



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월24일

(11) 등록번호 10-1729515

(24) 등록일자 2017년04월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C30B 15/20 (2006.01) C30B 15/10 (2006.01)

C30B 29/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C30B 15/20 (2013.01)

C30B 15/10 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0052307

(22) 출원일자 2015년04월14일

심사청구일자 2015년04월14일

(65) 공개번호 10-2016-0122453

(43) 공개일자 2016년10월24일

(56) 선행기술조사문헌

JP2014214067 A*

KR101379798 B1*

KR100239864 B1

KR1020100089457 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 엘지실트론

경상북도 구미시 임수로 53 (임수동)

(72) 발명자

홍영호

경상북도 구미시 3공단3로 132-11

박현우

경상북도 구미시 3공단3로 132-11

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박영복, 황영옥

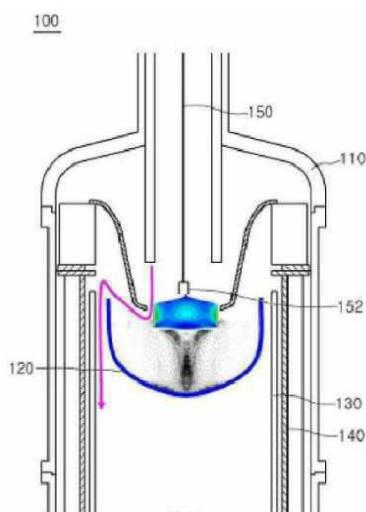
전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 김광철

(54) 발명의 명칭 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법

(57) 요 약

실시예에는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 있어서, 잉곳과 도가니를 동일한 방향으로 회전시키고, 최대발열위치를 MGP(maximum gauss position)보다 하부에 위치시키는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1

(52) CPC특허분류
C30B 29/06 (2013.01)
H01L 21/02598 (2013.01)
(72) 발명자
손수진
경상북도 구미시 3공단3로 132-11

김남석
경상북도 구미시 3공단3로 132-11

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 있어서,

잉곳과 도가니를 동일한 방향으로 회전시키고, 최대발열위치를 MGP(maximum gauss position)보다 100 밀리미터 내지 200 밀리미터 하부에 위치시키는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

확산 경계층이 잉곳의 반경 방향의 가장 자리에 고르게 분포하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 확산 경계층은, 성장 중인 상기 잉곳의 가장 자리로부터 12 밀리미터 이내에 분포하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

실리콘 융액 내에서 깊이 방향으로 상기 실리콘 융액의 흐름이 일정한 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 5

제2 항에 있어서,

1700 캘빈(Kelvin)의 온도에서 상기 확산 경계층의 최대 직경이 300 밀리미터인 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 실리콘 단결정 잉곳에서 직경 방향과 반경 방향의 산소 농도의 균일성을 확보하고자 한다.

배경 기술

[0002]

통상적인 실리콘 웨이퍼는, 단결정 잉곳(Ingots)을 만들기 위한 단결정 성장 공정과, 단결정 잉곳을 슬라이싱(Slicing)하여 얇은 원판 모양의 웨이퍼를 얻는 슬라이싱 공정과, 상기 슬라이싱 공정에 의해 얻어진 웨이퍼의 깨짐, 일그러짐을 방지하기 위해 그 외주부를 가공하는 그라인딩(Grinding) 공정과, 상기 웨이퍼에 잔존하는 기계적 가공에 의한 손상(Damage)을 제거하는 랩핑(Lapping) 공정과, 상기 웨이퍼를 경면화하는 연마(Polishing) 공정과, 연마된 웨이퍼를 연마하고 웨이퍼에 부착된 연마제나 이물질을 제거하는 세정 공정을 포함하여 이루어 진다.

[0003]

단결정 성장은 플로우팅존(floating zone : FZ) 방법 또는 초크랄스키(Czochralski : CZ, 이하 CZ라 칭한다) 방법을 많이 사용하여 왔다. 이들 방법 중에서 가장 일반화되어 있는 방법이 CZ 방법이다.

[0004]

CZ 방법에서는 석영 도가니에 다결정 실리콘을 장입하고, 이를 흑연 발열체에 의해 가열하여 용융시킨 후, 용융 결과 형성된 실리콘 용융액에 종자결정을 담그고 계면에서 결정화가 일어날 때 종자결정을 회전하면서 인상시킴으로써 단결정의 실리콘 잉곳을 성장시킨다.

[0005] 실리콘 단결정의 성장 과정에서 성장 이력에 따른 결정 결합 및 원하지 않는 불순물로서 특히 산소가 실리콘 단결정에 포함되게 된다. 이렇게 함입된 산소는 반도체 소자의 제조 공정에서 가해지는 열에 의해 산소 침전물(oxygen precipitates)로 성장하게 되는데, 이 산소 침전물은 실리콘 웨이퍼의 강도를 보강하고 금속 오염 원소를 포획하는 등 내부 게터링(Internal Gettering) 사이트로서 작용하는 등 유익한 특성을 보이기도 하지만, 반도체 소자의 누설전류 및 불량(fail)을 유발하는 유해한 특성을 보인다.

[0006] 따라서, 실리콘 단결정 잉곳으로부터 제조된 웨이퍼의 산소 농도가 길이 방향 및 반경 방향에서 고를 필요가 있으며, 실리콘 단결정 잉곳을 성장시킬 때 공정 변수인 시드(seed) 회전속도, 도가니 회전속도, 융액(melt) 표면과 열차폐체(heat shield)간의 간격인 멜트 갭(melt gap), 잉곳의 인상속도(pull speed), 핫 존(hot zone)의 디자인 변경, 질소나 탄소 등의 제3의 원소 도핑 등을 통해 산소 농도를 조절할 수 있다.

[0007] 그러나, 현재 제조된 실리콘 단결정 잉곳으로부터 구하여진 웨이퍼의 경우 특히 가장 자리에 환형으로 산소 농도가 불균일한 영역이 발견되고 있으며, 상술한 내부 게터링 특성의 불균일에 기인할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 실시예는 실리콘 단결정의 성장시에 길이 방향 및 반경 방향의 산소 농도의 균일성을 향상시키고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 있어서, 잉곳과 도가니를 동일한 방향으로 회전시키고, 최대발열위치를 MGP(maximum gauss position)보다 하부에 위치시키는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법을 제공한다.

[0010] 확산 경계층이 잉곳의 반경 방향의 가장 자리에 고르게 분포할 수 있다.

[0011] 확산 경계층은, 성장 중인 상기 잉곳의 가장 자리로부터 12 밀리미터 이내에 분포할 수 있다.

[0012] 실리콘 융액 내에서 깊이 방향으로 상기 실리콘 융액의 흐름이 일정할 수 있다.

[0013] 최대발열위치를 상기 MGP보다 100 내지 200 밀리미터 하부에 위치시킬 수 있다.

발명의 효과

[0014] 상술한 공정으로 실리콘 단결정 잉곳을 성장시킬 때, 실리콘 융액의 흐름이 일정하여 확산 경계층이 잉곳의 가장 자리에 분포하고 제조된 실리콘 웨이퍼의 산소 농도가 일정하여 비저항이 개선됨을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 실시예에 따른 단결정 잉곳 제조장치를 나타낸 도면이고,

도 2는 실리콘 단결정 잉곳의 성장시에 최대 가우스 지점(Maximum Gauss Position)의 이동을 나타낸 도면이고,

도 3은 종래의 최대발열위치와 실시예에 따른 최대발열위치를 나타낸 도면이고,

도 4는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 융액의 흐름을 나타낸 도면이고,

도 5는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 융액의 흐름의 패턴을 나타낸 도면이고,

도 6a는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 산소 농도의 균일도를 나타낸 도면이고,

도 6b는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 산소 농도의 균일도를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명하기 위해 실시 예를 들어 설명하고, 발명에 대한 이해를 돋기 위해 첨부도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명에 따른 실시 예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시 예들에 한정되는 것으로 해석되지 않아야 한다. 본 발명의 실시 예들은 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다.

- [0017] 본 발명에 따른 실시 예의 설명에 있어서, 각 element의 "상(위)" 또는 "하(아래)(on or under)"에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, 상(위) 또는 하(아래)(on or under)는 두개의 element가 서로 직접(directly) 접촉되거나 하나 이상의 다른 element가 상기 두 element 사이에 배치되어(indirectly) 형성되는 것을 모두 포함한다. 또한 "상(위)" 또는 "하(아래)(on or under)"로 표현되는 경우 하나의 element를 기준으로 위쪽 방향뿐만 아니라 아래쪽 방향의 의미도 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 이하에서 이용되는 "제1" 및 "제2," "상부" 및 "하부" 등과 같은 관계적 용어들은, 그런 실체 또는 요소들 간의 어떠한 물리적 또는 논리적 관계 또는 순서를 반드시 요구하거나 내포하지는 않으면서, 어느 한 실체 또는 요소를 다른 실체 또는 요소와 구별하기 위해서만 이용될 수도 있다.
- [0019] 도면에서 각종의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었다. 또한 각 구성요소의 크기는 실제크기를 전적으로 반영하는 것은 아니다.
- [0020] 도 1은 실시예에 따른 단결정 잉곳 제조장치를 나타낸 도면이다.
- [0021] 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳 제조 장치(100)는 챔버(110), 도가니(120), 히터(130), 인상수단(150) 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 실시예에 따른 단결정 성장장치(100)는 챔버(110)와, 상기 챔버(110)의 내부에 구비되며, 실리콘 용융액을 수용하는 도가니(120)와, 상기 챔버(110)의 내부에 구비되며, 상기 도가니(120)를 가열하는 히터(130) 및 종자결정(152)이 일단에 결합된 인상수단(150)을 포함할 수 있다.
- [0022] 챔버(110)는 반도체 등의 전자부품 소재로 사용되는 실리콘 웨이퍼(wafer)용 단결정 잉곳(ingot)을 성장시키기 위한 소정의 공정들이 수행되는 공간을 제공한다.
- [0023] 챔버(110)의 내벽에는 히터(130)의 열이 상기 챔버(110)의 측벽부로 방출되지 못하도록 복사 단열체(140)가 설치될 수 있다.
- [0024] 실리콘 단결정 성장 시의 산소 농도를 제어하기 위하여 석영 도가니(120)의 회전 내부의 압력 조건 등 다양한 인자들을 조절할 수 있다. 예를 들어, 실시예는 산소 농도를 제어하기 위하여 실리콘 단결정 성장 장치의 챔버(110) 내부에 아르곤 가스 등을 주입하여 하부로 배출할 수 있다.
- [0025] 상기 도가니(120)는 실리콘 용융액을 담을 수 있도록 상기 챔버(110)의 내부에 구비되며, 석영 재질로 이루어질 수 있다. 상기 도가니(120)의 외부에는 도가니(120)를 지지할 수 있도록 흑연으로 이루어지는 도가니 지지대(미도시)가 구비될 수 있다. 상기 도가니 지지대는 회전축(미도시) 상에 고정 설치되고, 이 회전축은 구동수단(미도시)에 의해 회전되어 도가니(120)를 회전 및 승강 운동시키면서 고-액 계면이 동일한 높이를 유지하도록 할 수 있다.
- [0026] 히터(130)는 도가니(120)를 가열하도록 챔버(110)의 내부에 구비될 수 있다. 예를 들어, 상기 히터(130)는 도가니 지지대를 에워싸는 원통형으로 이루어질 수 있다. 이러한 히터(130)는 도가니(120) 내에 적재된 고순도의 다결정 실리콘 덩어리를 용융하여 실리콘 용융액으로 만들게 된다.
- [0027] 실시예는 실리콘 단결정 잉곳 성장을 위한 제조방법으로는 단결정인 종자결정(seed crystal, 152)을 실리콘 용융액에 담근 후 천천히 끌어올리면서 결정을 성장시키는 츄크랄스키(Czochralski:CZ)법을 채용할 수 있다.
- [0028] 츄크랄스키법을 상세히 설명하면 아래와 같다.
- [0029] 종자결정(152)으로부터 가늘고 긴 결정을 성장시키는 네킹(necking)공정을 거치고 나면, 결정을 직경방향으로 성장시켜 목표직경으로 만드는 숄더링(shoulder ing)공정을 거치며, 이후에는 일정한 직경을 갖는 결정으로 성장시키는 바디 그로잉(body growing)공정을 거치며, 일정한 길이만큼 바디 그로잉이 진행된 후에는 결정의 직경을 서서히 감소시켜 결국 용융 실리콘과 분리하는 테일링(tailing)공정을 거쳐 단결정 성장이 마무리된다.
- [0030] 본 실시예에서는 실리콘 용융액에는 P-타입의 도편트인 B(보론)이, N-타입의 도편트인 As(비소), P(인), Sb(안티몬) 등이 도핑될 수 있다. 이때, 고농도의 도편트가 투입될 경우, 도편트의 농도에 따라 V/G(growth rate/temperature gradient) 즉, 온도 구배에 대한 잉곳의 성장 속도가 변화할 수 있으며, 이에 따라 잉곳의 특히 바디(body) 영역 내에서 산소 농도가 변화할 수 있다.
- [0031] 본 실시예에서는 잉곳의 성장시에 잉곳과 도가니를 동일한 방향으로 회전시키고, 최대발열위치가 MGP(maximum gauss position)보다 하부에 위치하도록 히터를 배치하여, 잉곳의 길이 방향과 반경 방향(면내 방향)에서의 산소 농도를 일정하게 하여 생산되는 웨이퍼의 비저항을 일정하게 할 수 있다.

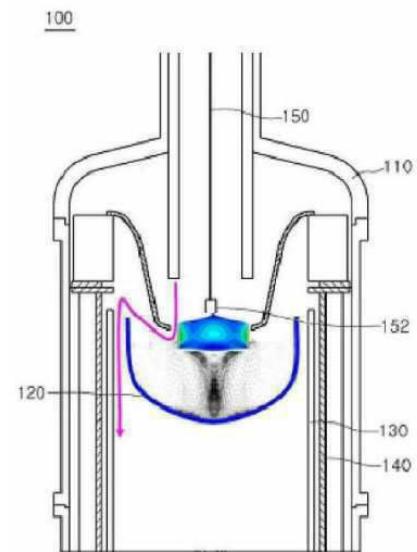
- [0032] 도 2는 실리콘 단결정 잉곳의 성장시에 최대 가우스 지점(Maximum Gauss Position)의 이동을 나타낸 도면이다.
- [0033] 도 2에서 최대 가우스 지점(MGP)는 도가니 내부의 영역인 'A'와 상부 챔버의 영역인 'B'의 경계면의 상하로 이동할 수 있는데, MGP는 상술한 경계면으로부터 'A' 방향으로 'a' 그리고, 'B' 방향으로 'b'의 범위 내에서 이동할 수 있는데, 이때 히터의 최대 발열 위치는 상술한 MGP보다 하부에 위치할 수 있다.
- [0034] 도 3은 종래의 최대발열위치와 실시예에 따른 최대발열위치를 나타낸 도면이다.
- [0035] 실시예에서는 도시된 바와 같이 종래보다 최대발열위치를 하부에 위치하고, 특히 최대발열위치를 MGP보다 100 밀리미터 내지 200 밀리미터 하부에 위치시킬 수 있다. 이때, 실리콘 용액의 흐름(flow)을 변화시킬 수 있으며, 최대발열위치가 MGP보다 200 밀리미터 이상 하부에 위치하면 실리콘 용액 상부의 흐름이 난류(turbulence)가 될 수 있고, 0 내지 100 밀리미터 하부에 위치하면 실리콘 용액 하부의 흐름이 난류가 될 수 있다.
- [0036] 실시예에서는 최대발열위치를 MGP보다 100 밀리미터 내지 200 밀리미터 하부에 위치시켜서, 실리콘 용액의 깊이 방향으로의 흐름을 일정하게 할 수 있다.
- [0037] 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액 내의 확산 경계층이 잉곳의 반경 방향의 가장 자리에 고르게 분포할 수 있는데, 확산 경계층은 실리콘 용액의 온도를 측정하여 확인할 수 있다.
- [0038] 본 실시예에서 1700 캠빈(Kelvin) 정도에서 확산 경계층은 성장 중인 상기 잉곳의 가장 자리로부터 12 밀리미터 이내에 분포할 수 있으며, 최대 직경이 320 밀리미터일 수 있다.
- [0039] 도 4는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액의 흐름을 나타낸 도면이다.
- [0040] 도 4에서 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액의 흐름의 패턴이 유지되나, 종래 기술의 경우 실리콘 용액의 흐름의 패턴 유지가 어려울 수 있다.
- [0041] 도 5는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액의 흐름의 패턴을 나타낸 도면이다.
- [0042] 도 5에서 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 확산 경계층이 잉곳의 가장 자리로 유지되어 실리콘 용액의 속도 변화가 억제되어 산소 농도가 깊이 방향으로 2200 밀리미터까지 균일하나, 종래 기술의 경우 실리콘 용액의 흐름이 일정하지 않아 산소 농도가 깊이 방향으로 2000 밀리미터에서 불균일할 수 있다.
- [0043] 도 6a는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 산소 농도의 균일도를 나타낸 도면이고, 도 6b는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 산소 농도의 균일도를 나타낸 도면이다.
- [0044] 실시예에 따른 방법으로 성장된 잉곳에서 제조된 실리콘 웨이퍼는 직경 180 밀리미터와 220 밀리미터의 비저항이 각각 0.09와 0.11로, 종래 기술에 따른 방법으로 성장된 잉곳에서 제조된 실리콘 웨이퍼가 직경 110 밀리미터와 180 밀리미터에서 각각 0.16과 0.19인 것보다 개선됨을 알 수 있다.
- [0045] 상술한 공정으로 실리콘 단결정 잉곳을 성장시킬 때, 실리콘 용액의 흐름이 일정하여 확산 경계층이 잉곳의 가장 자리에 분포하고 제조된 실리콘 웨이퍼의 산소 농도가 일정하여 비저항이 개선됨을 알 수 있다.
- [0046] 이상에서 실시 예를 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시 예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시 예에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

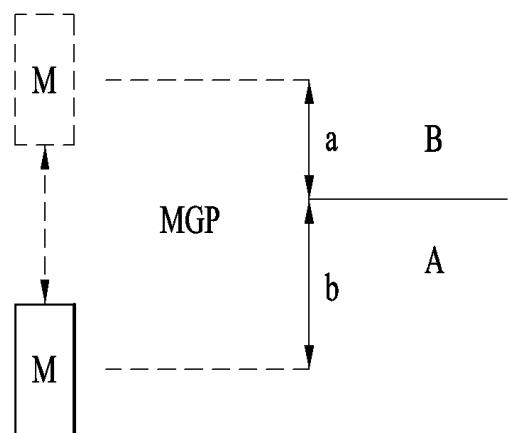
- [0047] 100: 실리콘 단결정 잉곳 제조 장치
 110: 챔버 120: 도가니
 130: 히터 150: 인상 수단
 152: 종자결정

도면

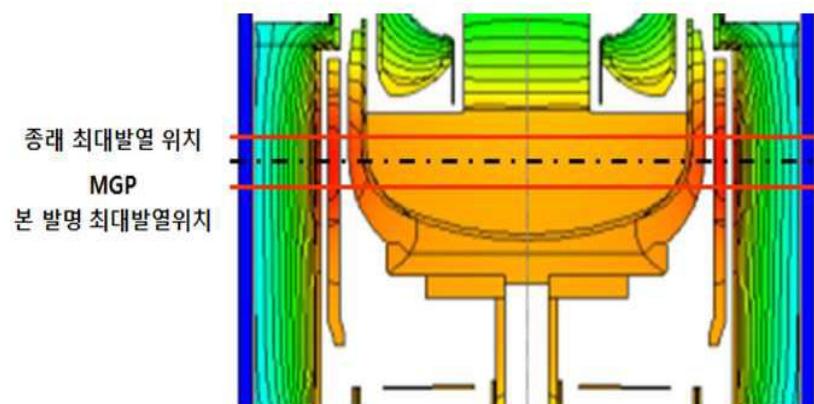
도면1



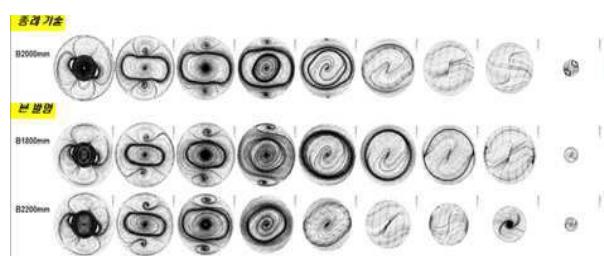
도면2



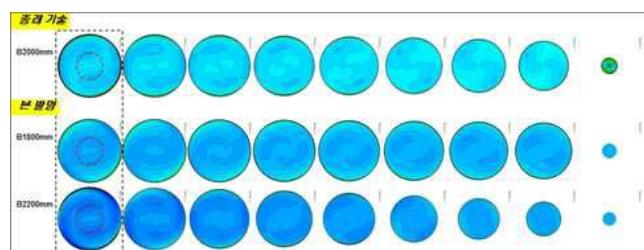
도면3



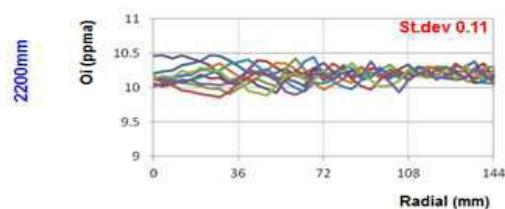
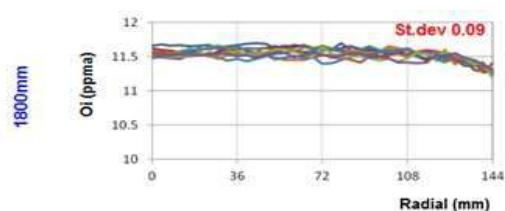
도면4



도면5



도면6a



도면6b

