플의 표면과 3개의 포인트 접촉을 갖는다. 따라서, 침지 렌즈의 평편한 표면이 "평행"이고 전체 접촉 영역상의 샘플의 표면에 광학적으로 연결되는 것을 보장하기가 어렵다.

<38> 발명의 요약

<39> 따라서, 본 발명의 목적은 종래 기술의 침지 렌즈의 어떠한 단점을 피하면서, 종래 기술의 침지 렌즈의 이점을 포함하는 침지 렌즈를 제공하는 것이다.

<40> 본 발명의 침지 렌즈는 임의의 종래 기술의 침지 렌즈, 구체적으로는, 도 1a-1c에 도시한 침지 렌즈의 형태일 수 있다. 그러나, 종래 기술의 렌즈와 반대로, 본 발명의 렌즈는 볼록 하부 표면을 갖는다. 즉, 본 발명의 침지 렌즈는 평판-볼록 보다는 양면-볼록 침지 렌즈이다.

<41> 본 발명의 양면-볼록 렌즈가 볼록 하부 표면을 갖기 때문에, 포커스 포인트의 정확한 결정을 가능하게 한다. 또한, 볼록 하부 표면은 이미지될 물체와의 컨택트 포인트를 최소화시키고 3개 포인트 접촉 문제를 피한다.

또한, 본 발명의 렌즈는 샘플상에 최소 압력을 사용함으로써 추가의 연결을 제공한다.

<42> **도면의 간단한 설명**

- <43> 도 1a-1c는 종래 기술에 따른 3개의 고체 침지 렌즈를 도시한다.
- <44> 도 2a 및 2b는 본 발명의 고체 침지 렌즈의 제 1 및 제 2 실시형태를 도시한다.
- <45> 도 3은 본 발명의 고체 침지 렌즈의 제 3 실시형태를 도시한다.
- <46> 도 4는 본 발명의 고체 침지 렌즈의 제 4 실시형태를 도시한다.
- <47> 도 5는 본 발명의 실시형태에 따른 고체 침지 렌즈를 포함하는 현미경을 예시한다.
- <48> 도 6은 본 발명의 고체 침지 렌즈의 제 5 실시형태를 도시한다.
- <49> 도 7은 광학 저장 애플리케이션에서의 본 발명의 렌즈의 사용을 예시한다.
- <50> 도 8은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라, 본 발명의 침지 렌즈 및 홀딩판을 사용하는 테스트 장치의 일반 구조를 도시한다.
- <51> 도 9는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 8의 테스트 장치의 관련된 상세한 기술을 도시한다.
- <52> 도 10a-10b는 일반적인 종래 기술의 광학 시스템을 도시한다.
- <53> 도11은 본 발명의 실시형태에 따른 2개의 고체 침지 렌즈에 대한 접촉 대 인가된 힘의 그래프이다.

<54> **예시적인 실시형태의 상세한 설명**

- <55> 도 2a는 본 발명의 양면-블록 침지 렌즈 (210) 의 제 1 실시형태를 도시한다. 구체적으로, 상부 표면 (212) 은 GC에 방사상 기하 중심을 갖는 반구 형태의 볼록면이다. 하부 표면 (214) 은 볼록면이지만, 상부 표면 보다 매우 큰 곡률 반경을 갖는다. 하부 표면 (214) 의 곡률 반경은 예를 들어, 상부 표면 (212) 보다 10배 더 크다. 하부 표면 (214) 의 최하위 포인트는 상부 표면의 방사상 기하 중심 (GC) 을 통과한다.
- <56> 사용하는데 있어서, 하부 표면의 주위가 최하위 포인트로부터 수십 나노미터에 있으면서, 이미지될 물체와 접촉 하는 하부 표면의 최하위 포인트를 갖는 것이 바람직하다. 그러나, 렌즈 (210) 는 물체로부터 약 200 나노미터까지의 갭을 가지고 사용될 수 있고, 여기서, 갭은 공기 또는 인덱스 매칭 재료 또는 유체로 채워진다. 이러한 구성에서, 하부 표면의 주위는 최하위 포인트 보다 물체로부터 수십 나노미터이다.
- <57> 도 2a의 실시형태에서, 하부 표면 (214) 이 볼록면이기 때문에, 하부 표면은 물체와의 작고 한정된 "컨택트 포인트" 를 갖는다. 렌즈가 물체와 접촉하지 않더라도, 렌즈와 물체 사이에 전달된 거의 모든 방사 에너지는, 본 명세서에서 "컨택트 포인트" 로서 정의된 렌즈의 볼록 하부 표면 (214) 의 최하위 포인트를 통과한다. 작고 한정된 컨택트 포인트는 이미지될 물체상에 포인트의 정확한 결정을 가능하게 한다. 또한, 렌즈와 물체 사이의 물리적 상호작용을 최소화시킨다.
- <58> 도 2b 는 도 2a 의 SIL 의 변형된 실시형태를 도시한다. 특히, 도 2b 의 SIL 은 베벨 에지 (beveled edge ; 215) 를 갖는다. 베벨 에지 (215) 는 SIL 홀더에서 설정을 더 쉽게 할 수 있게 한다. 도 2b 의 SIL 을 제조하는 일 방법에 따르면, 먼저 반구가 생성된다. 그 후, 반구 주위의 에지가 절단되어 비스듬하게 된다. 그 후, 하부 표면은 소망하는 외형 반경으로 외형이 형성된다. 본 명세서에 도 2a의 SIL 에 관하여 서만 사면 옵션이 도시되어 있지만, 본 명세서에 도시한 모든 본 발명의 SIL 에 이러한 사면이 제공될 수 있다는 것은 명백하다.
- <59> 도 3은 본 발명의 침지 렌즈의 또 다른 실시형태를 도시한다. 이러한 실시형태에서, 하부 표면 (314) 은, 상부 표면 (312) 의 방사 기하학적 중심 (GC) 의 "위"를 통과한다는 것을 제외하고는 도 2의 실시형태와 관련하여 설명한 바와 동일한 방식으로 설계된다. 이러한 구성은 투명 물체에 포함된 특징을 이미징하는데 특히 적합하다. 구체적으로는, 이러한 구성은 반도체의 후방으로부터 반도체 내부에 포함된 형상을 이미징하는데 적합하다. 이것은 도 3에 도시되어 있고, 여기서, 300은 기판을 나타내고, 302는 기판 내의 특징을 나타낸다. 이러한 이미징 구성은 "플립 칩"의 검사 및 분석에 특히 바람직하다.
- <60> 도 4는 본 발명의 또 다른 실시형태를 도시한다. 이 실시형태에서, 하부 표면 (414) 또한, 상부 표면 (412) 의 기하학적 중심 (GC) 의 "아래"를 통과한다는 것을 제외하고는 도 2의 실시형태와 관련하여 설명한 바와 동일한 방식으로 설계된다. 또한, 이러한 구성은, 포함된 특징, 특히 트랜지스터 및 활성 소자의 직접 광학

액세스가 실리콘 기판을 통해 달성될 수 있는 플립칩 패키지화된 집적 회로와 같은 샘플의 검사에 유용하다.

전술한 바와 같이, 이러한 구성의 이점은, 상부 표면 (412) 과 대물 렌즈 (도시 생략) 사이의 작업 거리를 더 크게 한다는 것이다.

- <61> 전술한 설명으로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 침지 렌즈의 하나의 이점은, 이미지될 정확한 위치가 정확하게 결정될 수 있도록 작고 한정된 "컨택트 포인트"를 제공한다는 것이다. 또한, 작고 한정된 컨택트 포인트는 렌즈와 이미지된 물체 사이의 물리적 상호작용을 최소화함으로써, 이미지된 물체상에 결함을 가져올 가능성을 최소화시킨다.
- <62> 하부 표면의 곡률 반경은 상부 표면 보다 매우 클 수도 있다. 어떠한 비율에서, 하부 표면의 곡률 반경은 검사될 표면 보다 작아야 한다. 즉, 검사될 표면이 평편한 경우, 즉, 곡률 반경이 무한대인 경우에, 하부 표면은 무한대 보다 작은 임의의 곡률 반경을 가질 수도 있다. 한편, 검사될 표면이 굽은 경우에, 하부 표면의 곡률 반경은 검사될 표면의 곡률 반경 보다 더 작아야 한다. 이것은 기관 (400) 의 굽은 표면을 도시하는 도 4의 파선 (415) 에 의해 표시된다.
- <63> 바람직한 결과를 위해, 렌즈는 미세한 표면파를 포착하도록 물체에 (직접 접촉으로) "연결" 되어야 한다. 다시 말해, 렌즈는 임계각 보다 더 높은 각에서 물체에 전파하는 광선을 포착하도록 물체에 연결되어야 한다. 연결은 SIL 과 검사되는 물체 사이의 물리적 접촉에 의해 달성될 수 있다. 그러나, 어떠한 애플리케이션에서, 본 발명의 SIL은, 검사되는 물체에 대하여 프레싱되도록 힘이 SIL 상에 가해질 때 추가의 연결 능력을 제공한다.
- <64> 예를 들어, 인트랜치된 (entrenched) 구조의 현미경에서, 관심 영역은 얇고 비교적 간단할 수 있는 샘플에 포함된다. 특히, 반도체에서, IC 광학 도량형 샘플은 통상적으로 대략 50 내지 150 마이크론 정도로 얇다. 플립칩 패키지에서, 이들 샘플은, IC의 전기 성능을 손상시키지 않고 비-평편 (물결 모양) 및 컴플라이언트 구조를 발생시키는 뿔납 어레이 상에 접합된다. 본 발명의 SIL을 사용하여, 강화된 수광 효율을 달성하기 위해 SIL 상에 최소의 힘을 가할 수 있다. 도 11은 상이한 표면 곡률을 갖는 2개의 SIL 에 대해 통상의 얇은 (500-600 마이크론으로부터 대략 120 마이크론 까지) 플립칩 IC 샘플과 양면-볼록 SIL 사이의 접촉 직경 (영역)의 함수로서 필요한 힘을 도시한다. 1 mm 접촉 영역에 대해 필요한 비교적 최소한의 힘은 샘플의 가단성을 나타낸다.
- <65> 최상의 광학 연결 및 이미징 결과를 위해, 침지 렌즈의 굴절률은 이미지될 물체의 굴절률에 매칭하여야 한다. 유리에서 물체를 검사할 때 적절한 재료의 예로는, Schott-58 유리, Schott LaKN-22 및 Schott LaSF-9가 있다. 실리콘에서의 IC 애플리케이션에 있어서, 실리콘으로 이루어진 렌즈는 매칭 인덱스를 제공한다.
- <66> 본 발명의 침지 렌즈는 플립칩의 연구에서 애플리케이션을 갖는다. 구체적으로는, 양면-볼록 침지 렌즈가 칩의 후방에 접촉하고 비교적 작은 압력을 가함으로써 플립칩을 조사하기 위해 사용될 때, 칩이 약간 굴곡함으로써, 칩으로의 렌즈의 연결을 지지한다는 것이 발명자에 의해 결정되었다. 이러한 굴곡은 칩을 손상시키거나 칩의 전기적 및/또는 동적 (타이밍) 특성을 변경시키지 않고 성공적으로 테스트 및 증명되었다. 구체적으로는, 아래의 치수를 갖는 양면-볼록 렌즈가 제조된다.
- <67> - 상부 표면의 반경 : 3 mm
- <68> - 하부 표면의 반경 : ~ 54 mm
- <69> - 두께/높이 : 2.9 mm
- <70> - 굴절률 (실리콘) : 3.5
- <71> 상당한 비-파괴력으로 칩에 대해 프레싱된 상부 또는 하부 표면과의 알맞은 연결이 관찰되었다. 따라서, 굽은 하부 표면을 갖는 SIL 은 IC 로부터의 수광 효율을 강화시킨다는 것이 증명된다. 물론, 이들 치수는 제한하는 것이 아니고 예증적인 예로서만 제공된다.
- <72> 도 5는 본 발명의 실시형태에 따른 도 3의 침지 렌즈를 포함하는 현미경을 예시한다. 광원 (540) 으로부터의 빔은 렌즈 (535) 에 의해 일직선으로 되고, 부분적 투과 거울 (530) 을 통해 통과한다. 그 후, 일직선으로 된 광은 물체 (500) 내부의 포인트로 대물 렌즈 (525) 에 의해 포커싱된다. 물체에 들어가기 이전에, 포커싱된 광선은 침지 렌즈 (520) 를 통과한다. 침지 렌즈 (520) 는 미세한 파 에너지가 침지 렌즈를 통해 물체로 및 물체로부터 전달될 수 있도록 물체에 연결된다.

- <73> 그 후, 물체의 상부 표면에 존재하는 광은 침지 렌즈 (520) 에 의해 포착된다. 침지 렌즈 (520) 는 고 굴절률 재료 (예를 들어, 샘플의 재료) 로 이루어지고 물체에 광기계식으로 연결된다. 따라서, 이것은 (원래 비-SIL) 대물 렌즈 (525) 의 개구 수를 효과적으로 증가시키고 임계각 보다 더 큰 각으로 물체 내부에서 전파하는 광선을 포착한다. 따라서, 공간 분해능이 증가하고 더 작은 크기의 특징이 물체 내부에서 분해될 수 있다.
- <74> 광은 침지 렌즈 (520) 로부터 대물 렌즈 (525) 로 통과하고, 그 후, 검출기 (545) 를 향해 거울 (530) 로부터 반사한다. 검출기 (545) 는 적절한 카메라 (즉, CCD 또는 비디콘 어레이), 아이피스, 또는 (공지된 방식으로 회절 및/또는 반사 광학을 사용하는) 둘 모두일 수도 있다.
- <75> 도 5에 예시한 현미경은 본 명세서에 설명한 임의의 본 발명의 침지 렌즈를 이용할 수 있다. 구체적으로는, 도 4에 도시한 변형된 무수차 렌즈가 물체 내부를 이미징하기 위해 사용될 수 있다. 도 2의 렌즈는 포함된 특징 보다는 물체의 표면상의 특징을 이미징하는 것이 바람직할 때 사용될 수 있다.
- <76> 본 발명의 렌즈의 변형을 도 6에 도시하였다. 구체적으로는, 도 6의 침지 렌즈는 도 2-4에 도시한 렌즈와 유사한 블록 상부 표면 (612) 을 갖는다. 침지 렌즈의 하부 표면은 작고 한정된 굽은 접촉 표면 (618) 과 둘러싸는 후퇴 표면 (616) 을 갖도록 그라운드된다. 사용하는데 있어서, 굽은 접촉 표면 (618) 은 물체에 접촉하거나 물체에 매우 근접하게, 즉 200 나노미터 까지 이르게 함으로써 물체에 연결된다. 후퇴 표면은 갭 (615) 을 생성하도록 컨택트 포인트 상부에 수십 나노미터로 설계된다. 후퇴 표면은 (도시한 바와 같이) 경사지거나 평편할 수 있다. 이 예에서, 굽은 접촉 표면 (618) 은 블록면이고 상부 표면 (612) 의 곡률 반경 보다 더 작은 곡률 반경을 갖는다.
- <77> 본 발명의 SIL의 또 다른 애플리케이션은 광학 데이터 저장 시스템이다. 또한, 저장 시스템의 데이터 관독을 강화시키고 데이터 밀도를 증가시키는, CD, CD-ROM 및 DVD와 같은 광학 저장 애플리케이션에서 높은 개구 수는 바람직하다. 이러한 시스템을 도 7에 예시하였다. 구체적으로는, 메모리 매체는 본질적으로 공지된 방식으로 피트 (pit) 또는 위상 시프트 특징을 포함할 수도 있는 관독/기록 표면 (705) 및 기관 (700) 의 형태이다. 본 명세서에 개시한 임의의 침지 렌즈 형태인 침지 렌즈 (720) 는 매체로부터 반사된 광을 수광하고 그 광을 대물 렌즈 (730) 로 전달하기 위해 사용된다. 침지 렌즈는 단일 관독 또는 관독/기록 헤드 구조에서 대물 렌즈에 단단하게 또는 유연성 있게 연결될 수 있다. 단일 구조는 매체의 회전으로 인한 공기 흐름에 의해 생성된 공기 완충에 접하여 매체상에서 서핑한다. 도 7에서, 공기 흐름은 일반적으로 화살표 740으로 표시된다.
- <78> 도 8은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 테스트 디바이스의 일반 구조를 도시하고, 도 9는 어느 정도 확장한 도면에서 관련된 상세한 기술을 도시한다. 이 테스트 디바이스는 이미징 및 특히 스위칭 (동적 및 타이밍) 하기 위한 시간-분해된 방출 (광의 고온 전자 수집) 및 플립 칩의 다른 테스트에 특히 유용하다. 플립 칩 (800) (도 9에서는 900) 은 전기 접속을 제공하도록 캐리어 (810) (도 9에서는 도시 생략) 상에 탑재된다. 도 9에 도시한 바와 같이, 플립 칩 (900) 은 클리어 절연 기관층 (903), (트랜지스터의 소스/드레인 확산층과 같은) 제 1 활성층 (905), 및 (금속 상호접속층과 같은) 다른 디바이스 층 (907) 을 구비한다. 타이밍 테스트에 있어서, 제 1 활성층 (905) 이 관심 층이고, 광학은 활성층 (905) 이 포커스 평면에 있도록 구성된다.
- <79> 도 8에 도시한 바와 같이, 침지 렌즈 (820) 는 캐리어 (840) 에 위치되고, 부속품 (825) 에 의해 적소에 신축성 있게 유지된다. 도 8의 실시형태에서, 캐리어 (840) 는 침지 렌즈의 하부 표면을 약간 넘어서 연장하는 매우 연마된 하부 표면을 갖는 슬라이드 판 (844) 을 구비한다. 이러한 특징을 더 설명하기 위해, 이러한 특징의 확장된 도면을 도시하는 도 9에 참조부호가 있다. 구체적으로는, 도 9에서, 캐리어 (940) 자체는 슬라이드 판으로서 기능한다. 이러한 이유로 인해, 하부 표면 (942) 은 매우 연마되고 침지 렌즈 (920) 의 하부 표면 (922) 을 넘어서 연장한다. 도 8 및 9에 도시한 바와 같이, 냉각 유체 채널 (845, 945) 은 캐리어 (840, 940) 내부에 만들어지고 유체는 호스 또는 파이프 (850, 950) 를 통해 채널에 공급된다. 냉각 유체는 가스 또는 액체일 수 있고 플립 칩으로부터의 열을 방산하기 위해 사용된다.
- <80> 동작의 일 방식에 따라, 캐리어의 하부 표면은 플립 칩의 하부 표면과 접촉하게 되고, 테스트를 위한 적절한 장소에 위치시키기 위해 칩 상의 침지 렌즈를 슬라이드하도록 사용된다. 이러한 특징의 제 1 이점은, 렌즈의 하부 표면과 칩의 표면 사이의 거리가 기계적으로 일정하게 유지된다는 것이다. 이러한 특징의 제 2 이점은, 칩에 대한 침지 렌즈의 하부 표면의 스크래칭 및 그라인딩 (grinding) 이 피해진다는 것이다. 제 3 이점은, 캐리어가 테스트중에 디바이스로부터의 열을 방산한다는 것이다.
- <81> 한편, 렌즈의 하부가 플립 칩의 표면과 접촉하지 않기 때문에, 광 연결이 최적이지 아니다. 따라서, 또 다른

실시형태에서, SIL의 하부 표면은 캐리어의 하부 표면을 넘어서 연장한다. 이러한 배치를 사용하여, SIL은 플립 칩의 다양한 위치에 "정선 및 배치"되고, 스크래칭을 피하기 위한 슬라이딩이 발생하지 않는다.

<82> 테스트 디바이스의 동작을 더 설명하기 위해 다시 도 8을 참조한다. 테스트중에 디바이스상의 포인트로부터 포인트로 침지 렌즈를 이동하기 위해, 캐리지 (840)는 x-y-z 스테이지 (860)에 접속된다. 비교적 큰 이동을 위해, 캐리지 (840)는 디바이스로부터 올려지고, 새로운 위치로 이동되고, 그 후, 디바이스와의 접촉을 위해 다시 내려진다는 것이 예상된다. 정교한 조정을 위해, 캐리지는 디바이스의 표면을 가로질러 이동될 수도 있거나, 렌즈가 새로운 위치 상에 "정선 및 배치"될 수도 있다. 동일한 기능이, 테스트될 디바이스를 x-y-z 스테이지에 부착하면서, 광학 렌즈를 고정된 구조에 부착함으로써 달성될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

<83> 스테이지 (860)는 정교한 Z 조정을 위해 조정기 (870 : manipulator)를 더 구비한다. 구체적으로는, 조정기 (870)는 포커싱 조정 및 압력 제어를 위해 침지 렌즈와 대물 렌즈 (830) 사이의 거리를 제어하기 위해 사용된다. 조정기 (870)는 공지된 자체 자동 포커싱 시스템에 의해 제어될 수도 있다.

<84> 이하, 본 발명의 또 다른 특징을 설명한다. 구체적으로는, 도 9에서 알 수 있는 바와 같이, 작은 공동 (915)이 테스트중에 디바이스의 표면 (909)과 침지 렌즈 사이에 형성된다. 침지 렌즈의 하부 표면 (922)과 디바이스의 하부 표면 (909) 사이의 거리가 작은 (예를 들어, 200 nm까지) 경우에, 이러한 공동은 공기만 함유하도록 남겨질 수도 있다. 그러나, 또 다른 실시형태에서, 인덱스-매칭 유체가 이러한 공동 내부에 제공된다. 이것은 테스트 디바이스의 이미징 능력을 강화시키고, 캐리지가 이동될 때 마찰 감소를 지원한다. 실제로, 인덱스-매칭 유체가 디바이스의 표면 (909)의 상부에 제공되고, 그 후, 캐리지가 디바이스 상에 내려지는 것이 고려되고 있다.

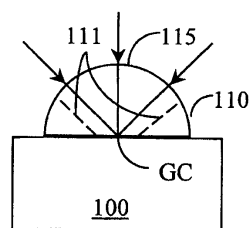
<85> 일 실시형태에서, 렌즈의 상위 볼록 표면은 반사 방지 재료로 코팅된다. 렌즈의 설계가 90도로 모든 광선을 상부 표면에 입/출하게 하기 때문에, 코팅은, 코팅의 두께가 전체 볼록 표면상에서 동일하도록 철저하게 단순화된다.

<86> 본 발명을 본 발명의 특정 실시형태를 참조하여 설명하였지만, 본 발명은 이들 실시형태에 제한되지 않는다. 구체적으로는, 첨부한 청구범위에 의해 정의된 바와 같이 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양한 변동 및 변형이 당업자에 의해 구현될 수도 있다.

도면

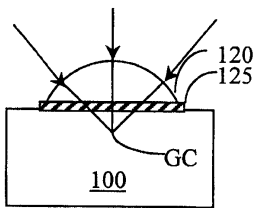
도면1a

종래 기술



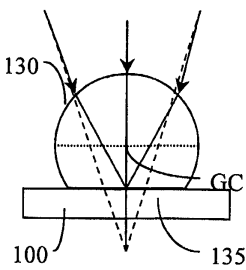
도면1b

종래 기술

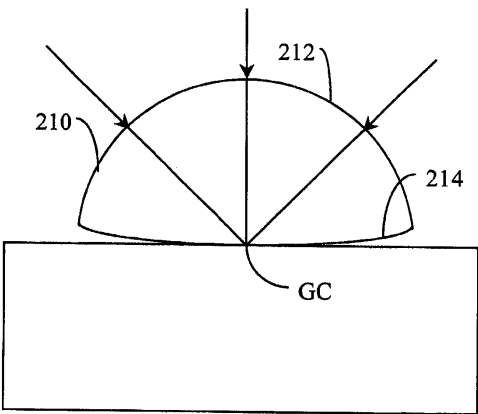


도면1c

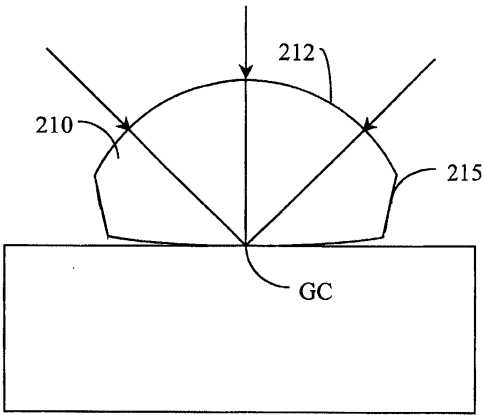
종래 기술



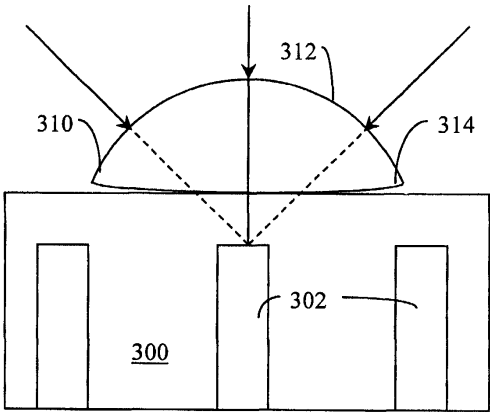
도면2a



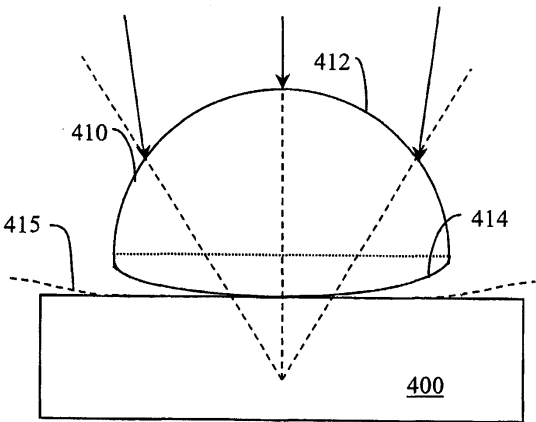
도면2b



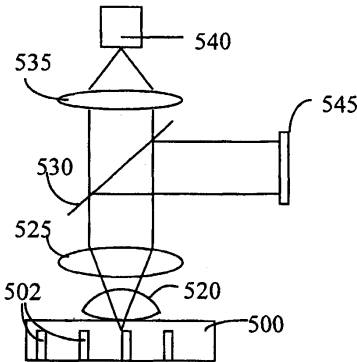
도면3



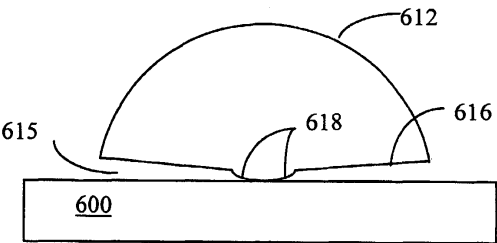
도면4



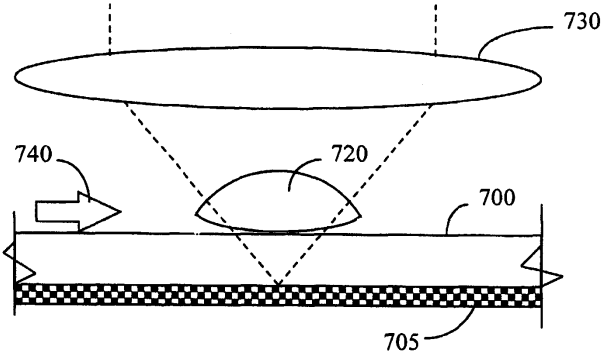
도면5



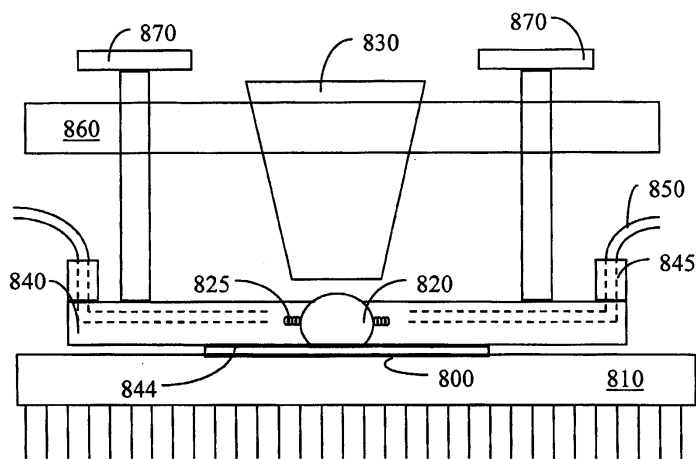
도면6



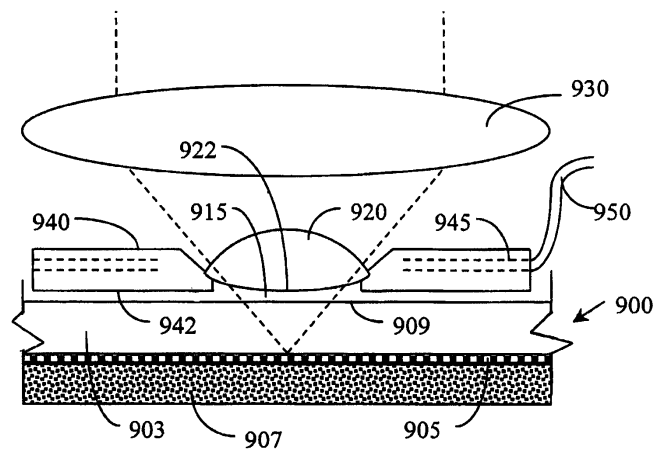
도면7



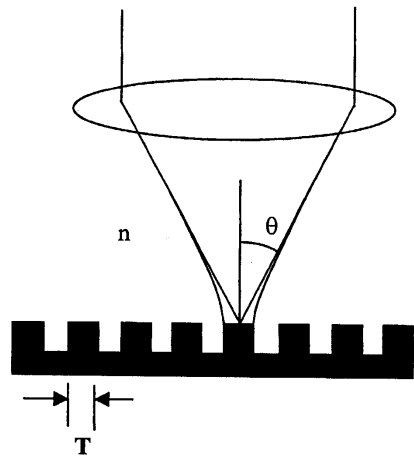
도면8



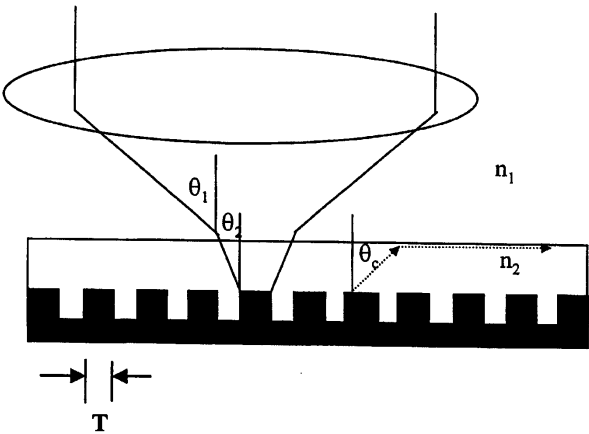
도면9



도면10a



도면10b



도면11

