

사용자 간편 매뉴얼

Scanning Photo Current Microscope  
(SPCM01)

(주)세종과학기기

## 장비명: Scanning Photocurrent microscope

모델명 SPCM01

### 제품 설명:

본 제품은 photocurrent 맵핑을 주된 기능으로 하면서 오토 포커싱, I-V 곡선 측정, 시간에 따른 광전류 변화 곡선 측정, 등 다양한 편의 기능을 포함하고 있습니다. 나노소자 뿐만 아니라 태양광 소자의 특성을 연구하는데 유용한 도구로 사용됩니다.

### 하드웨어 설명:

(장비 후면) 장비의 뒤쪽에 전원스위치와 bias 전압 입력 또는 광전류 신호의 출력을 위해 두개의 BNC 커넥터가 있습니다. 이 두개의 BNC 커넥터는 앞쪽 위치한 소자에 연결하기 위해서 만능기판의 헤더 핀으로 연결되어 있습니다. 즉, BNC 커넥터는 sourcemeter나 multimeter와 같은 외부 장비에 연결하는 용도로 활용됩니다.

(장비 전면) 앞쪽의 만능기판 헤더 핀은 시료 소자에 직접 연결하기 위한 용도로 사용합니다. 나노소자의 측정을 위해서 정전기 방지를 위해, 헤더 핀을 이용하여 +/- 단자를 short 시킬 수 있도록 여분의 소켓을 제공하고 있습니다.

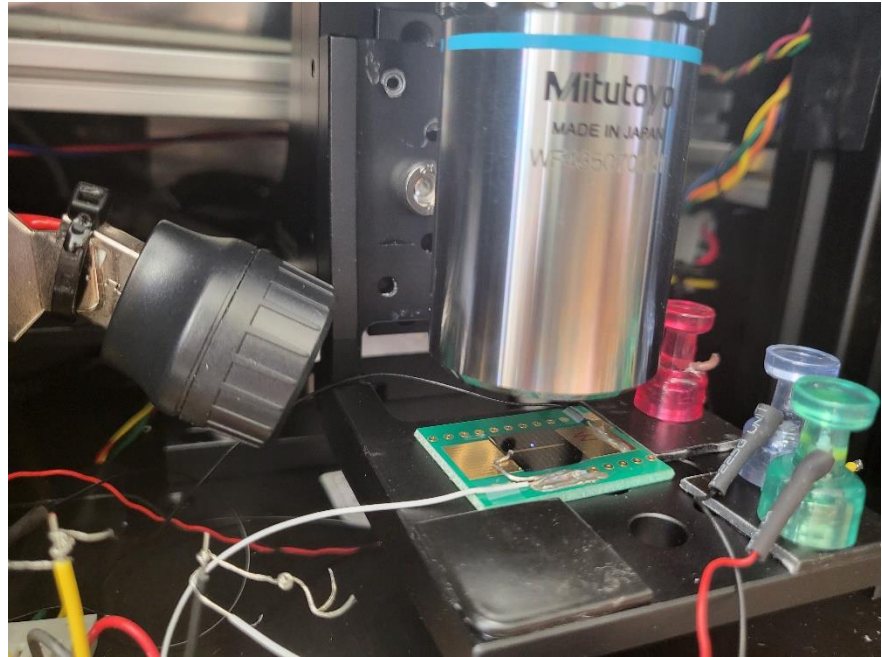
### 시료 소자 장착

장비의 내부는 어둡기 때문에 시료 장착을 위해서 왼쪽에 있는 내부 등 스위치를 이용해서 LED 등을 켭니다. 본 제품은 연구용으로 제작된 1-2 cm 크기의 기판 위에 구성된 소자를 측정하기 위한 장비로 PN 접합 소자 또는 태양광 소자를 포함하여 일반적인 다양한 시료를 측정할 수 있도록 설계되었습니다. 시료 소자가 전선으로 연결되어 있는 경우와 전선이 없이 기판위에 전극만 있는 경우에 다 사용할 수 있도록, 헤더 소켓과 핀을 제공하고 있습니다. 전선이 있는 경우에는 핀에 전선을 감아서 소켓에 끼워 사용하고, 전선이 없는 경우는 시료 스테이지 위에 3개의 프로브 탐침을 이용하여 전극에 연결할 수 있습니다. 프로브 탐침은 자석 핸들에 고정되어 있고 자석 핸들은 수평으로 위치 조정이 가능하도록 설계되었습니다.

### 시료 높이:

본 제품은 1cm 이상의 넓은 높이 범위에서 시료 높이 조절을 가능하도록 설계되었습니다. 시료

표면의 위치를 대략적으로 맞추기 위해서 시료 뒷 편에 흰색의 테이프가 대물렌즈에 닿을 정도의 높이에 있을 때 대략적인 초점이 맞는 높이 입니다. 만약 시료의 높이가 높다면 그 높이 만큼 Z 값을 낮추면 됩니다.



시료의 XY 위치:

시료의 측정하고자 하는

위치를 레이저 초점에 위치시키기 위해서 우선 앱의 오른쪽 메뉴에서 "illuminate" "On"버튼을 누릅니다. Illuminator가 켜지면 시료의 표면 위에 백색 광이 대물렌즈를 통해서 내려오는 것을 볼 수 있습니다. 이 백색광이 비추는 위치에 시료의 측정하고자 하는 영역을 위치시키면 됩니다. 시료를 이동하는 것은 앱의 메뉴를 활용하여 조작합니다. (메인화면 오른쪽 단축버튼 위치 표시 및 변경 참조)

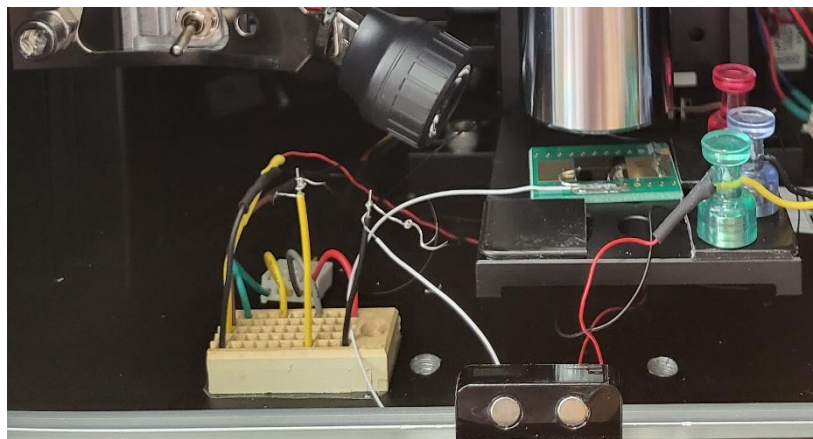


그림 1 시료의 전선을 연결하기 위한 헤드 소켓과 핀 연결 사진

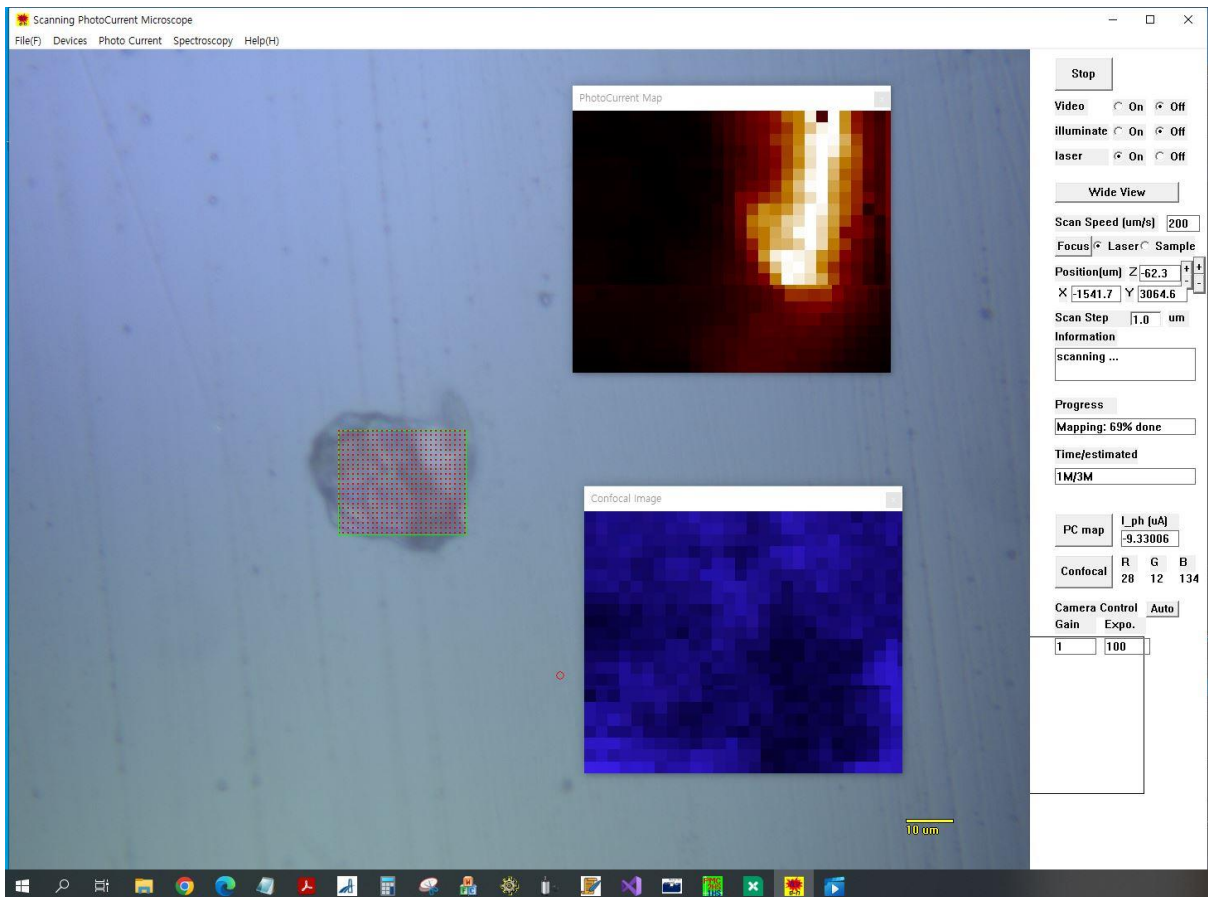


그림 2 윈도우 앱 SPCM.exe 실행 화면

## 메인화면 오른쪽 단축버튼

(Start 버튼) 메인 윈도우의 오른쪽에 다양한 입출력창과 조작 버튼이 있습니다. (그림 1 참조) 맨 위에 "Start" 버튼은 스캔을 시작하기 위한 버튼으로 버튼을 누르면 스캔이 시작됩니다. 스캔을 시작하기 전에 우선 측정하고자 하는 영역을 마우스 dragging을 통해서 설정합니다. 스캔을 중단하고 싶은 경우에는 이 버튼을 한 번 더 누르거나 메인 창에 어느 부분이든 마우스 왼쪽 클릭을 하면 됩니다. 이때 메시지 창이 새로 나타나면 한 번 더 확인을 하고 스캔을 중단할 지, 계속할지를 결정합니다. 스캔을 마치거나 또는 중단한 경우에도 자동으로 맵 데이터가 저장됩니다.

(데이터 저장 폴더) 사용자가 측정을 시작하면 바탕화면의 데이터 폴더 속에 현재 날짜와 시간으로 표시된 폴더가 자동 생성되고 측정을 마치면 항상 자동으로 데이터들이 저장됩니다.

(Video 버튼) 비디오 "On" 버튼을 누르면 현미경에 장착된 카메라가 읽어 들인 화상 이미지를 메인창에 실시간으로 보여주고 "Off" 버튼을 누르면 화상 이미지 출력이 중지됩니다.

(illuminate 버튼) illuminate "On" 버튼을 누르면 대물렌즈에 연결된 시료 관찰용 LED조명이 켜지면서 시료 표면을 관찰할 수 있게 해줍니다. "Off" 버튼을 누르면 조명이 꺼집니다.

(laser 버튼) laser "On" 버튼을 누르면 레이저가 켜지고 "Off" 버튼을 누르면 꺼집니다.

(Wide view 버튼) 50배율의 대물렌즈를 이용하여 시료를 관찰하기에 시야폭이 좁을 수 있기 때문에 넓은 시야를 제공하기 위해서 이 버튼을 누르면 주변의 영역에서 촬영된 9개의 화상을 연결시켜서 한 화면에 보여줍니다.

(스캔 속도) "Scan Speed (um/s)" 옆의 입력창에 숫자를 입력하고 엔터키를 치면 스캔 과정에서 시료의 이동속도가 설정됩니다. 단 실제로 스캔하면서 걸리는 시간은 이 스캔 속도뿐만 아니라, confocal image와 광전류 측정 장비의 interface에 의해서 더 크게 영향을 받습니다.

(Focus 버튼) "Focus" 버튼을 누르면 자동으로 초점을 맞추는 과정이 실행됩니다. 이 과정에서 z축

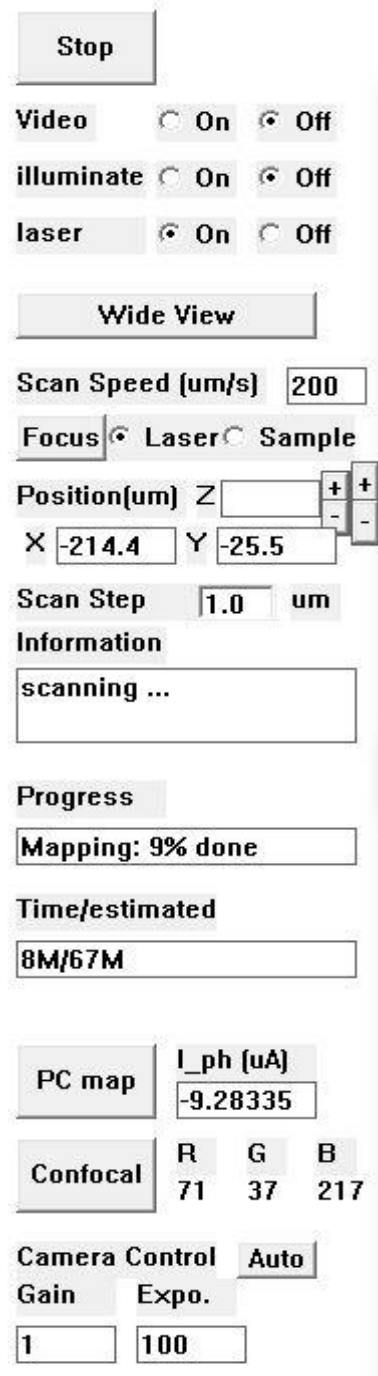


그림 3 메인 윈도우의 우측 메뉴판

모터가 이동하면서 초점을 조정하는 과정을 화면을 통해서 확인할 수 있습니다. Focus버튼 바로 옆에 있는 laser와 sample 라디오버튼은 각각, laser 초점과 sample의 위치를 확인하기 위한 버튼입니다. Laser 버튼을 누르면 illuminator가 꺼지고, laser가 켜집니다. 카메라의 노출시간과 증폭율을 최소화하여 레이저의 초점을 쉽게 확인할 수 있게 해줍니다. 이 상태에서 초점이 위치를 미세 조정하려면 초점위에 마우스 커서를 올리고 우클릭을 하며 초점이 조정됩니다. 한번 조정된 위치는 하드디스크에 저장되어 프로그램이 새로 시작되어도 조정된 위치를 기억합니다. sample버튼을 누르면 레이저는 꺼지고, illuminator가 켜지며, 카메라의 밝기가 자동조정되어 시료의 표면을 쉽게 확인할 수 있도록 해줍니다.

(위치 표시 및 변경) "Position(um)"에 X, Y, Z 각각에 현재 모터의 위치를 보여줍니다. 해당 창에 숫자를 입력하고 엔터를 치면 숫자에 해당하는 위치로 모터가 움직입니다. 여기서 단위는 마이크로미터입니다. 단 Z축 방향으로 움직일 때는 대물렌즈와의 거리가 충분히 떨어져 있는지 확인하고 움직이기 바랍니다. 키보드의 화살표 키를 누르면 100 마이크로미터 간격으로 움직입니다. 예를 들어, 오른쪽 화살표 키는 시료를 오른쪽으로 움직이며 이에 따라 화면상에서 이미지도 오른쪽으로 움직이는 것을 볼 수 있습니다. Z 표시창 옆에 "+", "-" 버튼이 있는데 작은 버튼은 0.5 마이크로미터씩, 큰 버튼은 5 um씩 Z 축 방향으로 이동하기 위한 버튼입니다. 또한 page up과 page down 키를 누르면 10 um씩 움직이며, 키를 계속 누르면 연속적으로 이동합니다.

(스캔스텝) "Scan step" 입력창에 숫자는 mapping 과정에서 한 픽셀의 크기를 결정합니다. 입력창에 다른 숫자를 입력하고 엔터를 치면 픽셀의 간격이 변경됩니다.

(상황 알림창) "Information" 창은 현재 앱이 동작되고 있는 상황을 표시해 줍니다.

(진행 알림창) "Progress" 창은 스캔을 하거나 포커싱을 할 때 진행 상황을 알려줍니다.

(시간 알림창) "Time/estimated"창은 스캔과정에서 현재까지 소요된 시간과 예상되는 전체 소요시간을 알려줍니다.

(Photocurrent map) "PC map" 버튼을 누르면 측정된 광전류 맵 데이터를 PC map 창에 보여줍니다. "I\_ph (um)" 창에서는 현재 측정된 광전류값을 실시간으로 보여줍니다.

(Confocal map) "Confocal" 버튼을 누르면 측정된 confocal image 데이터를 confocal map 창에 보여줍니다.

(RGB 값 추출) "R", "G", "B" 창은 레이저 초점 위치에서 감지된 화소의 RGB값을 각각 보여줍니다.

(카메라 조정) "Camera Control"의 "Auto" 버튼은 카메라의 노출시간과 증폭율을 자동으로 조정하는 버튼으로 시료의 표면을 모니터링할 때 주로 사용됩니다. "Gain"과 "expo."창은 각각 카메라의 증폭율과 노출시간을 의미하며 이 값은 레이저 신호를 감지하여 광전류를 측정할 때 적용되는 값을 보여줍니다. 정상적으로 동작하는 상황에서 이 값들은 최소값으로 설정됩니다.

## 메뉴 설명:

(측정 결과 데이터 저장) 새로운 측정 데이터가 얻어지면 자동으로 데이터를 저장합니다. 바탕화면의 데이터 폴더 속에 현재 날짜와 시간으로 표시된 폴더가 자동 생성되고 측정을 마치면 항상 자동으로 데이터들이 저장됩니다.

(화면이미지 저장) 시료의 현미경 이미지를 별도로 저장하고자 한다면 File 메뉴에 있는 "Save Window Image" 또는 "Save Camera Image" 메뉴를 선택하여 저장할 수 있습니다. "Save Window Image"는 메인 창으로 이미지를 저장하는 반면, "Save Camera Image"는 camera로부터 넘겨받은 메모리 상의 이미지를 저장하는 차이가 있으나 결과적으로는 동일한 이미지가 저장됩니다. 다만, wide view image를 저장하려면, "Save Window Image"를 선택하여야 합니다.



그림 2 File 메뉴에 있는 "Save Window Image" 또는 "Save Camera Image" 메뉴를 선택하여 저장

(설정) "Devices" 메뉴 아래에 "Configuration" 메뉴를 클릭하면 본 시스템의 전반적인 설정을 변경할 수 있습니다. 맨 왼쪽 상단에 "Current Equip" 콤보박스가 보이는데 외부에 USB를 통해서 연결된 장비를 선택하는 메뉴입니다. 내장되어 있는 Arduino 장치, NI-DAQ, GPIB-multimeter, GPIB-sourcemeter, USB- sourcemeter, 등을 선택하여 외부장치와 연결할 수 있습니다. 그밖에 다른 장치를 연결하려면 본 사의 기술지원을 받기 바랍니다. 바로 아래 "Initialize" 버튼을 클릭하면 시스템 내외부에 연결된 장비들과의 연결상태를 초기화할 수 있습니다. 앱을 시작하면서 자동으로 초기화하기 때문에 정상적인 경우에는 필요하지 않지만, 특정 장비가 꺼졌다 켜지는 경우나 일시적인 에러가 발생한 경우 "Initialize" 버튼을 클릭하면 초기화하고 다시 연결을 시도합니다.

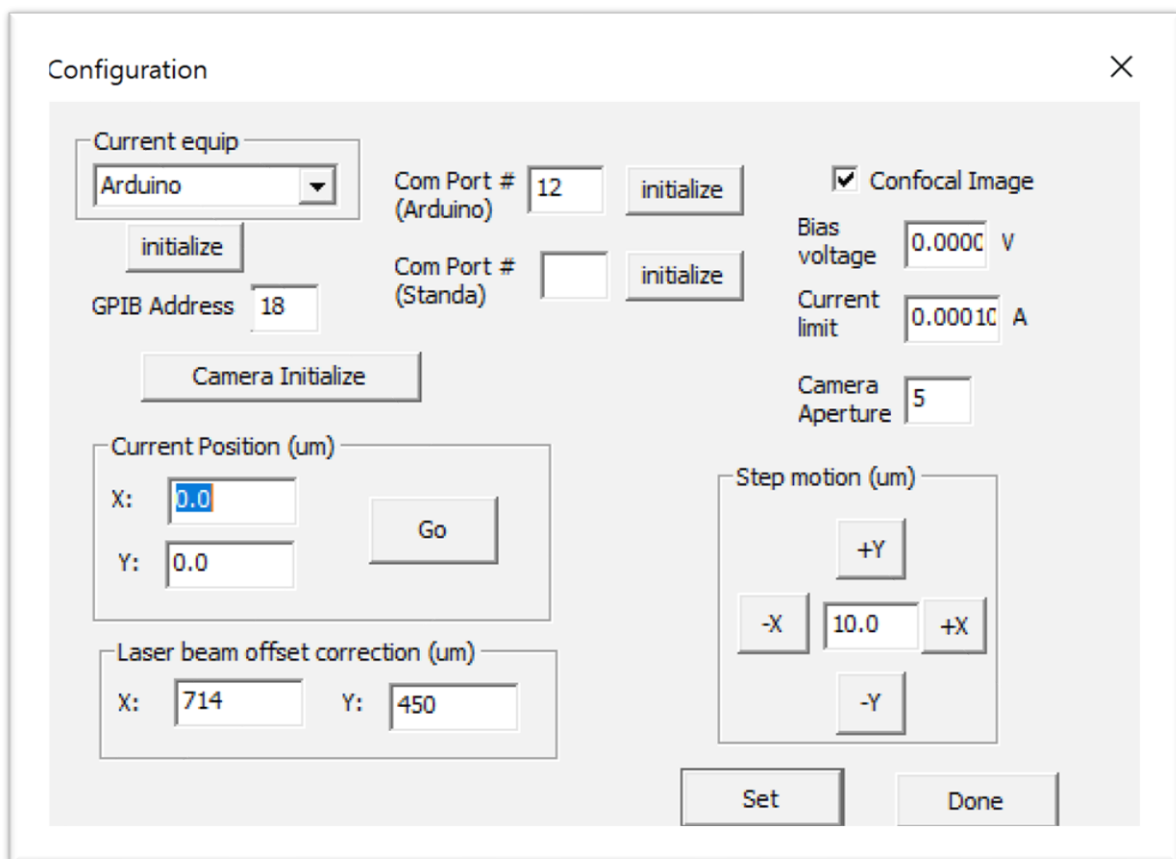
(GPIB-장치 연결) GPIB 장치를 연결할 경우에는 address창에 해당 주소를 입력하고 "Initialize" 버튼을 클릭하여야 연결됩니다.

(Arduino 연결) Arduino 프로세서를 연결하기 위해서는 COM 포트 번호를 알아야 하는데, 이를 위

해서는 윈도우의 장치관리자에서 포트 항목에서 아두이노 장치의 포트번호를 확인하기 바랍니다. 포트번호를 바르게 입력하고 initialize 버튼을 누르기 바랍니다. 모터로 Standa 장비를 내장하고 있습니다. 일시적으로 Standa 모터가 움직이지 않을 경우에는 USB 선이 뽑았다 다시 연결한 후에 Standa initialize 버튼을 누르면 다시 연결됩니다. 카메라가 일시적으로 오류가 발생하면 "Camera initialize" 버튼을 누르면 내장된 카메라를 초기화하여 다시 시작할 수 있습니다.

(Confocal Image) 우측 상단에 "Confocal Image"라고 적힌 check box가 있는데 이 박스가 체크된 상태에서 스캔을 하면 confocal image도 동시에 측정됩니다. 체크를 해지하면 측정되지 않습니다. Confocal image는 photocurrent 이미지와 동시에 측정되기 때문에 정확히 시료의 위치를 확인할 수 있는 용도로 사용됩니다. 다만 confocal image 측정시에 스캔 시간이 두 배 이상 더 걸리는 점을 감안하기 바랍니다.

"Bias voltage"와 "Current limit"는 sourcemter를 사용할 때 필요한 설정값입니다. 광전류를 측정할 때 Bias voltage에 전압값을 입력하면, bias 전압을 인가하여 측정이 가능하며, 소자의 과전류 손상을 피하기 위해서 전류 최대 허용치를 Current limit에 입력할 수 있습니다.



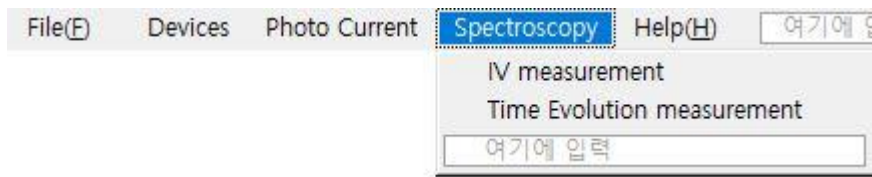
"camera aperture" 값은 confocal image를 얻기 위한 aperture의 크기를 정하는 값으로 변경이 필요하지 않습니다. 그밖에 아래쪽에 있는 대화상자들은 모터의 위치와 레이저의 빔 위치를 정하기



위한 것으로 일반 사용자는 변경할 필요가 없습니다.

(I-V curve 측정) 메인 메뉴에서 spectroscopy 메뉴의 하위 메뉴를 보면 "IV measurement"와 "TIME Evolution" 메뉴가 있습니다. "IV measurement" 기능은 외부 측정 장치로 source meter가 연결되어 있을 때만 활성화됩니다. 이 메뉴를 선택하면 새로운 창이 나타나는데, 전압값의 범위를 입력하고 start 버튼을 누르면 0에서 출발하여 양의 전압이 점차 증가하여 최대 전압값에 도달하며, 점점 전압값이 낮아져서 음의 최대값까지 감소한 다음 다시 증가하여 0으로 돌아오는 순서로 진행됩니다. 이 전압값에 따라 전류값을 측정하여 I-V 데이터들을 저장됩니다. I-V 측정을 시작하기 전에 레이저를 켜거나 끄면 이 상태에 해당하는 데이터를 얻을 수 있습니다. 레이저의 초점을 특정 위치에 위치시키고 I-V를 측정함으로써 위치에 따른 I-V 데이터를 얻을 수 있습니다.

(time evolution 측정) 레이저 빛을 켜거나 끄고 시간이 지남에 따라 광전류의 변화를 측정하는 기능을 제공합니다. 즉 소자의 광전류 발생이 시간에 따라서 어떻게 달라지는지, 레이저 노출 시간에 따른 노화 현상이 있는지 또 회복되는데 걸리는 시간은 얼마나 되는지를 확인할 수 있는 실험을 위해서 본 기능을 활용할 수 있습니다. 레이저를 조사하는 시간(On time), 레이저를 끄고 기다리는 시간(Off time)을 정할 수 있으며 on-off를 반복하는 횟수는 "repeat" 창에서 정할 수 있습니다. 시작 버튼을 누르면 측정이 시작되고 측정을 마치면 데이터는 해당 폴더(바탕화면의 데이터 폴더)에 자동 저장됩니다. 측정 과정의 실시간 데이터는 자동으로 화면에 그래프로 표시됩니다.



## 마우스와 키보드 조작

(마우스 조작): 마우스를 끌어서 카메라 이미지의 특정 영역을 사각형으로 표시하면 해당 부분을 스캔 영역으로 설정합니다. 마우스로 한 점을 왼쪽 클릭하면 메시지창이 나오며, 이때 Yes를 누르면 해당 점을 화면의 중심으로 이동시킬 수 있고, 또는 No를 누르면 해당 점을 레이저 초점의 위치로 이동시킬 수도 있습니다.

(키보드 조작): 오른쪽 왼쪽 화살표 키를 이용하여 시료를 x축 방향으로 이동할 수 있습니다. 한번 클릭할 때마다 100 um씩 움직입니다. 위 아래 화살표 키를 이용하면, Y축 방향으로 이동합니다.