

# 2차원물질 검출기 사용 설명서

Model: SLG2

(주) 세종과학기기

## 1장: 제품 배경 설명

- 2차원 소재는 사물인터넷, 휘어지는 소자, 초저전력 소자, 차세대 배터리, 정수필터, 우주선 등 다양한 산업 분야에 적용이 가능한 원천 소재이다. 2차원(2D) 소재는 원자들이 단일 원자층 두께(약  $1\text{nm}=10^9$ 분의  $1\text{m}$ )를 가지고 평면에서 결정구조를 이루는 물질을 말한다.

- 2차원 소재는 전기적 특성에 따라 도체, 반도체, 부도체로 분류할 수 있으며 대표적으로 도체 성질을 가지는 그래핀(graphene), 반도체 성질을 가지는 전이금속 디칼코게나이드(TMDC; transition metal dichalcogenide), 흑린(black phosphorous), 그리고 부도체 성질을 가지는 육방정계 질화붕소(Hbn; hexagonal boron nitride)가 있다.

- 대표적인 2차원 물질인 그래핀(graphene)은 흑연 덩어리로 부터, 접착성 스카치 테이프를 붙였다 떼었다를 반복하여 몇 겹의 원자층을 기계적으로 벗겨내는 기계적 박리법(Mechanical exfoliation)에 의해서 발견되었고 이 단순한 방식이 아직도 많은 연구자들에 의해서 활용되고 있다. 기계적 박리법은 수율이 매우 낮고 대면적화 할 수 없음에도 불구하고 현재까지도 가장 우수한 품질의 2차원 물질을 얻을 수 있기 때문에 사용되고 있다.

- 하지만 기계적 박리 후에 연구자가 직접 눈으로 광학현미경을 보면서 단일층의 2차원 물질을 찾는 작업은 시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라 공기중에서 장시간 작업을 할 경우 시료가 산화되는 문제가 있고, 또한 수율이 매우 낮아서  $1\text{cm}^2$  당 1~2개 정도의 단일층 결정 플레이크(flake, 조각)가 발견되는데 정도다. 2차원물질 검사 장비는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 개발되었다

- 본 매뉴얼은 기계적으로 박리된 2차원 물질을 자동으로 찾아서 위치를 기록해주는 2D detector의 사용법을 설명한다

## 2장: 사용법

(장치 전원 켜기) stage controller와 LED illuminator의 전원 스위치를 켜다.

(시료 장착 및 높이 조절) 시료의 왼쪽 하단부분이 원점 근처에 놓이도록 올려놓는다. 원점의 위치는 Illuminator의 전원을 켜고 세기를 높이면 백색 광원이 대물렌즈 아래로 나오게 되는데, 이 위치를 원점으로 간주하면 된다. 즉 광원이 시료의 왼쪽 하단 부분을 비추게 되면 적절한 위치다. 대물렌즈의 working distance는 2 cm다. 즉, 대략적인 초점거리는 대물렌즈의 아래 끝에서 시료의 높이까지 2 cm로 조정한다. 손으로 직접 현미경과 연결된 레버나 z축모터 손잡이를 돌려서 진행한다.

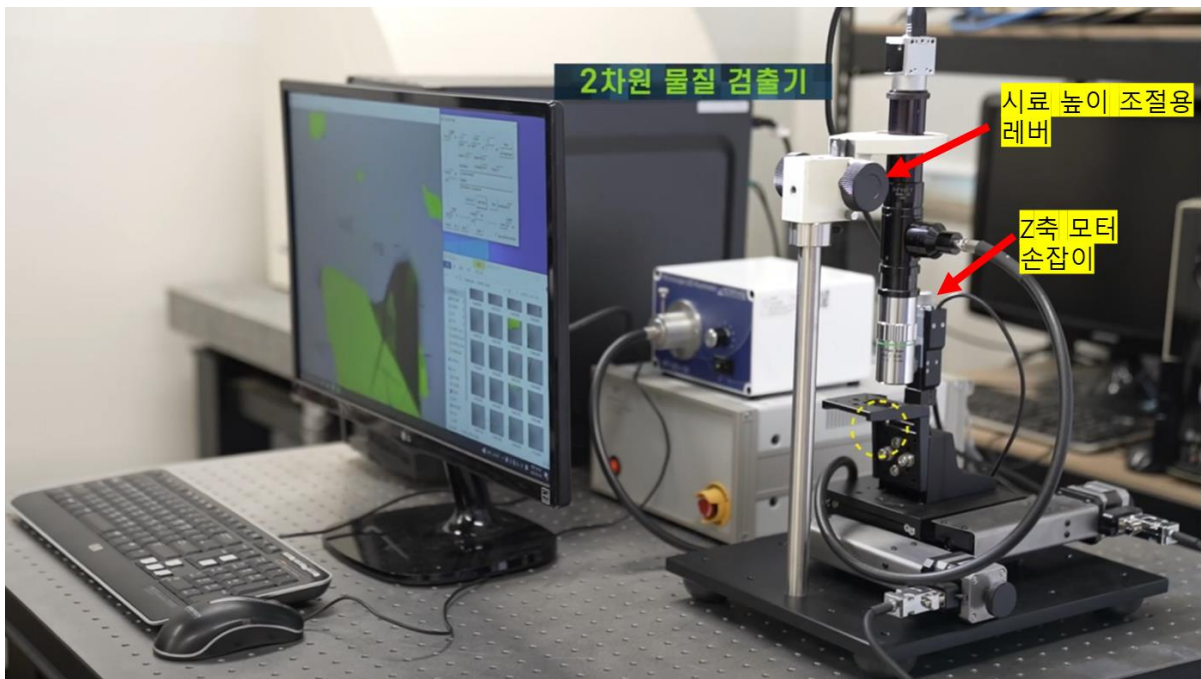


그림 1 장비의 전체적인 사진

(프로그램 시작) 구동용 pc에서 SLG64 아이콘을 더블 클릭한다.

(초점 맞추기) 윈도우의 메인 화면에 현미경 이미지가 보이고 오른쪽에 Control

Panel 창이 보인다. 현미경 이미지가 흐릿하게 보일 때는 초점을 자동으로 맞추기 위해서 우선 좌측 하단에 coarse 또는 fine 버튼을 눌러준다. 여기서 coarse는 초점 높이가 많이 떨어져 있을 경우 대략적으로 초점을 맞추는 버튼이고, fine 버튼은 정밀하게 초점을 맞추기 위한 버튼이다. 버튼을 누르면 Z 축에 달린 모터에 의해서 높이가 바뀌면서 초점을 자동으로 맞추는 것을 확인할 수 있다. 단 이때 초점이 너무 안 맞는 경우는 수동 위치 조절이 필요하다. Coarse 또는 fine 버튼으로 높이를 적절히 맞춘 다음, focus 버튼을 누르면 정밀 초점 조절이 진행된다. 원점에서 초점을 맞추면 이 위치의 높이가 Origin 버튼 옆에 있는 Z depth 창에 저장되고 이 값은 scan시에 원점의 z 높이로 간주하여 기울기 조절을 위한 기준점으로 사용된다.

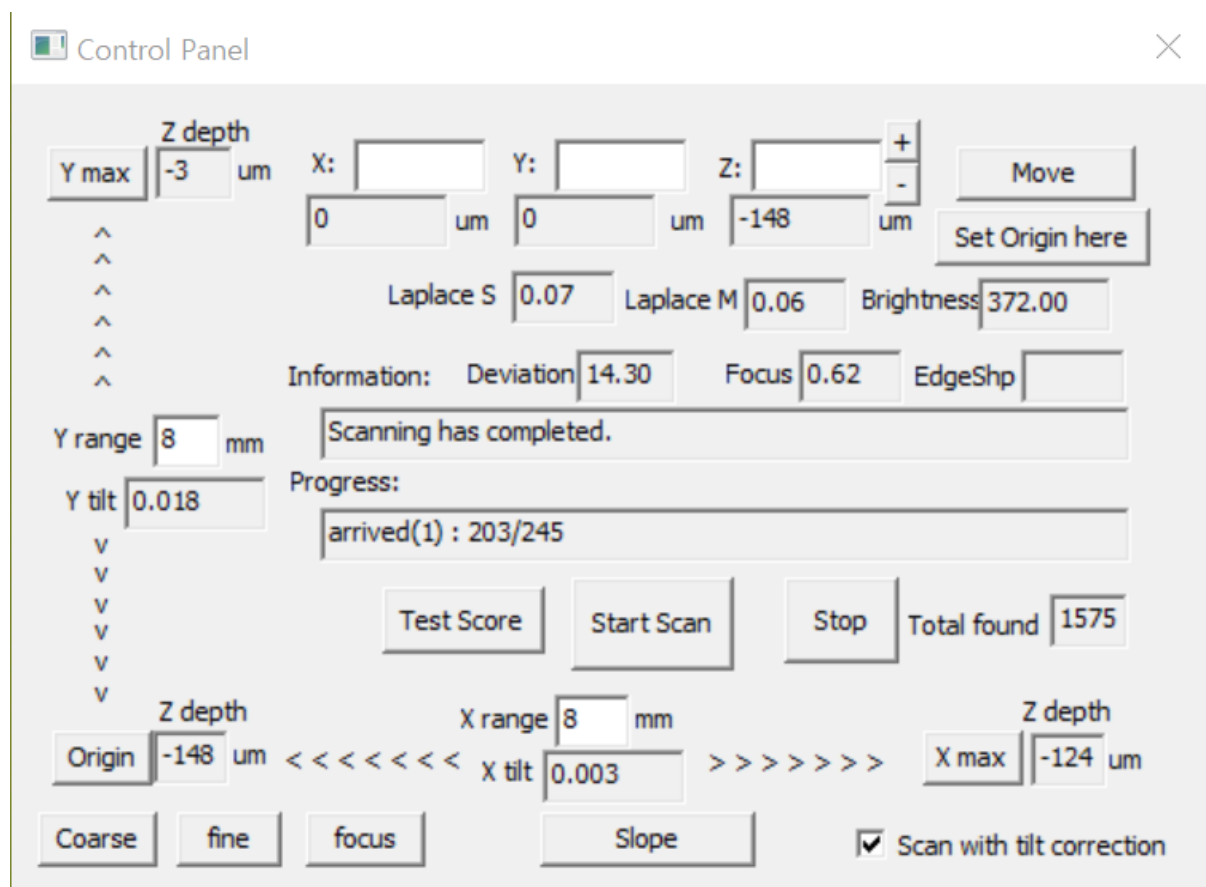


그림 2 Control Panel 창

(스캔 범위 조정) Control panel의 X range와 Y range의 기본값이 적정한지 확인한다. 최소 1 mm에서 최대 50 mm까지 가능하며 사용자의 시료의 크기에 따라 값

을 조정해준다. 이 값이 잘 맞았는지 확인하기 위해서 오른쪽 X max의 버튼을 눌러주면, X축 모터가 x범위의 최대값으로 이동한다. 이 위치에서 자동 또는 수동 초점 맞추기를 수행한 다음 focus 버튼을 눌러주면 X max 위치에서 초점의 높이 (Z depth)가 기록된다. 마찬가지로 Y max 버튼도 눌러서 범위가 적정한지 확인한 후 초점을 맞추고 focus 버튼을 눌러서 Y max 위치의 초점의 높이를 기록한다. 이미지를 모니터로 보면서 미세조절을 하기 위해서 z: 창 옆에 있는 + 또는 - 버튼을 누르면 1 um씩 높이가 조절되면 이 값이 z depth값으로 저장된다.

(스캔하기) 스캔시에는 시료의 기울기를 보정하면서 스캔하는 방식과 기울기를 무시하고 스캔하는 두가지 방식이 있다. 우측하단의 "scan with tilt correction"을 체크하면 기울기 보정이 되며, 체크를 해지하면 동일한 높이에서 스캔한다. 시료의 크기가 5mm 이하의 경우는 기울기를 무시하고 스캔해도 무방하다.

(기울기 보정 후 스캔하기) 기울기 보정을 하려면 하단 중앙에 있는 X-tilt와 좌측 중앙에 Y-tilt 값이 정해져야 하는데, 이 값이 빈칸으로 있는 상태에서, "scan with tilt correction"을 체크하고, "start scan" 버튼을 누르면 기울기를 측정하는 과정을 먼저 자동으로 수행하고 스캔을 시작한다. Origin, X max, 그리고 Y max, 각각의 Z-depth이 표시되어 있는 상태에서 slope 버튼을 누르면 기울기 값이 계산되어 표시된다. 이 상태에서 "start scan" 버튼을 누르면 바로 스캔을 시작할 수 있다. 스캔을 중단하고자 할 때는 마우스로 화면을 클릭하면 된다.

(스캔 진행 상태 확인)  
스캔중에는 control panel의 중앙에 위치한 information 상자와 progress 상자에 진행률과 남은 시간이 표시되고 상단에 X와 Y, 그리고 Z 상자에는 현

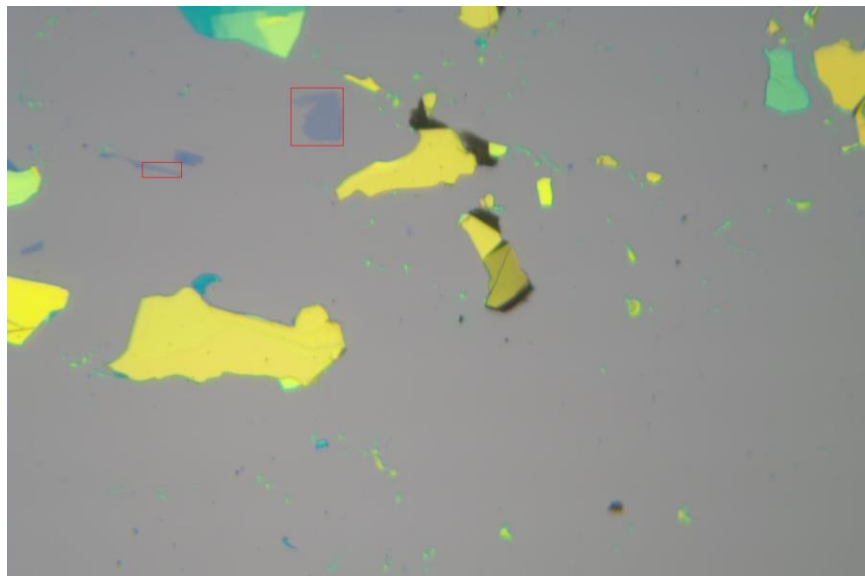


그림 3 저장된 이미지

재 모터의 스캔 위치가 표시된다. 스캔이 마무리되면 스캔을 자동으로 멈추고 원점으로 돌아가서 일반 현미경 모드로 바뀐다. 이 상태에서 현미경의 이미지를 저장하고 싶으면 enter키를 누르거나 메뉴에서 이미지 저장을 선택한다.

(이미지 확인)

스캔을 통해서 찾아낸 2차원 물질들의 이미지는 pc 바탕화면의 "image data" 폴더에 현재 날짜와 시각을 폴더명으로 하는 폴더가 자동 생성되어 그 폴더 속에 저장된다. 이미지의 파일 명은 시료의 위치 좌표를 보여주며, 원점의 이미지 즉 "(0,0)"의 이미지는 원점 확인을 위해서 항상 저장된다. 저장된 이미지에서 찾아낸 2차원 물질의 조각은 빨간색 네모 테두리로 표시된다.

(명암비 검색 조건) analysis 메뉴 아래 configuration 메뉴를 선택하면 configuration 창이 나온다. 여기서 2차원 물질(2D material)의 종류와 기판(substrate)의 종류를 선택하면 해당하는 조건에 이론적으로 계산된 적색, 녹색, 파란색의 명암비 기본값이 나타난다. 수동으로 이 값들은 조정하여도 무방하다. 오차범위를 의미하는 "tolerance"값도 조정이 가능한데, 이 값을 크게 잡으면 노이즈가 많이 섞이게 되며, 적게 잡으면 선명하지 않은 2차원물질을 인식하지 못하는 경우가 발생한다. 이 값은 자동으로도 설정되지만, 일반적으로 R, G, B 각각의 명암비 중에서 가장 큰 값의 절반 정도를 잡아주는 것이 적정하다. 설정된 값이 적정한지를 확인하기 위해서 "Test Now" 버튼을 눌러보면 2차원 물질의 테두리가 표시되고 판정값도 표시되는 것을 볼 수 있다.

(크기 범위) Flake의 크기 범위를 설정하기 위해서 size (um<sup>2</sup>) 표시의 양쪽에 최소값과 최대값을 입력하는 창에 원하는 flake의 범위를 입력한다. 이때 항상 최대값이 최소값보다 크게 입력해야 값이 설정된다.

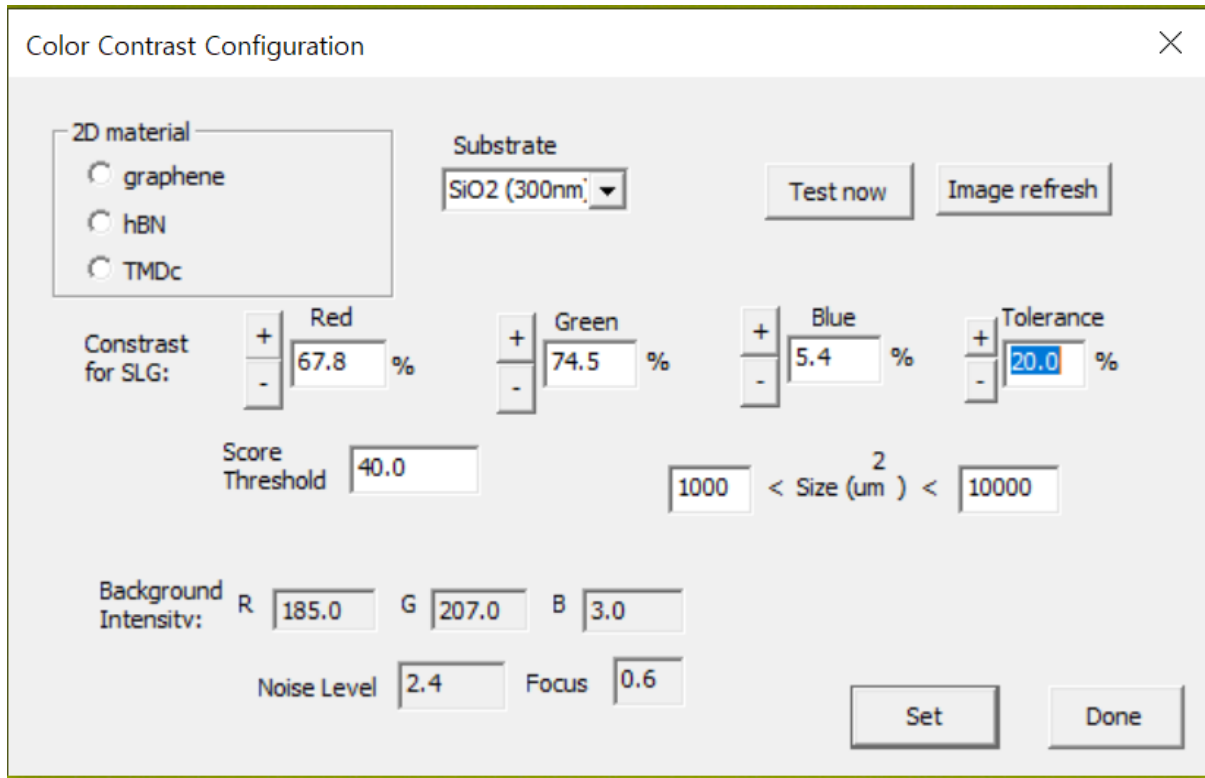


그림 4 configuration 창

(키보드 마우스 조작을 통한 시료의 위치 조절) 키보드의 화살표 버튼을 누르면 400 마이크로미터 간격으로 시료의 상하좌우 위치를 움직일 수 있고, 초점이 흐려질 경우에는 PgUp, PgDn 키를 눌러서 높이를 조정한다. 또한 우측 하단에 있는 joystick창에 해당하는 버튼을 마우스로 눌러서 한 스텝씩 이동할 수 있다. 이때 스텝의 간격을 변경하기 위해서 step값을 변경하면 된다.

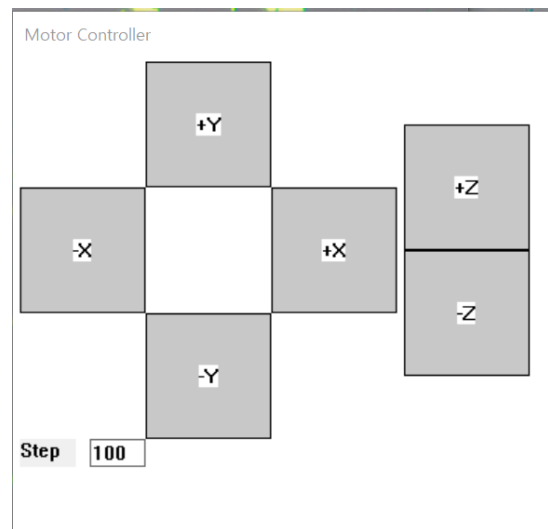


그림 5 스테이지 위치 조절용 joystick창

(2차원 물질의 검색 조건 수동 조정)

새로운 물질이나 새로운 기판을 사용하여 명암비의 적정값을 가늠하기 어려운 경우에는 현미경 이미지를 눈으로 보면서 검색한다. 2차원 물질로 추정되는 조각이

발견되면 enter키를 눌러서 이미지를 저장할 수 있다. 이때 2차원 물질 부분을 마우스로 왼쪽 클릭하면 해당하는 픽셀의 R, G, B 각각의 명암비를 메시지 박스에서 보여준다. 명암비를 이 값으로 바꿀 것인지를 물어보며, 여기서 yes 버튼을 누르면 이 화소의 명암비가 2차원물질을 판단하는 명암비로 설정된다. 물론 잘못 누른 경우에는 configuration 메뉴로 돌아가서 원래 상태로 변경하면 된다.

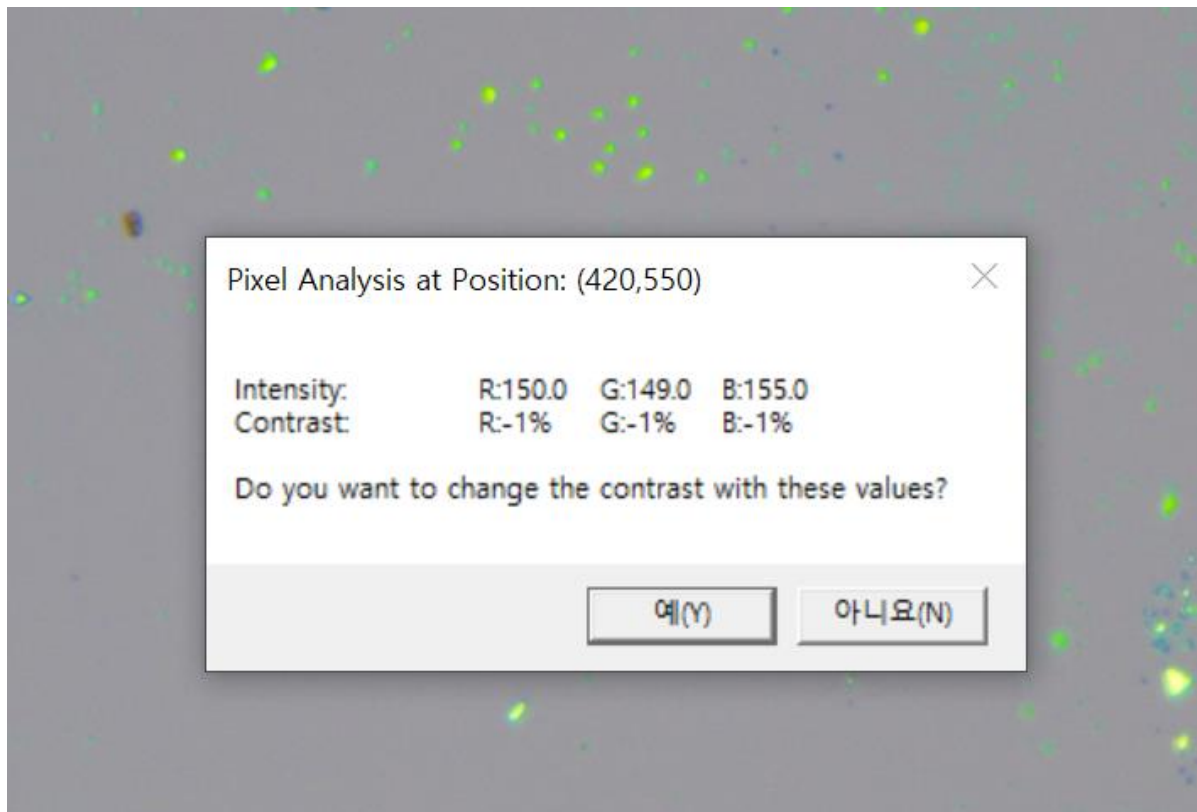


그림 6 원하는 flake를 마우스로 클릭하면 이 위치의 RGB값을 보여주며 예 버튼을 누르면 이 값에 해당하는 명암비를 검색 값으로 설정할 수 있다.



### 3장: 맺음말

이상으로 장비 사용에 관한 설명을 마치며, 그 밖에 더 자세한 사용상의 문의가 있으면 본사(세종과학기기)에 연락하여 기술지원을 받기 바랍니다. 본사는 표준화된 부품을 사용하여 사용자가 연구목적에 맞게 개조하는 것을 적극적으로 지원하고 있습니다.