서 울 대 학 교 SEOUL NATIONAL UNIVERSITY **보 도 자 료** http://www.snu.ac.kr

즉시 보도하여 주시기 바랍니다.

문의 : 담당자 연락처(02-880-7749, 010-5408-7749)
연구단장/연구책임자 박건식 교수(02-880-7749) / 교신저자

지문의 역할 규명

-서울대 박건식 교수팀, 지문의 그립 동작에서의 역할 및 원리 규명-

□ 지문은 손가락의 수분을 조절하는 미세 유체역학적인 통로로 초기 수분의 과다에 관계없이 손가락과 손가락이 닿는 표면 사이의 마찰력이 최대가 되게 하는 역할을 한다는 것을 최초로 규명

o 서울대학교 물리천문학부 박건식 교수 연구팀은 인체의 수화현상을 연구하던 중 고밀도의 땀샘이 존재하는 손가락과 발가락에서 효과적인 그립 동작을 위해 최적의 수화조건을 충족시키도록 유인원의 지문이 진화되었다는 것을 MHz, THz, IR, Visible 파를 이용하여 수분의 이동을 관찰함으로 현상의 원리를 최초로 규명하였다. 영국의 버밍햄대학(Michael Adams교수), 서울대 의과대학(김성완교수), 연세대 의과대학(이민걸교수)와 협력하였다.

o 이러한 현상의 기본 원리에 대한 이해는 매끄러운 스크린(flat screen)등 거의 모든 접촉(ubiquitous contact)의 응용에 중요하며 특히 개선된 촉각 센서와 햅틱(haptic) 피드백 시스템의 개발에 도움이 될 수 있다. 로봇이나 인공 손등에도 활용될 수 있을 것으로 기대됨.

□ 손가락과 접촉하는 방식의 센서, 그립/촉각 시스템 및 위변조 방지기술 등에 활용될 것으로 기대

o 손가락의 초기 수화상태에 관계없이 지문과 표면 사이의 마찰력이 최대가 되는 최적의 수화조건이 스스로 조절됨을 관찰함

o 수분의 모세관 증발 정도 및 지문 내부의 수분정도의 변화는 보안 연구개발에도 활용

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명

연 구 결 과

Fingerprint ridges allow primates to regulate grip

Seoung-Mok Yum*, In-Keun Baek*, Dongpyo Hong, Juhan Kim, Kyunghoon Jung, Seontae Kim, Kihoon Eom, Jeongmin Jang, Seonmyeong Kim, Matlabjon Sattorov, Min-Geol Lee, Sungwan Kim, Michael J. Adams, and Gun-Sik Park

(Proceedings of the National Academy of Sciences, PNAS, *in press*)

본 연구는 지문이 그립(grip)을 어떻게 향상시키는 가에 대한 근거를 제시합니다. 영장류에서 지문이 진화한 이유와 그립을 돕는 지문의 역할은 이제까지 잘 이해되지 않았었다. 손가락과 발가락의 끝은 평평한 피부보다 땀샘의 밀도가 훨씬 더 높으며 지문 융기(fingerprint ridge) 아래의 땀샘은 온도 변화보다 감정 상태와 불안에 반응하여 지문 융기가 수분과 상호 작용하여 피부와 그립 표면 사이의 마찰을 조절하게 된다. 서울대학교 박건식교수 연구팀은 영국 버밍햄대학의 Michael J. Adams교수, 서울대학교 의과대학 김성완교수, 연세대학교 의과대학 이민걸교수와 다양한 분광 및 단층 이미징 기술을 사용하여 유리 표면과 접촉하는 손가락 끝의 수분 거동을 특성화했습니다. 초기에 건조한 손가락 끝의 경우 땀 분비로 인해 피부가 가소화(plasticization)되고 마찰이 증가하여 지문 융기와 표면이 충분히 밀착되어 땀샘이 효과적으로 차단됩니다. 반면 초기에 젖은 손가락 끝의 경우 지문 고랑(furrow)은 모세관 증발을 통해 과도한 수분의 제거가 용이해지게 된다. 따라서 손가락 끝이 처음에 젖었는지 건조되었는지에 관계없이 손가락 끝의 수분량은 항상 손가락과 유리 사이의 최대 마찰에 해당하는 동일한 값을 가지게 됩니다. 본 연구의 기본 메커니즘에 대한 이해는 손가락 패드(pad)가 닿게 되는 편평한 스크린(flat screen)등 거의 모든 접촉(ubiquitous contact)의 응용에 중요하며 특히 개선된 촉각 센서와 햅틱(haptic) 피드백 시스템의 개발에 도움이 될 수 있다.

□ 연구의 필요성

o 햅틱 피드백과 터치 스크린, 로봇 및 보철 응용 분야를 위한 인공 손들에 대한 수요로 인해 특히 매끄러운 표면에 대한 인간 손가락 패드의 마찰에 대한 관심이 다시 떠오르고 있다. 그렇지만 그립 이벤트에서의 지문 융기의 역

할에 대해서는 오랫동안 풀리지 않은 질문이었다. 그립은 우리와 다른 영장류 활동의 중심에 있다. 스포츠 장비 사용, 채집 목적의 나무 등반과 과일을 먹는 것과 같은 물체의 정밀 조작등이 예이다.

□ 연구의 내용

o 초기의 수분의 정도와 무관하게 손가락과 물체 표면 사이의 수분정도는 같은 값으로 수렴한다. 또한 이때 최대 마찰력을 유지한다.

o 지문이 있는 경우에만 최적의 수분조건으로 수렴하며 지문이 없는 피부에서는 지속적으로 수분이 증가하던지 과다한 수분의 경우에는 수분 정도가 줄어들지 않는다.

o 수분에 과다하게 노출되는 경우에 지문은 미세 유체 채널같은 역할을 통해 측면 및 축면 메니스커스를 형성하여 모세관 증발 현상이 유도되어 적절한 수분 정도를 손가락과 표면사이에 유지하게 한다.

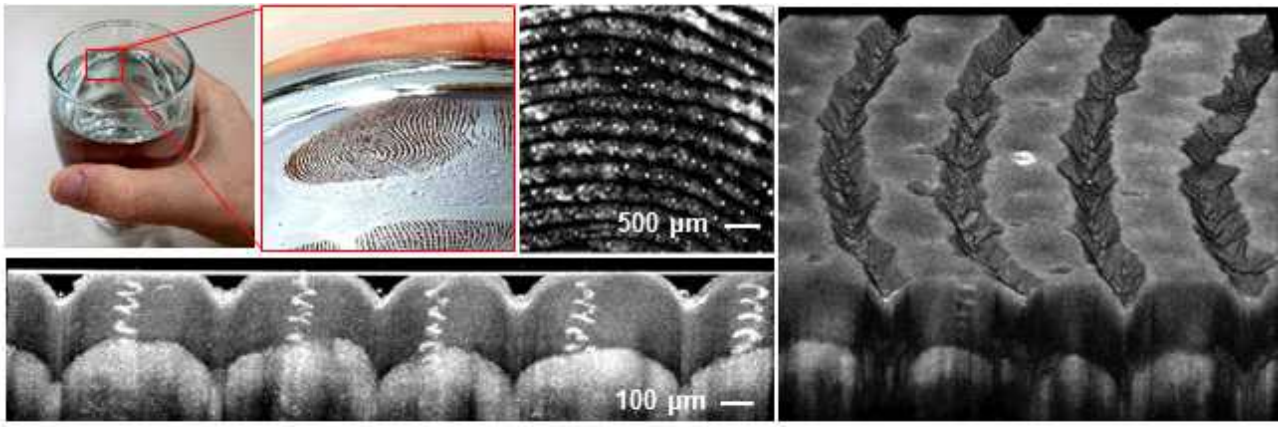
o 시간에 따른 수분의 이동과 증발 현상은 MHz, THz, IR, visible 파를 통해 관찰되었다.

□ 연구의 성과

o 영장류는 왜 손과 발의 volar 영역에서 표피 융기(지문)를 진화 시켰으며 그 부위에훨씬 더 큰 땀샘 밀도를 가지고 있을까? 지문 주변에는 편평한 피부보다 땀샘이 많아서 온도 조절 메커니즘으로 작동하는 것보다도 왜 오히려 불안에 더 예민하게 반응하는가? 단단한 물체와 접촉을 하고 있는 동안 융기 부분(지문)은 외부에서 수분이 공급되든지 땀샘에서 땀이 나든지 수분 수준을 조절하여 그립 및 정밀 조작이 가능하게 한다. 마찰이 극대화되고 치명적인 미끄러짐이 억제되도록 스스로 조절되고 있는 것이다. 이러한 기본 메커니즘에 대한 이해는 특히 손가락 패드의 평면 스크린과의 접촉 즉 거의 유비쿼터스 접촉에 대한 응용에서 중요할 것이고 햅틱 피드백의 개발 성능에 중요하리라 기대됨.

용 어 설 명

o Frictional ridge (지문)



o MHz, THz, IR, visible 파

모두 전자기파의 일종으로 MHz, THz파는 진동수가 각각 10^6 Hz, 10^{12} Hz 인 전자기파이며 IR, visible 파는 각각 적외선 및 가시광선 대역의 전자기파이다.

o THz TDS 분광기

THz-time domain spectroscopy(THz TDS 분광기)은 펨토초(fs) 펄스 레이저의 레이저 펄스를 광스위칭 화합물반도체 또는 비선형 광학 결정 등에 조사해서 테라헤르츠파 펄스를 발생시키고 이를 샘플에 입사하는 장치이다. 샘플에 투과 또는 반사한 테라헤르츠파를 파원과 동일한 광스위치나 전기광학 결정으로써 검출한다. 관측된 펄스파형을 푸리에 변환(FFT)하면 진폭 스펙트럼과 위상 스펙트럼을 얻는다. 반사형 및 투과형 분광기를 사용하게 된다.

o OCT 단층 영상기

광간섭 단층 영상(Optical Coherence Tomography, OCT) 기기는 광의 간섭 현상과 공초첨 현미경 원리를 조합하여 생체조직 내부의 미세 구조를 영상화할 수 있는 높은 분해능을 가진 영상 진단 기기이다.

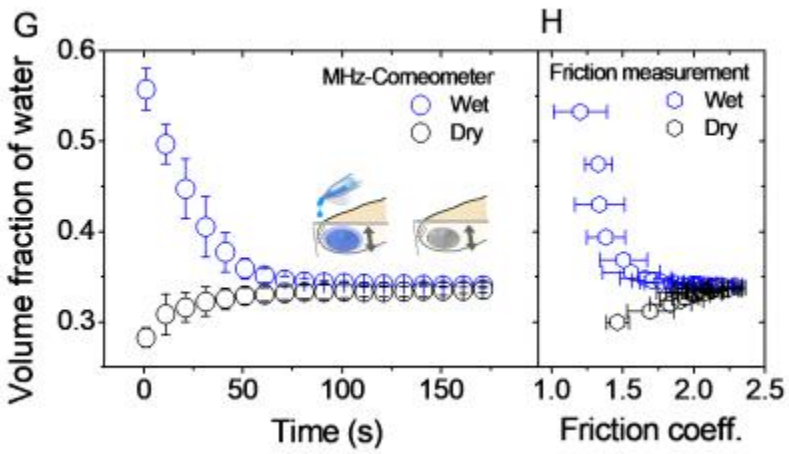
o capillary evaporation (모세관 증발)

모세관 구조의 증발은 토양 및 연료 전지의 증발, 전자 냉각 산업에 사용되는 2상 열전달 냉각 장치, 증발 구동 엔진, 다공성 코팅 형성과 같은 많은 자연 또는 기술 시스템 및 프로세스에서 발생합니다. 이러한 증발 현상은 또한 위상 다이어그램을 탐색하거나 유체의 특성을 특성화하기 위해 미세 유체 장치에 사용되기도 한다.

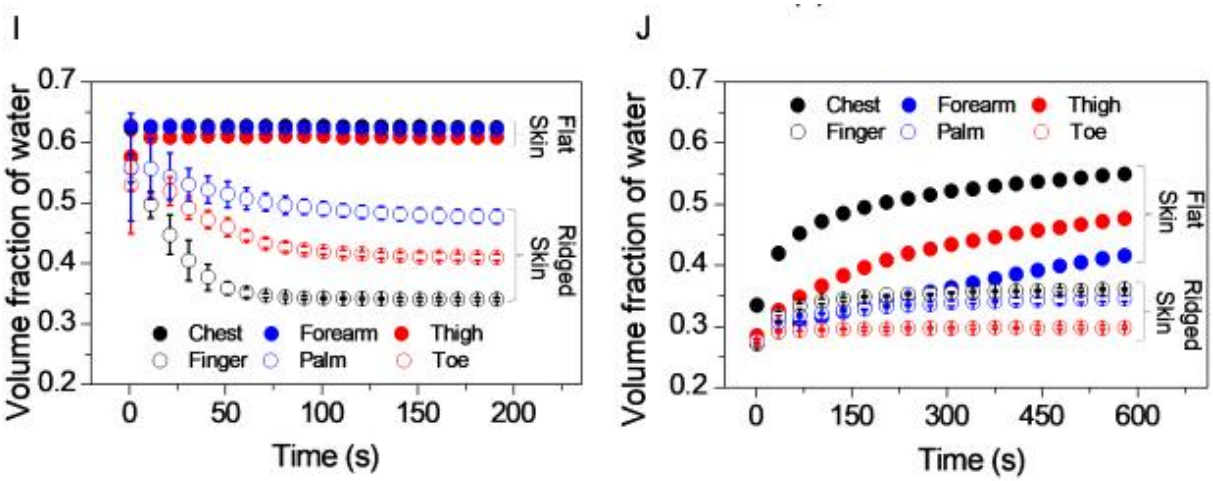
그 림 설 명

펨토초 레이저 기반 편광 조정 가능한 테라헤르츠파 분광기, 적외선을 이용하는 OCT, MHz 파를 이용한 수분측정기를 이용하여 수분 조절 메커니즘은 미세 유체 모세관 증발 메커니즘과 땀구멍 차단 메커니즘으로 설명될 수 있음을 관찰하였다.

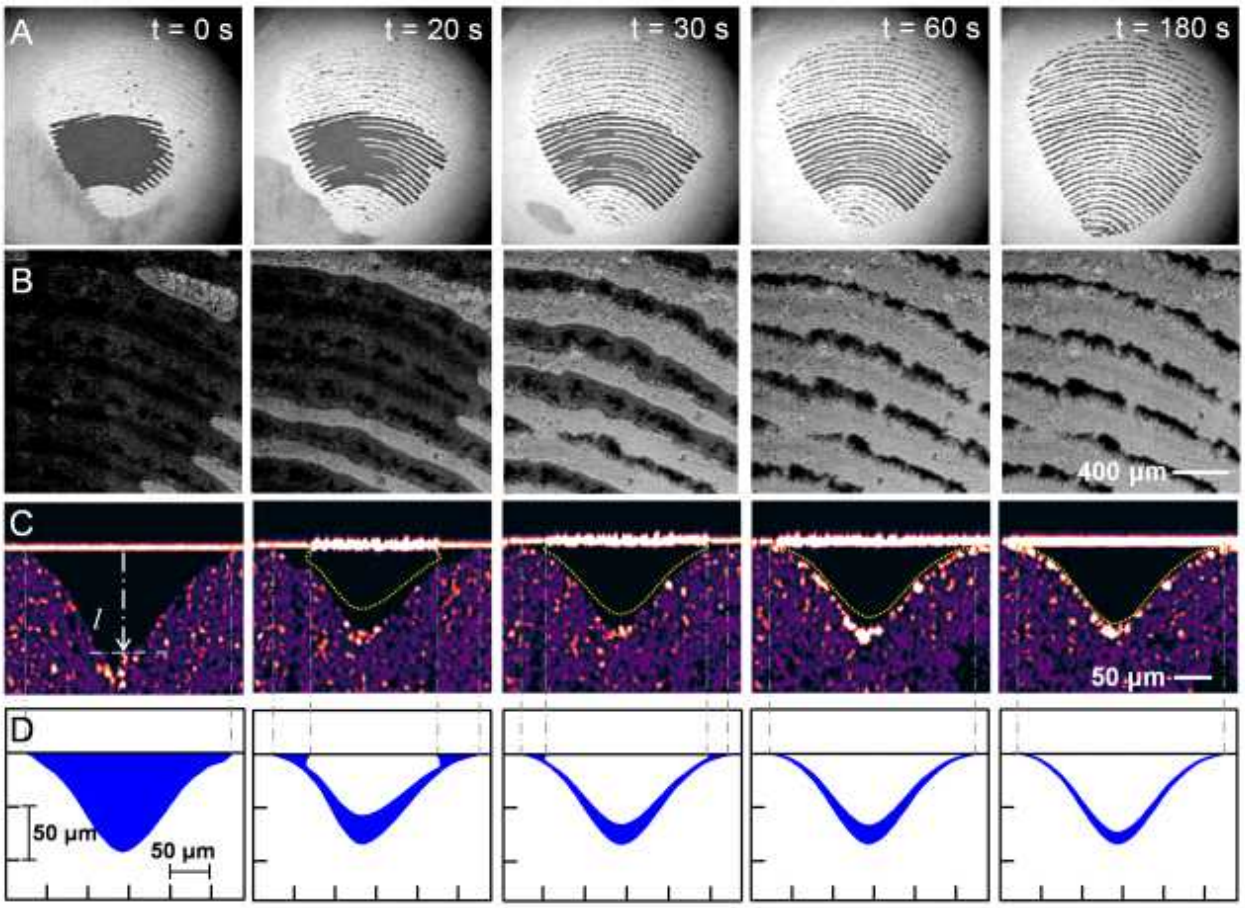
-초기에 젖었든지 건조된 상태인지에 관계없이 마찰을 극대화하는 최적 수분량을 유지하도록 지문이 역할을 한다는 것을 보인 그래프



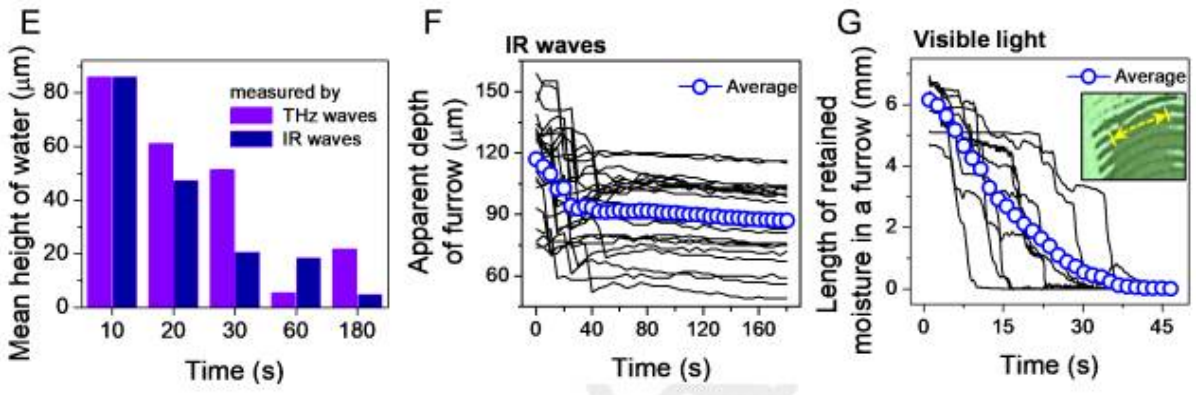
-지문이 없는 flat skin에서는 마찰을 극대화하도록 최적 수분량을 유지하지 않음을 보인 그래프



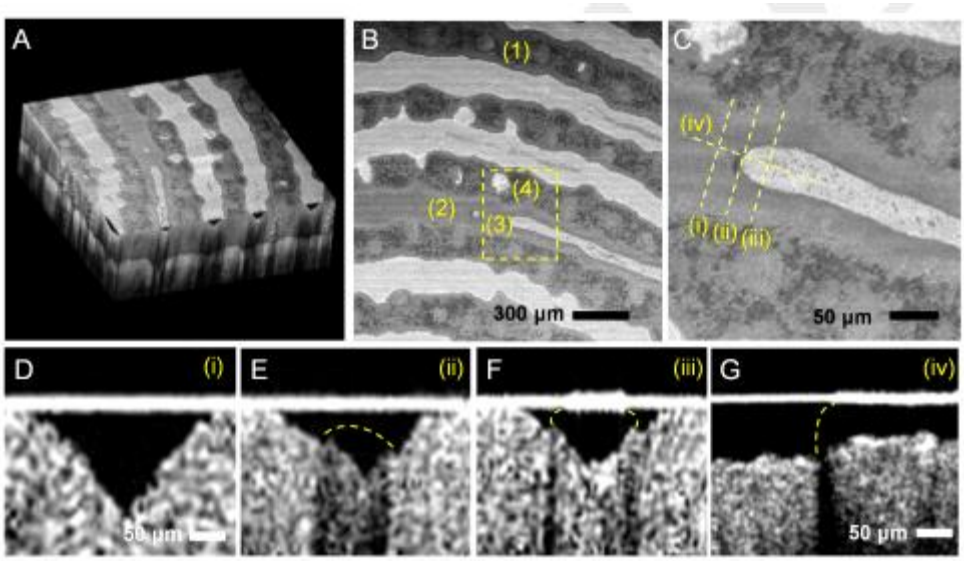
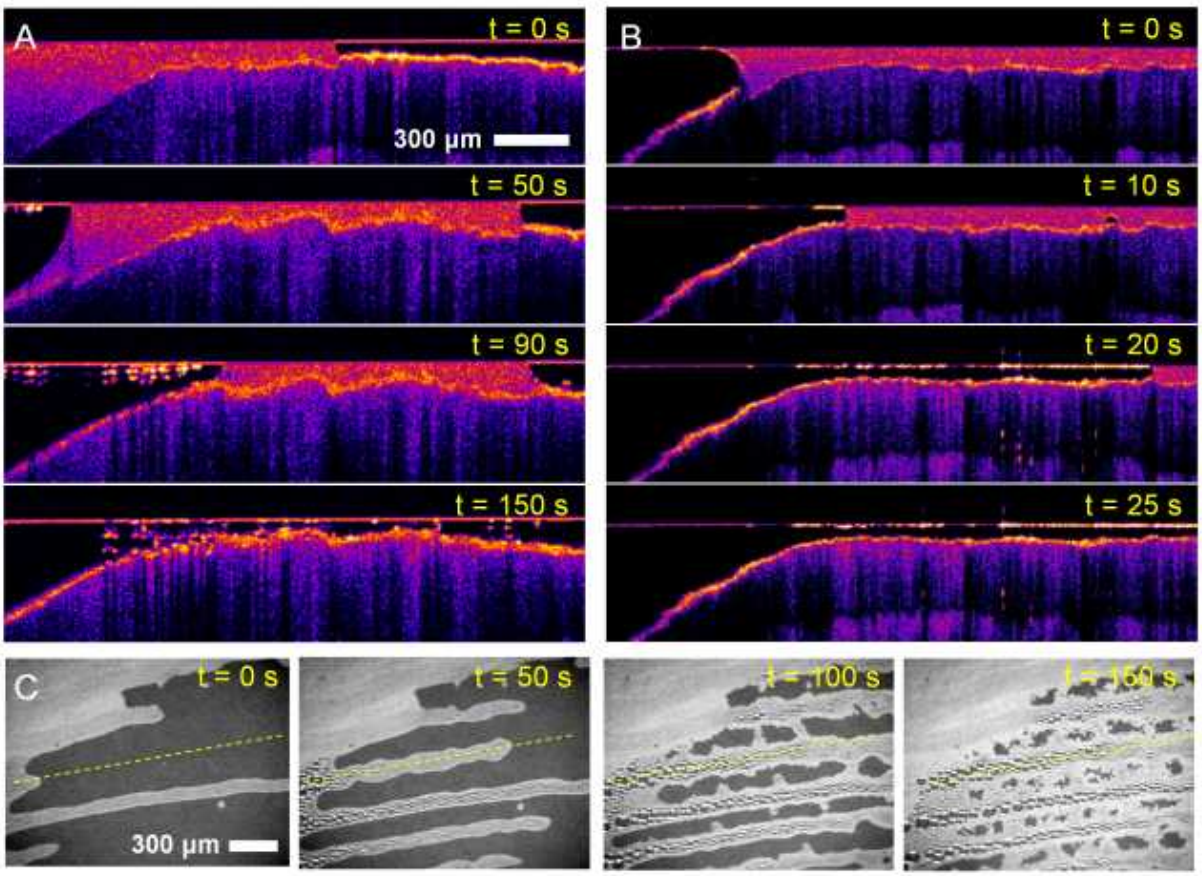
-시간에 따라초기의 수분이 사라지는 것을 IR OCT로 관찰함



-시간에 따른 수분의 이동을 비교 (THz, IR, visible light)



-측면 축면 메니스커스의 형성



-미세 모세관 채널에 형성된 메니스커스를 통하여 증발된 수분을 관찰함