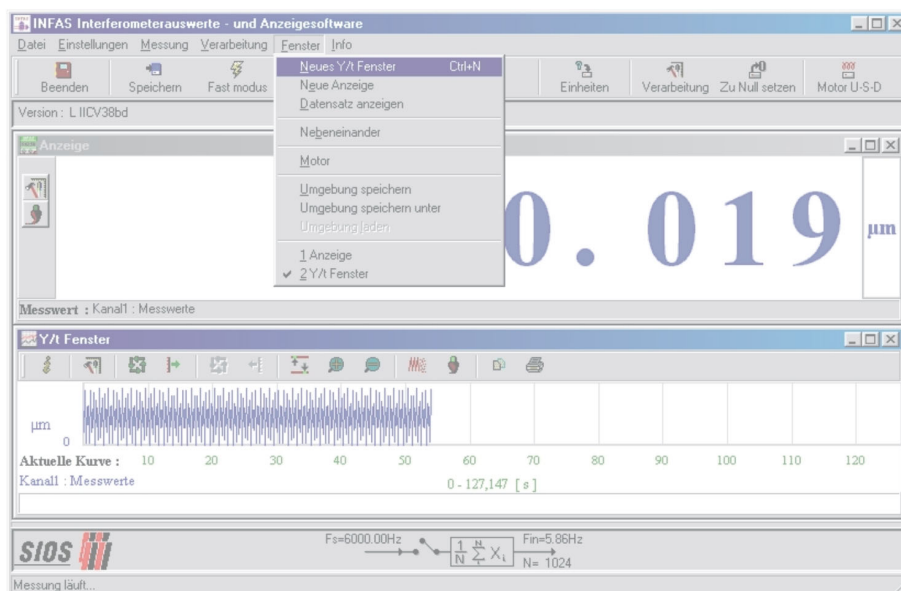


INFAS NTC

Software documentation



SIOS Meßtechnik GmbH

Am Vogelherd 46

98693 Ilmenau / GERMANY

Tel.: +49-3677-64470

Fax: +49-3677-64478

Email: info@sios.de

Internet: <http://www.sios.de>

Edition:
Nov. 2003

SIOS 
Meßtechnik GmbH

Contents

1	Introduction	3
2	System Requirements	4
3	Installing the Software	4
4	Using the Software	5
4.1	The Opening Onscreen Display Page	5
4.2	Configuring the Software	6
4.2.1	Interface Settings	6
4.2.2	Environmental-Sensor Settings	8
4.2.2.1	Correction of Material Expansion	9
4.2.3	System Settings	10
4.2.3.1	Disabling Display of Messages from a Beam-Interruption Detector	11
4.2.3.2	Setting the Length of the “Dead Path” and Correcting for Its Length	11
4.2.4	Connecting the Electronics Unit to the Computer	12
4.2.5	The Signal-Monitoring Window	14
4.2.6	Selecting Signal-Processing Options	15
4.2.7	Selecting the Physical Units to be Employed	16
4.2.8	Setting the “Zero” Position	16
4.2.9	Switching the Modulator ON/OFF	17
4.2.10	Specifying the Triggering Input and Related Options	17
4.2.11	Configuring Display Windows	18
4.2.11.1	Opening a New Window	18
4.2.11.2	The Numeric Display Window	19
4.2.11.3	The “Y/t”-Window	20
4.2.11.4	Displaying Data Sets	22
4.2.12	Selecting the “Motor Controller” Option	22
4.3	Recording Data Sets	23
4.3.1	Saving Data Sets	23
4.3.1.1	Initiating Normal Saves	24
4.3.1.2	Utilizing “Fast” Mode	26
4.3.2	Printing Data Files	26
4.4	“Info”	27
4.5	Exiting the Software	28
5	Troubleshooting	29
6	Appendices	30
4.6	Functions of the “Hot-Keys”	30
4.7	Thermal-Expansion Coefficients of Selected Materials	31

목 차

1 Introduction	3
2 System Requirements	4
3 Installing the Software	4
4 Using the Software	5
4.1 The Opening Onscreen Display Page	5
4.2 Configuring the Software	6
4.2.1 Interface Settings	6
4.2.2 Environmental-Sensor Settings	8
4.2.2.1 Correction of Material Expansion	9
4.2.3 System Settings	10
4.2.3.1 Disabling Display of Messages from a Beam-Interruption Detector	11
4.2.3.2 Setting the Length of the “Dead Path” and Correcting for Its Length	11
4.2.4 Connecting the Electronics Unit to the Computer	12
4.2.5 The Signal-Monitoring Window	14
4.2.6 Selecting Signal-Processing Options	15
4.2.7 Selecting the Physical Units to be Employed	16
4.2.8 Setting the “Zero” Position	16
4.2.9 Switching the Modulator ON/OFF	17
4.2.10 Specifying the Triggering Input and Related Options	17
4.2.11 Configuring Display Windows	18
4.2.11.1 Opening a New Window	18
4.2.11.2 The Numeric Display Window	19
4.2.11.3 The “Y/t”-Window	20
4.2.11.4 Displaying Data Sets	22
4.2.12 Selecting the “Motor Controller” Option	22
4.3 Recording Data Sets	23
4.3.1 Saving Data Sets	23
4.3.1.1 Initiating Normal Saves	24
4.3.1.2 Utilizing “Fast” Mode	26
4.3.2 Printing Data Files	26
4.4 “Info”	27
4.5 Exiting the Software	28
4.6 Functions of the “Hot-Keys”	29
4.7 Thermal-Expansion Coefficients of Selected Materials	30
5 Troubleshooting	30
6 Appendices	31

(일부 번역의 오류가 있을 수 있으므로, 반드시 영어 원본을 참고하시기 바랍니다.)

1 Introduction

The INFAS NTC software package is an optional extra available with SIOS Meßtechnik GmbH's miniature laser interferometers, and allows both configuring an interfaced interferometer and acquiring and analyzing measurement data.

The software includes routines for analyzing the following types of input data:

- base values (readings of the power-supply/signal-processing unit's counters),
- averaged values (moving averages, where the number of base values to be included in averaging may be present by users), and
- filtered values obtained using the filtering algorithm chosen.

The software's major task is displaying measured lengths, corrected to allow for changes in the laser's emission wavelength, onscreen.

The following other types of data may also be acquired and displayed onscreen:

- ambient temperatures,
- the current barometric pressure, provided that the interfaced interferometer is equipped with a pressure sensor,
- relative humidity, provided that the interfaced interferometer is equipped with a relative-humidity sensor,
- corrected wavelengths, corrected using the Edlen equation and the current values of environmental parameters,
- angles, provided that the software has been configured for measuring angles, and
- interrelationships among individual plotted curves in the case of, e.g., multichannel metrological systems.

The software allows computing differences between pairs of consecutive data points, speeds, and accelerations from interferometer signals, any and all of which may be displayed onscreen and saved to a file.

The software has been designed for use with any of SIOS Meßtechnik GmbH's miniature interferometers and may be adapted to suit various measurement tasks by, e.g., adding a motor controller or reconfiguring it for use with multi-axis systems, by either SIOS Meßtechnik GmbH or by users.

1. 소개

INFAS NTC 소프트웨어 패키지는 SIOS 레이저 간섭계의 옵션으로 선택 가능하며, 간섭계와 연결하여 데이터 획득과 데이터의 분석을 가능하게 합니다.

이 소프트웨어는 입력 데이터의 다음과 같은 유형의 분석을 위한 루틴을 포함합니다. :

- 기본 값 (전원공급장치 / 시그널 프로세싱 유닛의 카운터 값의 획득)
- 평균화 값 (동적 평균 : 상용자에 의해 표현될 수 있는 평균이 포함된 기본 값의 수)
- 여과된 값 (필터링 알고리즘을 이용하여 얻어진 값)

소프트웨어의 주요 과제는 측정된 길이와, 레이저의 파장의 변화를 보정하여 제대로 수정된 길이를 화면에 표시하는 것입니다.

아래의 데이터의 다른 유형은 화면에 표시되어지고 또 획득되어질 수 있습니다. :

- 주위 온도
- 대기 압력값 : 간섭계에 연결된 압력센서가 장착되어 제공
- 상대 습도값 : 간섭계에 연결된 상대 습도센서가 장착되어 제공
- 보정된 파장 : Edlen 방정식 과 환경 파라미터를 사용하여 보정
- 각 : 측정하기 위한 구성이 소프트웨어에 공급
- 예를 들어, 멀티 채널 계측 시스템의 경우 각각 그려진 곡선 사이의 상호 관계

소프트웨어는 파일을 화면에 표시되는 것과 파일에 저장되는 것이 약간의 차이가 있을 수 있습니다.
(간섭계 신호로부터 나오는 연속으로 데이터 포인트, 속도 및 가속도)

소프트웨어는 SIOS 미니어처 간섭계를 사용하기 위해 설계되었고, 사용자에 의해 모터 제어기를 추가하거나 다축 시스템과의 사용을 위해 재구성하여 다양한 측정 작업에 적합하도록 적응 될 수 있습니다.

2 System Requirements

Our INFAS NTC for WINDOWS software package is supplied on a CD-ROM. The data cable supplied with the basic interferometer is used to connect the power-supply/signal-processing unit to a PC via the latter's serial interfaces (COM1 through COM32) or USB-port.

The functionality of the current version of our INFAS NTC software package has been tailored to suit the latest version of our laser-interferometer signal-processing electronics. Consult us regarding using the current version of the software package with older versions of our signal-processing electronics.

The minimum system requirements for running the software are as follows:

- a standard PC equipped with at least a Pentium II CPU, a VGA graphics adapter, and an appropriate monitor and
- a hard disk having at least about 3 MB unused storage space for the software, plus at least another about 5 MB unused storage space for caching data, running
- Microsoft Windows 95 (the second or later editions thereof), Windows NT, Windows 2000, or Windows XP.

The PC's USB-port may be used under Windows 98 (Release 2 or later releases), Windows 2000, or Windows XP only, and requires acquisition and installation of the optional USB-driver offered.

The software may be controlled using a mouse or from the keyboard. Use of "hot-keys" is described in the appendix.

3 Installing the Software

Start Windows. Insert the CD-ROM containing the software into the PC's CD-ROM-drive. Click on *Start*, click on *Run*, enter the command line *[Drive Letter]:\setup*, click on *OK*, and then follow the onscreen instructions to install the software.

The installation routine will create a directory and copy all files needed for running the software to that directory.

2. 시스템 요구사항

INFAS NTC는 CD-ROM으로 제공됩니다. 기본적인 간섭계로 공급된 데이터 케이블은 후자의 시리얼 기본 간섭계와 함께 공급된 데이터케이블은 시리얼인터페이스 또는 USB포트를 통해 PC에 장치를 연결하는 데 사용됩니다.

INFAS NTC 소프트웨어 패키지의 현재 버전 기능은 레이저 간섭계의 최신 버전 하드웨어에 맞게 제작되었습니다.

최신의 하드웨어와 이전 버전의 소프트웨어 패키지 사용에 대해서는 SIOS 또는 대리점에 문의하십시오.

소프트웨어를 실행하기위한 최소 시스템 요구사항은 다음과 같습니다.

- 적어도 펜티엄 II CPU, VGA 그래픽 어댑터와 적절한 모니터가 장착된 표준 PC
- 적어도 3MB 사용하지 않는 소프트웨어를 위한 저장 공간과 적어도 5MB 캐싱 데이터와 실행을 위한 저장 공간
- 마이크로 소프트 윈도우 98(릴리즈 2 이후), 윈도우 NT, 윈도우 2000 또는 윈도우 XP

PC의 USB포트는 USB 드라이버 설치를 지원하는 윈도우 98(릴리즈 2 이후), 윈도우 2000, 윈도우 XP에서 사용할 수 있습니다.

소프트웨어는 마우스나 키보드를 사용하여 제어 할 수 있습니다. "핫 키"의 사용은 부록에 설명되어 있습니다.

3. 소프트웨어 설치

윈도우를 시작합니다. CD-ROM 드라이브에 소프트웨어가 들어있는 CD-ROM을 넣습니다. 소프트웨어를 설치하려면 *시작*을 클릭 후 *실행*을 클릭하고 화면상의 지침을 따르십시오.

설치 과정은 디렉터리를 만들고 해당 디렉터리에 소프트웨어를 실행하는 데 필요한 모든 파일을 복사합니다.

4 Using the Software

4.1 The Opening Onscreen Display Page

Before starting up the software, verify that the interfaced interferometer has been properly connected to the PC and has been switched on. A window for selecting the language (German or English) to be employed will immediately appear onscreen the first time the software is started up.



Fig. 1: The window for selecting the language to be employed.

Call up the INFAS NTC-software, which will bring the opening display page shown in the figure below onscreen.

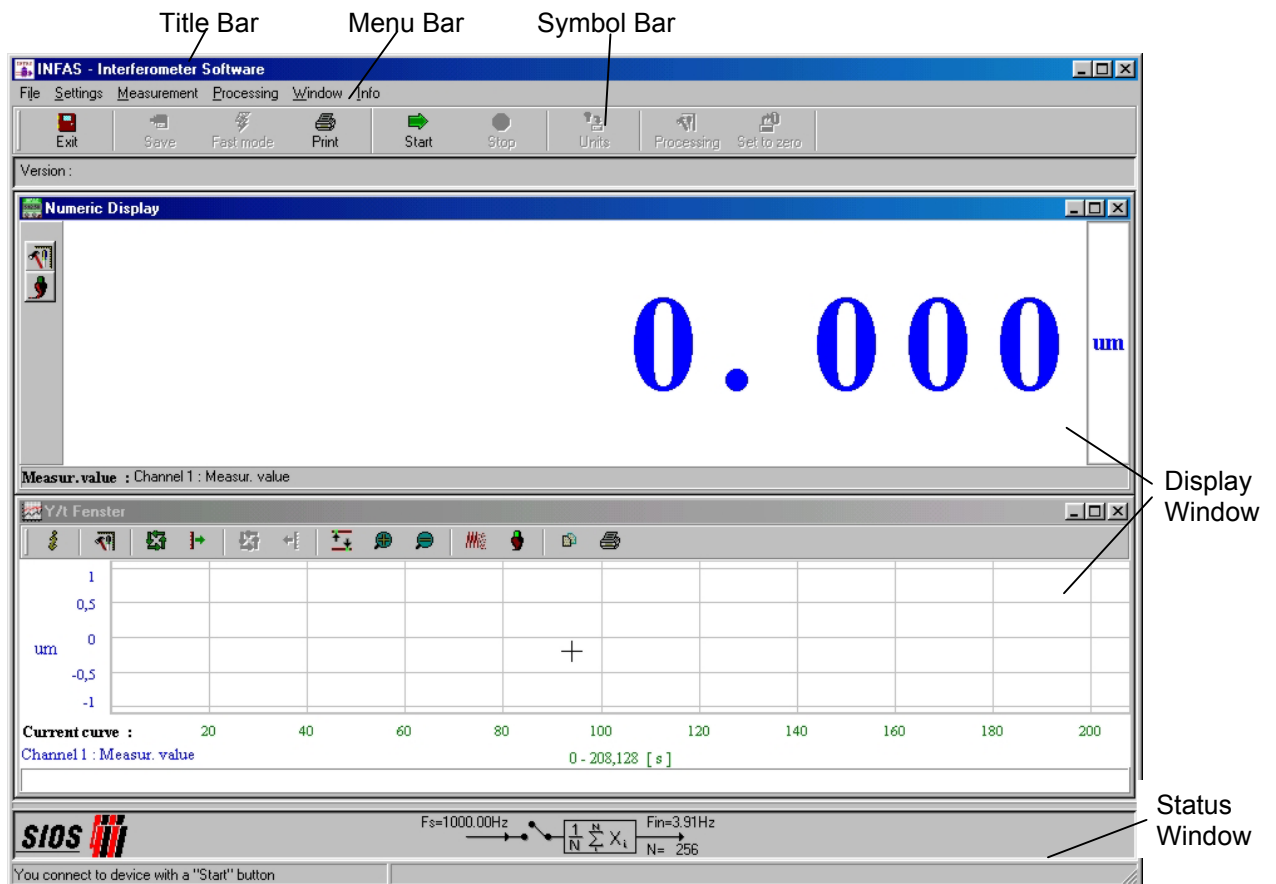


Fig. 2: The opening onscreen display page.

The contents of the various bars and windows are as follows:

4. 소프트웨어 사용

4.1. 오프닝 화면 표시 페이지

소프트웨어를 시작하기 전에 간접계 인터페이스가 제대로 PC에 연결되어 있고 전원이 켜져 있는지 확인합니다. 사용할 언어(독일어, 영어)를 선택하는 창이 소프트웨어를 처음 시작할 때 화면에 나타납니다.



그림 1 : 사용할 언어를 선택하기위한 창.

아래 그림과 같이 INFAS NTC-소프트웨어를 불러옵니다.

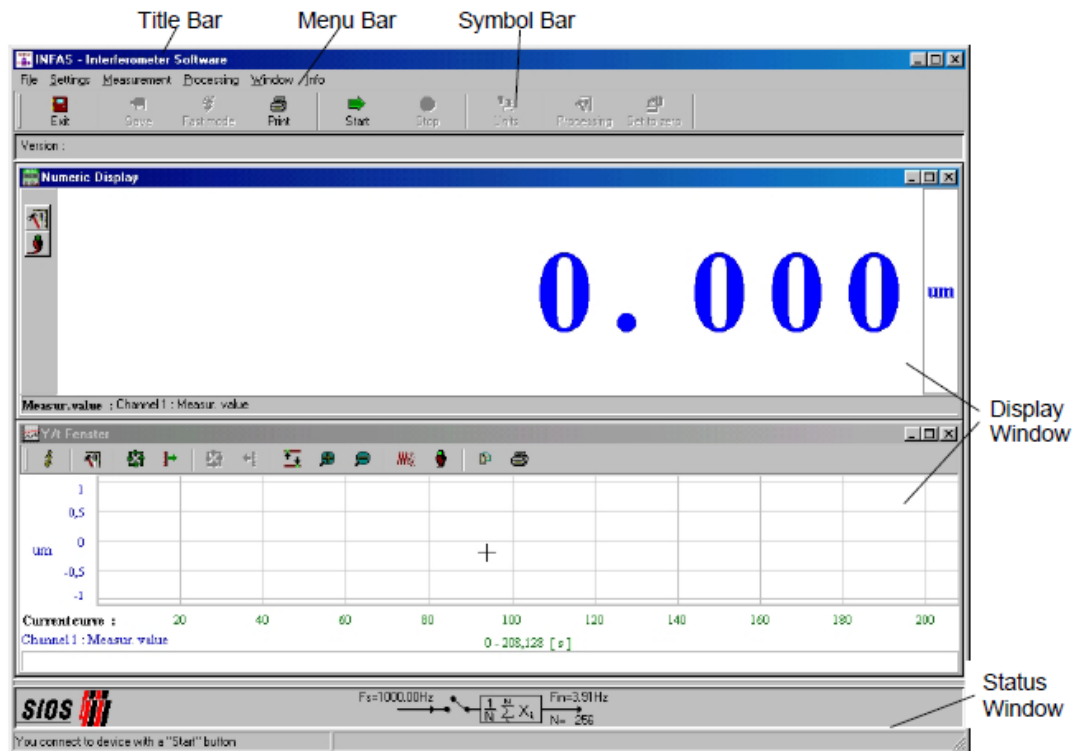


그림 2 : 오프닝 화면

여러 가지 바와 윈도우의 내용은 다음과 같습니다:

- Title Bar: “INFAS - Interferometer Software”
- Menu Bar: Lists the designations of the menus for calling up the various individual software functions.
- Symbol Bar: Buttons for rapidly accessing all major software functions. Brief “help” texts describing the various individual functions involved will be displayed whenever one of the windows or dialog boxes is called up.
- Display Window: Numeric Display windows, “Y/t”-windows (cf. Fig. 2, above), and windows for displaying the numerical contents of data sets, plots of sequences of measurement data and data sets that have previously been saved.
- Status Window: Useful tips and information on the status of processing and communicating with the metrological system.

The course of software execution must be configured to suit the interfaced hardware and the measurement task involved before starting each measurement run.

4.2 Configuring the Software

4.2.1 Interface Settings

Our INFAS NTC-software is capable of scanning as many as six data channels, where the number of channels available will depend upon the interferometer involved, and processing as many as eight environmental parameters for each data channel. In its standard configuration, a single temperature sensor is allocated to each data channel and a single barometric-pressure sensor covering the entire metrological system is employed.

Clicking on Settings/Interfaces on the menu bar will call up a dialog box for specifying the number of data channels to be involved, the type of interface (RS-232 serial port or USB-port) to be employed for each data channel, and the identifying designations to be assigned to the data channels (cf. Fig. 3 and Fig. 4, below).

The total number of data channels available will depend upon the interferometer involved, and is factory-preset.

- 제목 바(Title Bar : "INFAS - 간섭계 소프트웨어")
- 메뉴 바(Menu Bar) : 다양한 개별 소프트웨어의 기능을 호출하는 메뉴의 명칭을 나열합니다.
- 기호 바(Symbol Bar) : 신속하게 모든 주요 소프트웨어 기능에 액세스하기 위한 버튼입니다. 하나의 창 또는 대화 상자가 호출 될 때마다 관련된 다양한 개별 기능을 설명하는 간단한 "도움말" 텍스트가 표시됩니다.
- 표시 창(Display Window) : 수치 표시 창, "Y/t"-창 (위의 그림 2 참고), 데이터 세트의 수치 내용 및 미리 저장되어 있는 데이터 세트의 시퀀스의 플롯을 표시하는 창입니다.
- 상태 창(Status Window) : 유용한 팁과 측정 시스템의 처리와 통신상태에 대한 정보를 나타내는 창입니다.

소프트웨어 실행 과정은 측정을 시작하기 전에 하드웨어와 측정 목표에 적합하도록 구성되어야 합니다.

4.2. 소프트웨어 구성

4.2.1. 인터페이스 설정

INFAS NTC-소프트웨어는 6채널의 스캐닝 용량을 가지고 8채널의 환경 파라미터로 처리된 간섭계의 수에 의존한다. 표준 구성에서 하나의 온도 센서는 각 데이터 채널에 할당되고, 하나의 대기 압력 센서는 전체 측정시스템을 커버합니다.

메뉴 바에서 “*설정/인터페이스*“를 클릭하면 포함된 데이터 채널의 개수를 지정하기 위한 대화 상자가 호출됩니다. 각 데이터 채널에 이용되는 인터페이스 유형(RS-232 또는 USB 포트)과 데이터 채널에 할당되는 식별 명칭을 지정합니다. (아래 그림3 그림4 참고)

사용 가능한 데이터 채널의 총 수는 공장에서 미리 설정된 간섭계의 채널숫자에 따라 다를 것입니다.

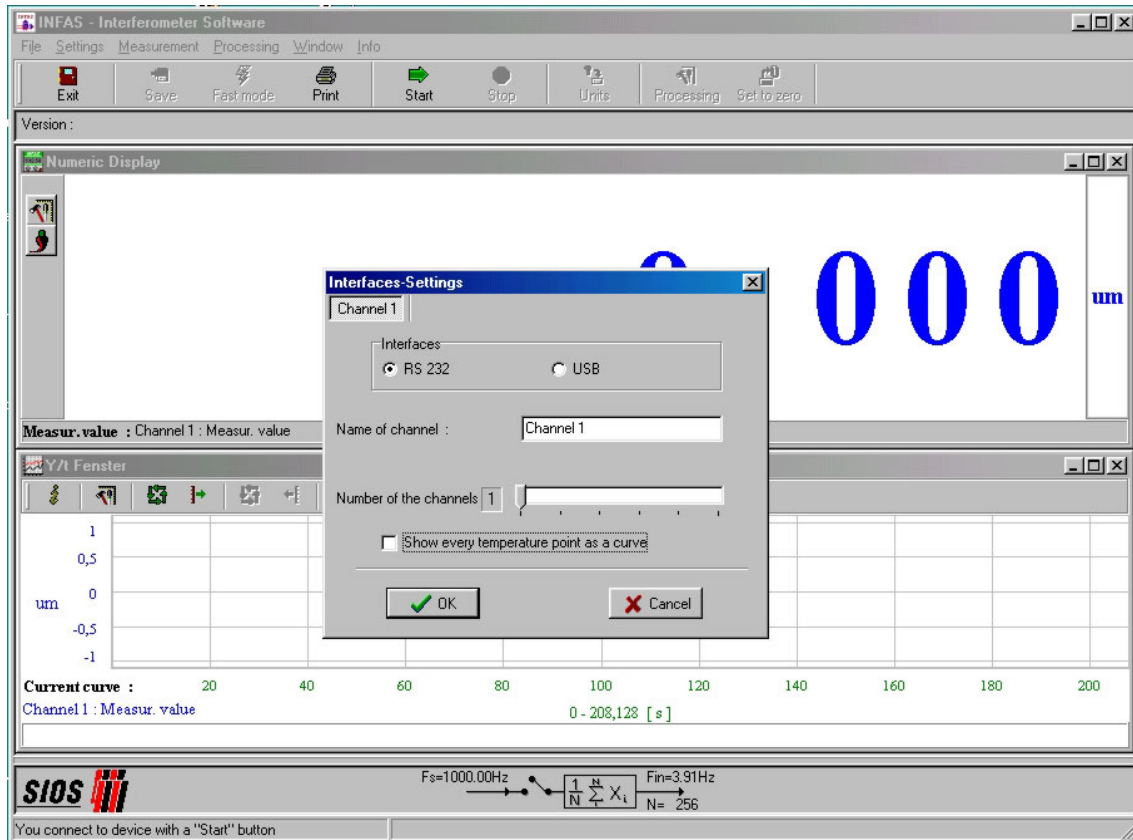
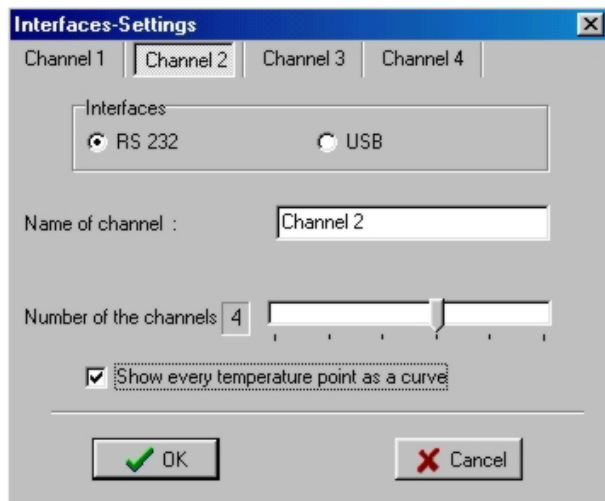


Fig. 3: Specifying interface settings for a single-channel system.



The PC's USB-port may be used under Windows 98 (Release 2 and later releases), Windows 2000, or Windows XP only, and requires acquisition and installation of the optional USB-driver offered.

Fig. 4: Specifying interface settings for a multichannel system.

Addition of the new interferometer will be automatically detected the first time the power-supply/signal-processing unit is connected to the PC's USB-port. Follow the user prompts to install the USB-driver from the CD-ROM.

Uncheck the "Show every temperature point as a curve" check box if the interferometer involved employs a common temperature sensor covering several data channels. In all other case, we recommend leaving that check box checked.

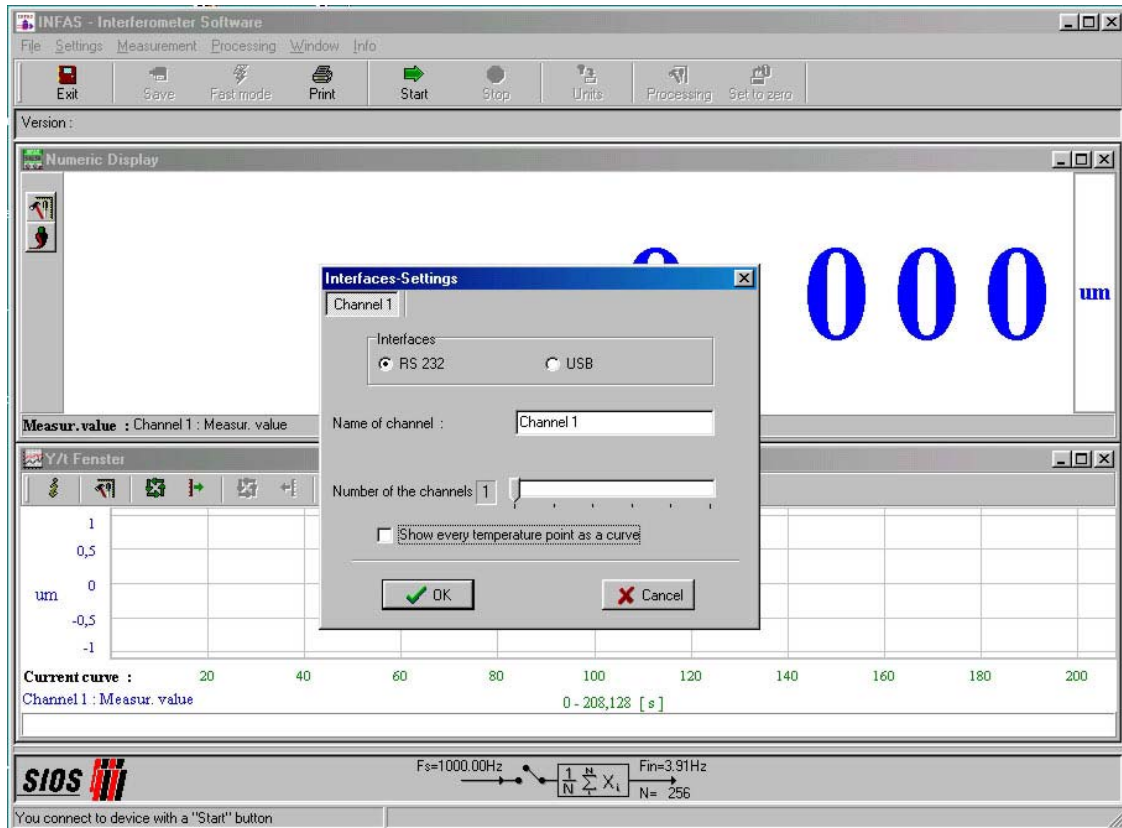


그림 3 : 싱글 채널 시스템에 대한 인터페이스 설정을 지정.

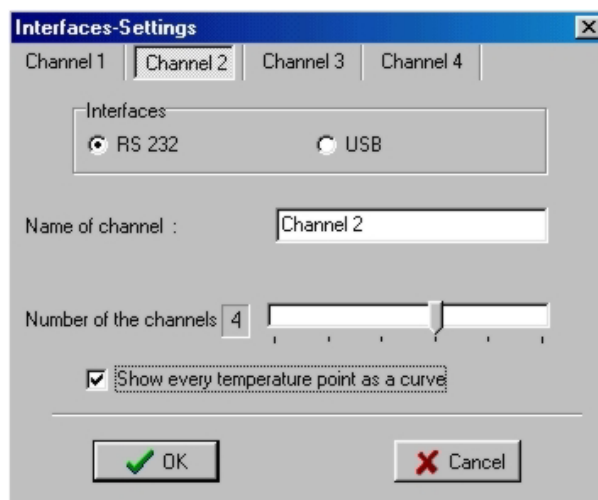


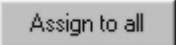
그림 4 : 멀티 채널 시스템에 대한 인터페이스 설정을 지정.

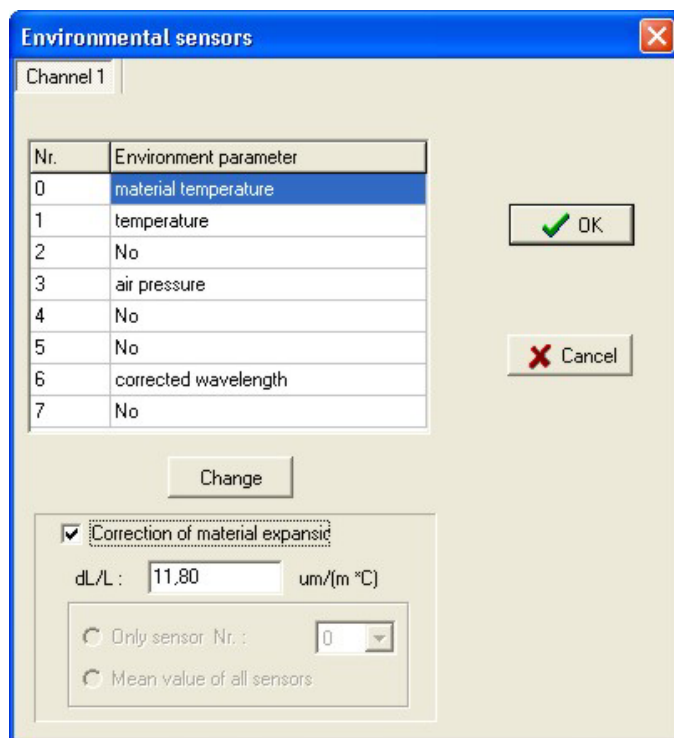
새로운 간섭계의 추가는 파워서플라이와 신호처리장치가 PC의 USB포트에 연결될 때 바로 검출됩니다. CD-ROM에서 USB 드라이버를 설치하기 위해 지시를 따릅니다.

PC의 USB 포트는 윈도우 98(릴리즈 2 이상), 윈도우 2000, Windows XP에서 USB 드라이버를 설치하면 사용할 수 있습니다.

간섭계가 일반적인 온도 센서가 여러 데이터 채널을 커버하는 경우에는 체크박스에서 “Show every temperature point as a curve” 체크하지 마십시오. 그 외의 경우에 체크하는 것을 추천합니다.

4.2.2 Environmental-Sensor Settings

Clicking on Settings/Environment Sensors will allow selecting the as many as eight types of sensor that may be allocated to each data channel. Normally, none of the factory-preset settings should be changed, since they must agree with the interfaced hardware involved. However, if the metrological system has been expanded or reconfigured, additional sensors may be assigned to any or all of the data channels (). The corrected laser wavelength will be recomputed and transmitted following each and every measurement of the environmental parameters.



The allocations of environmental sensors to data channels are factory-preset and should not be changed unless absolutely necessary.

Fig. 5: The dialog box for allocating environmental sensors to data channels.

The laser wavelength serves as a reference for length measurements. Any change in the refractive index of ambient air will cause a shift in laser wavelength.

The relative changes in the refractive index of air are given by:

$$\Delta n / n = -0.929 \cdot 10^{-6} K^{-1} \cdot \Delta T$$

$$\Delta n / n = +2.682 \cdot 10^{-9} Pa^{-1} \cdot \Delta p$$

$$\Delta n / n = -3.84 \cdot 10^{-10} Pa^{-1} \cdot \Delta p_w$$

n = refractive index

ΔT = change in ambient temperature

Δp = change in barometric pressure

Δp_w = change in the partial pressure of water vapor

4.2.2. 환경센서 설정

“설정/환경센서”를 클릭하면 각 데이터 채널에 할당된 8개의 센서를 설정 할 수 있습니다. 일반적으로 공장 출하시 설정이 변하지 않기 때문에 연결된 하드웨어와 동의해야 됩니다. 측정시스템이 확장되거나 재구성 된 경우 추가센서는 데이터 채널 중 일부 또는 전부에 할당 될 수 있습니다. (Assign to all)

보정된 레이저의 파장은 환경 변수값과 계산되고 전송될 것입니다.

환경센서의 할당은 공장 세팅되어 출하되므로 꼭 필요한 경우를 제외하고는 변경되지 않아야 합니다.

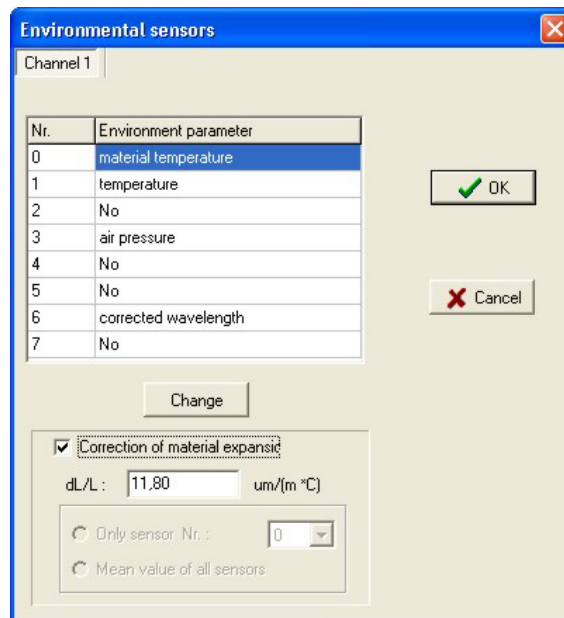


그림 5 : 데이터 채널에 환경 센서를 할당하기위한 대화 상자.

레이저 파장은 길이 측정을 위한 기준을 제공합니다.
대기의 굴절률 변화가 레이저 파장의 변화의 원인이 됩니다.

공기의 상대적인 굴절률의 변화는 식으로 주어집니다 :

$$\Delta n/n = -0.929 \cdot 10^{-6} K^{-1} \cdot \Delta T \quad n = \text{굴절률}$$

$$\Delta n/n = +2.682 \cdot 10^{-9} Pa^{-1} \cdot \Delta p \quad \Delta T = \text{대기온도 변화}$$

$$\Delta n/n = -3.84 \cdot 10^{-10} Pa^{-1} \cdot \Delta p_w \quad \Delta p = \text{대기압 변화}$$

$$\Delta p_w = \text{수증기 분압의 변화}$$

The partial pressure of water vapor is computed from the temperature and relative humidity of ambient air using the Magnus equation.

The metrological system employed will usually be equipped with an ambient-conditions-monitoring board equipped with temperature and pressure sensors. Measurement of, and correction for, the humidity of ambient air is optionally available for special applications requiring them. Computations of the refractive index of ambient air, the resultant corrections to laser wavelength, and the correction factor for correcting the length of the “dead path” are based on the optimized Edlen equation. If no sensors for providing the necessary data on ambient conditions are available, the following preset default values will be employed:

20.00 °C	for the temperature,
101300 Pa	for the barometric pressure, and
50%	for the relative humidity of ambient air.

Contact us if you would like to use other preset default values of these parameters.

4.2.2.1 Correction of Material Expansion

Another factor that can significantly affect the accuracy of measurements is thermal expansion of the materials from which the object to be measured and the mounting hardware and guides employed are fabricated. For example, the length of a steel bar one meter long will increase or decrease by about 10 µm for every 1°C change in its temperature. The reference temperature, T_0 , employed will normally be 20°C. The correction for the change, $L - L_0$, in the length of the object to be measured resulting from a change in temperature (cf. Fig. 9, below) will be computed using the following equation:

$$L - L_0 = L \cdot \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}),$$

where L_0 is its length at 20°C.

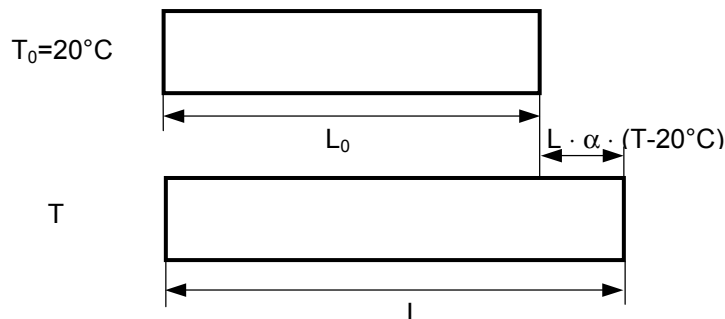


Fig. 6: Correcting for thermal expansion of the object being measured.

In order to correct for changes in its length, the temperature, T , of the material from which it is fabricated and the thermal-expansion coefficient, α , of that material must be known. The

수증기 분압은 매그너스 식을 이용하여 주변 공기의 온도 및 상대 습도로부터 계산됩니다.

측정 시스템은 일반적으로 온도 및 압력 센서가 장착됩니다.

주변 공기에 대한 측정 및 보정은 습도를 필요로 하는 특수한 어플리케이션에서 옵션으로 선택할 수 있습니다.

레이저 파장의 보정을 결정하는 주위 공기의 굴절률의 계산과 "데드 패스"의 길이를 보정하기 위한 보정 계수는 최적화된 Edlen 방정식에 기초합니다. 만일 환경조건에 필요한 데이터를 제공하기 위한 센서를 사용할 수 없는 경우라면 다음의 미리 설정된 디폴트 값이 사용될 것입니다 :

보정을 위한 습도의 측정을 필요로 하는 특수한 어플리케이션에 옵션으로 선택할 수 있습니다.

20.00 °C	표준 온도
101300 Pa	표준 대기압
50%	표준 상대습도

다른 값을 기본값으로 사용하고자 하는 경우에는 SIOS나 대리점으로 연락바랍니다.

4.2.2.1. 재료 열팽창의 보정

크게 측정의 정확도에 영향을 미칠 수 있는 또 다른 요인은 측정대상물과 그것이 장착되어 있는 기구물들의 재료의 열팽창입니다.

예를 들어, 강철 막대 1m 길이는 온도 1° C의 변화에 대하여 약 10µm이 증가 또는 감소합니다.

표준온도는 T0는 20°C입니다. 측정대상물의 길이에 대한 보정값 (L-L0)는 온도변화의 결과물로 아래의 식을 사용하여 계산될 것입니다. (그림 9 참고)

$$L - L_0 = L \cdot \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C})$$

L_0 = 20°C에서의 길이

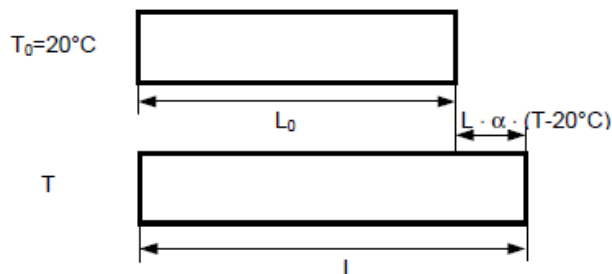


그림 6 : 측정대상물의 열팽창에 대한 보정

측정대상물의 길이변화를 보정하기 위하여 재료의 온도 T, 열팽창 계수 α 를 반드시 알아야 합니다.

재료 온도는 재료에 부착 또는 매립된 온도센서를 사용하여 측정할 것입니다.

temperature of the material from which it is fabricated may be measured using a temperature sensor attached to, or embedded in, the material. The thermal-expansion coefficients of a number of typical materials are listed in the appendix. If the requirements imposed on metric accuracy are low and the ambient temperature remains close to 20°C, as will be the case, e.g., in air-conditioned rooms, then no corrections for thermal expansion will be necessary. However, if this correction is desired, check the associated check box and enter the thermal-expansion coefficient, α , of the material involved into the associated field.

If more than one temperature sensor is used for the measurement of material temperature, you can choose between two possibilities:

1. Correction of material expansion with help of one selected temperature sensor
2. Correction of material expansion with the mean value of all temperature sensors.

4.2.3 System Settings

Click on Settings/System Settings to select the parameters to be analyzed and displayed.

Fig. 7, below, shows the plots to be displayed for a dual-channel system. The check box for specifying that the output from individual temperature-measurement stations are to be displayed independently has been checked (cf. Section 4.2.1, above). The numerals enclosed in brackets are the sensor codes for the channel involved.

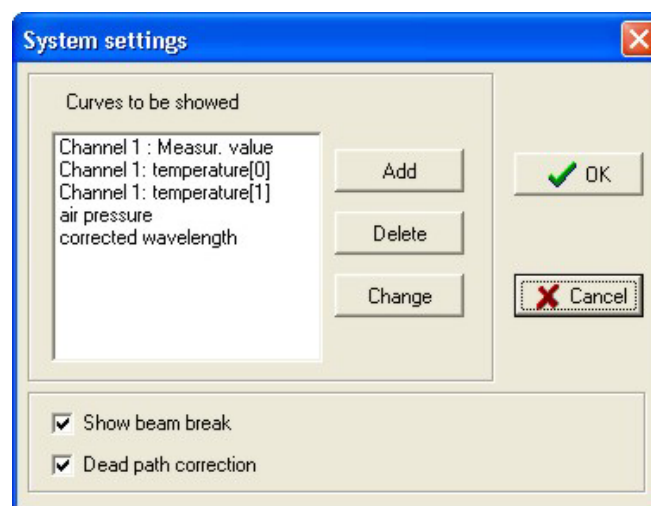
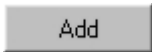
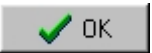


Fig. 7: The dialog box for specifying system settings.

Further plots may be added and displayed plots deleted. Plots of measurement data may also be logically linked to one another. To add a plot, click on the  button, which will open a window similar to that shown in Fig. 8, below, where you may, for example, specify that the differences between two measured parameters should be formed, scaled, and assigned units. Clicking on the  button will then cause the additional plot selected to appear in the list of plots to be displayed.

일반적인 재료의 열팽창계수는 부록에 나와 있습니다.

정확도에 대한 요구 사항이 낮고, 예를 들어 공조가 되는 방 안에 별도의 박스 속에서 20°C에 가깝게 유지된다면 열팽창에 대한 보정이 필요하지 않을 것입니다.

그러나 이 보정이 필요한 경우, 관련된 체크박스를 선택하고 관련된 필드에 포함된 재료의 열팽창 계수 α 를 입력합니다.

재질온도를 측정하기 위해서 온도센서가 사용된 경우 당신은 두 가지 가능성 중에서 하나를 선택할 수 있습니다.

1. 선택된 하나의 온도센서로 재질 열팽창을 보정.
2. 모든 온도센서의 평균값으로 재질 열팽창을 보정.

4.2.3. 시스템 설정

분석 및 표시할 파라미터를 선택하기위해서 “설정/시스템 설정”을 클릭합니다.

아래의 그림 7은 듀얼채널 시스템을 위해 표시할 플롯을 보여줍니다.

개별 온도측정 스테이션으로부터 독립적으로 표시할 것을 지정하기 위하여 체크박스를 체크합니다.

(4.2.1 참고)

괄호 안의 수치는 포함된 채널의 센서코드입니다.

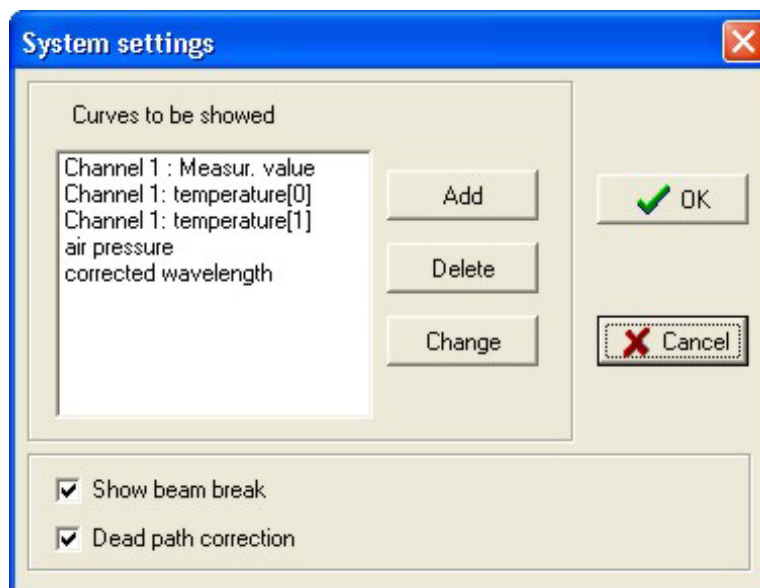


그림 7 : 시스템 세팅을 설정하기 위한 대화상자

플롯이 추가 또는 삭제 될 수 있습니다.

측정데이터의 플롯은 논리적으로 서로 연결될 수 있습니다.

Add 버튼을 클릭하여 플롯을 추가하려면 그림 8과 유사한 창을 열릴 것입니다.

이것은 두 측정값간의 차이와 스케일과 단위를 할당하도록 지정할 수 있습니다.

OK 버튼을 클릭하면 표시되는 그래프 목록에 나타나게 됩니다.

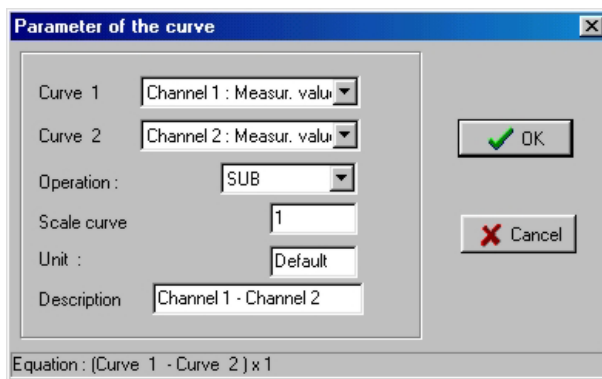


Fig. 8: The dialog box for specifying the data to be plotted.

4.2.3.1 Disabling Display of Messages from a Beam-Interruption Detector

If the interferometer involved is equipped with a beam-interruption detector, its beam-interruption detector will transmit a message to the PC whenever the laser beam is interrupted. The same message will also appear if the signal/noise ratio is too low. However, it may prove necessary to disable display of such messages while aligning the interferometer, in which case, the “Show beam break” check box should be unchecked.

4.2.3.2 Setting the Length of the “Dead Path” and Correcting for Its Length

The space between the interferometer’s sensor head and the zero point for the measurements to be performed is termed the “dead path”. Since changes in ambient conditions change the refractive index of ambient air, and thus change the laser wavelength, entire stretch between its sensor head and the moving mirror must be taken into account when computing corrections to the laser wavelength. The effects of the various individual environmental parameters on the refractive index of air are explained in Section 4.2.2, above.

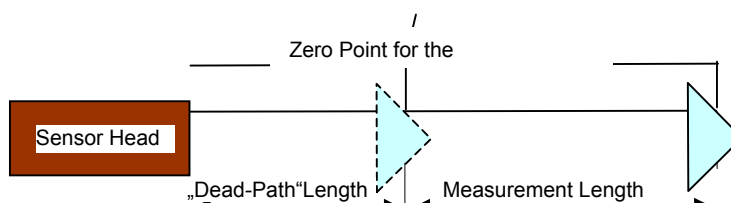


Fig. 9: The dialog box for setting the length of the “dead path” and correcting for its length.

An estimated “dead-path” length of about 1 mm will usually be sufficient and a reasonable choice. In cases where the requirements imposed on metric accuracy are low, local ambient conditions are stable, and rapid measurements are required, or if one of our LM-series interferometer is employed and the length of the “dead path” is unknown, correcting for the length of the “dead path” will usually not be necessary. However, the “Dead path correction” check box should be checked if corrections for the length of the “dead path” are desired.

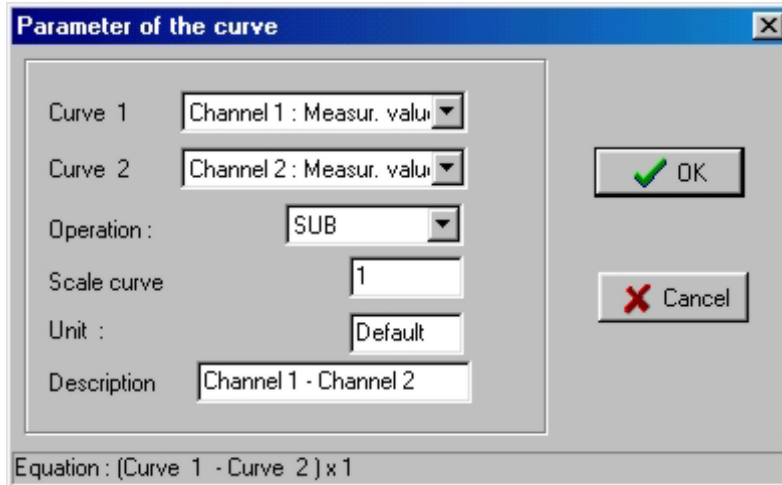


그림 8 : 플롯될 데이터를 지정하기 위한 대화상자

4.2.3.1. 빔 차단 감지기에서 메시지 표시를 비활성화

간접계는 빔 차단 검출기가 장착되어 있는 경우 레이저빔이 차단될 때마다 PC에 송신합니다.

신호 / 노이즈 비율이 너무 낮은 경우에 동일한 메시지가 나타날 것이다.

간접계를 정렬하는 동안 또는 필요한 경우 “Show beam break” 확인란의 선택을 취소해야 합니다. .

4.2.3.2. “데드 패스”의 길이와 그것의 길이 보정에 대한 설정

간접계의 센서 헤드와 측정을 시작하는 시작점 사이의 공간을 “데드 패스”라고 합니다.

주변 조건의 변화는 공기의 굴절률을 바꾸고, 레이저 파장길이를 바꾸기 때문에 레이저 파장에 대한 보정값을 계산할 때 센서 헤드와 반사경 사이의 스트로크가 고려되어야 합니다.

공기의 굴절률의 여러 개별 환경 변수의 영향은 4.2.2에서 설명되었습니다.

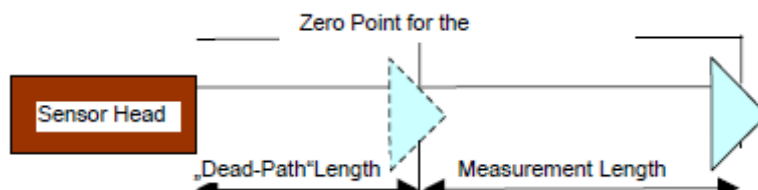


그림 9: 의 길이를 설정하고 그 길이에 대해 보정을 설정하기 위한 대화 상자

“데드 패스”의 길이는 약 1mm 단위로 추정하면 충분히 합리적인 선택이 될 것입니다 .


정확도가 약간 덜 중요하거나, 주변 조건은 매우 안정되거나, 신속한 측정이 요구되거나 또는 LM시리즈 간접계 중 하나를 사용하는 경우에는 “데드 패스”의 입력은 필요하지 않을 것입니다.

결국 “데드 패스”에 대한 보정은 매우 정확한 측정을 요구할 때에만 설정하면 됩니다.

4.2.4 Connecting the Electronics Unit to the Computer

Connect the power-supply/signal-processing unit to the PC using the interconnecting cable provided before attempting to make any of the settings to be covered below.

The frequency-stabilized He-Ne-laser needs to be allowed to warm up for 20 minutes before stable measurement results can be obtained.

Generate the interconnection by clicking on the  button on the symbol bar, clicking on Measurement/Connection appearing on the menu bar, or pressing <F2>. The interface (RS-232 serial port or USB-port) set under Section 4.2.1, above, may now be changed, if desired, i.e., either the COM-port (COM1 through COM32) that is to be the currently active serial interface or the USB-address to be employed may be altered.

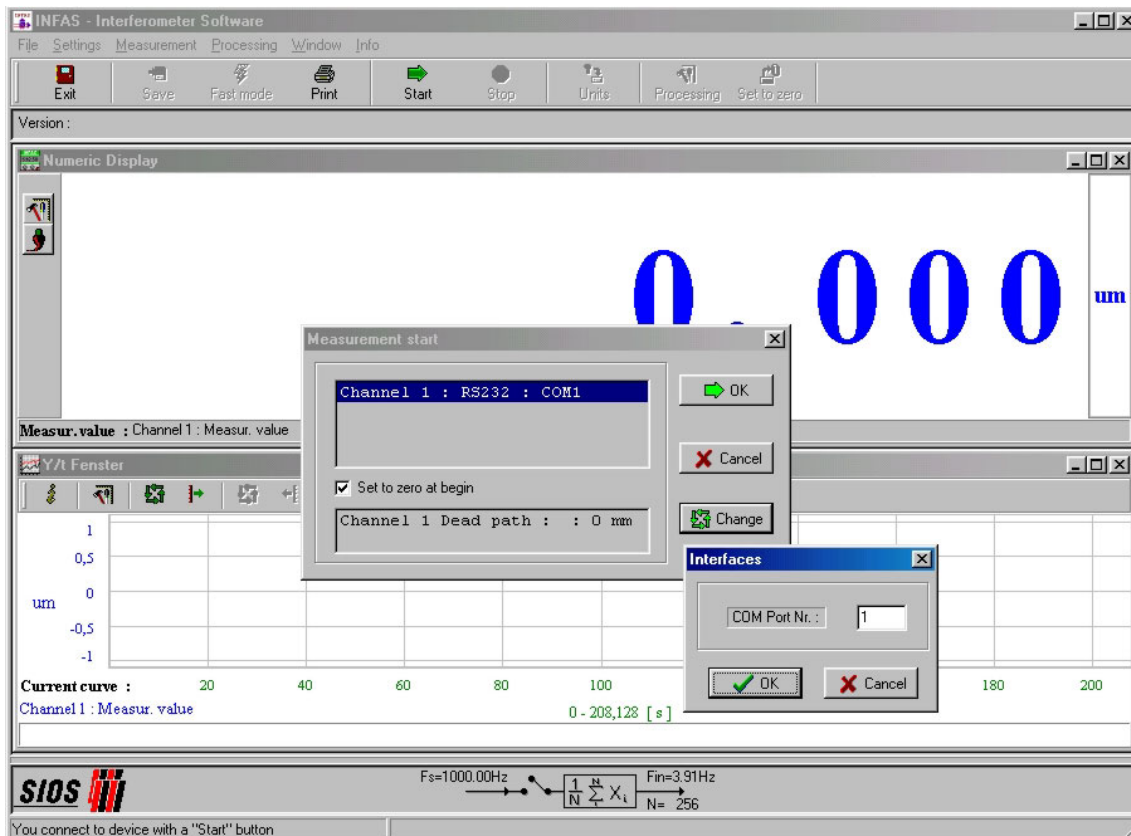
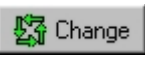



Fig. 6: The serial-interface dialog box.

The serial interface to be allocated to each channel may be independently checked and changed, if desired. To change the COM-port for a given channel, either mark the channel and click on the  button, click on the channel using the right mouse button and then call up the “Change the address” menu item, or double-click on the channel. The length of the “dead path” for each channel may be changed in the same manner. Check the “Set to

4.2.4. 컴퓨터에 장치 연결

아래에서 설명되는 어떤 설정을 시도하기 전에 제공된 연결 케이블을 사용하여 PC에 전원공급장치와 신호처리유닛을 연결합니다.

주파수 안정화 He-Ne레이저는 안정된 측정결과를 얻기 위해서 측정하기 전에 20분 정도의 예열이 필요합니다.

메뉴에서 “측정/연결”을 클릭하거나 <F2> 키를 눌러서 표시 줄에 있는  버튼을 클릭하여 상호 연결합니다.

4.2.1절에서 설정한 RS-232 포트 또는 USB포트가 지금은 변경될 수 있으며 현재 활성화된 포트로 변경될 것입니다.

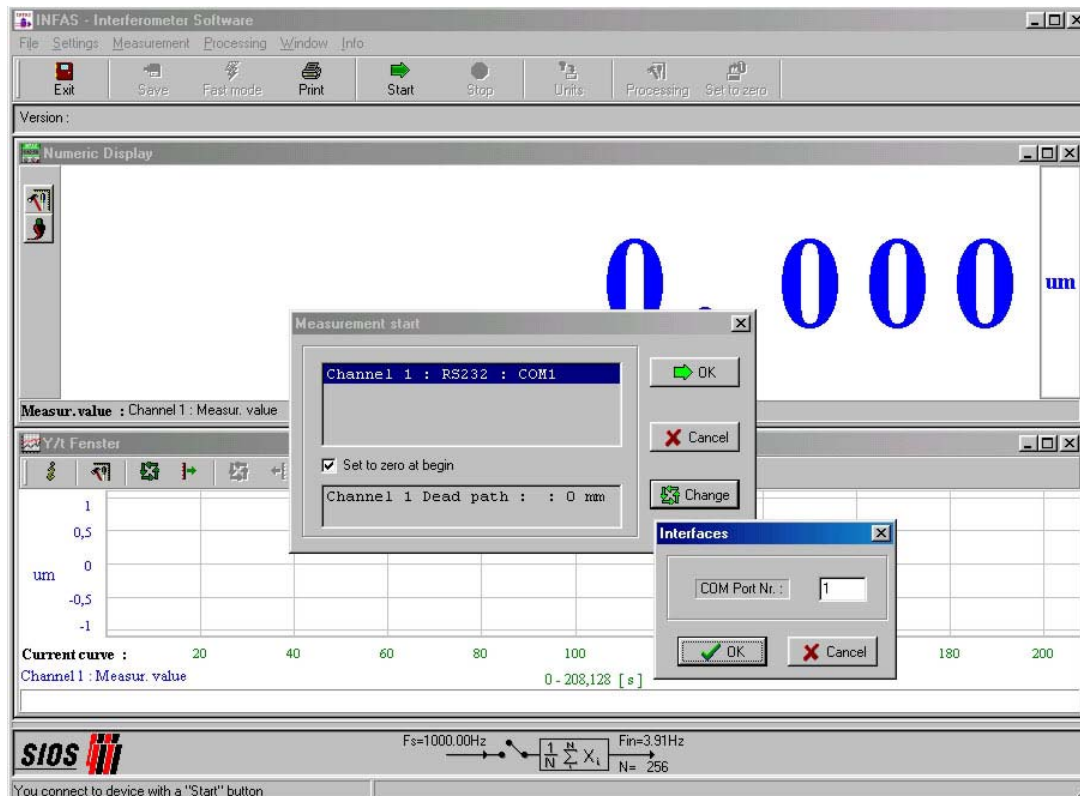


그림 6 : 시리얼 인터페이스 대화상자

zero at begin" check box if the measurement-data registers are to be zeroed before transmission of data points is initiated (cf. Section 4.2.8), below.

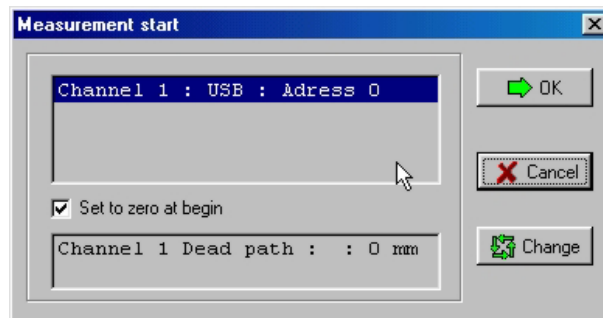


Fig. 7: Selecting employment of the PC's USB-port.

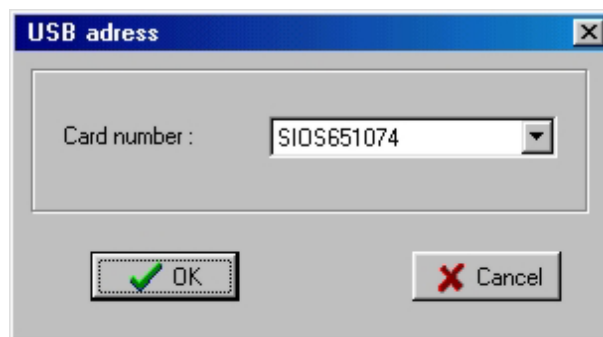




Fig. 8: Assigning a USB-address to a channel.


The procedure for specifying settings for the PC's USB-port is similar to that described above. The code numbers of the USB-boards that remain available will be automatically read out.

Clicking on the  button will activate the interconnection between the power-supply/signal-processing unit and the PC. Measurement data will then be displayed in the display window and the "Y/t"-window as it is acquired. However, none of that data will be saved to a file. Several other settings will have to be made before measurement data may be saved to a file (cf. Section 4.3, below).

Note that activating the interconnection does not mean that measurement data will be automatically saved to a file.

Clicking on the  button will interrupt the interconnection between the power-supply/signal-processing unit and the PC. Clicking on Mmeasurement/Stop or pressing <F3> will also interrupt the interconnection.

각 채널에 할당된 시리얼 인터페이스는 독립적으로 확인되고 원하는 경우 변경 될 수 있습니다.

주어진 채널의 COM포트를 변경하려면 그 채널을 선택한 후  Change 버튼을 클릭하거나, 그 채널에 마우스 오른쪽 버튼을 클릭 한 다음 “Change the address”메뉴 항목을 호출하거나 그 채널을 더블 클릭 하여 호출할 수 있습니다. 각 채널의 “데드 패스”의 길이도 같은 방법으로 변경할 수 있습니다.

데이터 포인트의 전송(4.2.8참고)이 시작하기 전에 측정데이터 레지스터가 제로화 되어야 한다면 “Set to zero at begin” 체크 박스를 설정하십시오.

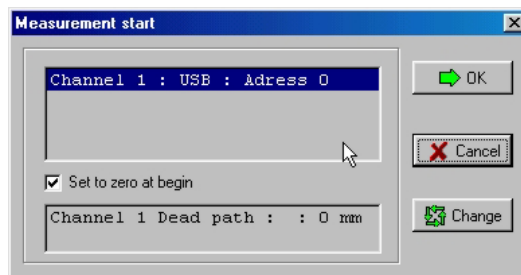


그림 7. PC의 USB 포트의 사용을 선택

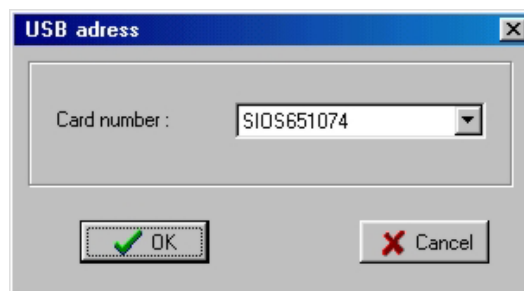




그림 8: 채널에 USB주소 할당

PC의 USB 포트에 대한 설정을 지정하기 위한 절차는 위에서 설명한 것과 유사합니다. 계속 사용 가능한 USB포트의 코드 번호는 자동으로 읽혀질 것입니다.

 버튼을 클릭하면 전원공급장치와 신호처리유닛과 PC 사이의 상호연결을 활성화할 것입니다. 측정 데이터를 획득하면 디스플레이창과 “Y / t”윈도우에 표시 될 것입니다. 그러나 측정 데이터는 바로 파일로 저장되지 않습니다.

측정데이터를 파일로 저장하려면 반드시 몇가지 설정작업을 하여야 합니다. (4.3 참고)

 버튼을 클릭하면 전원 및 신호처리유닛과 PC 사이의 상호 연결을 차단할 것입니다. “Measurement/Stop” 클릭하거나 또는 <F3>을 누르면 연결이 역시 차단됩니다.

연결을 활성화하는 것이 측정데이터가 자동으로 파일에 저장된다는 것을 의미하지 않습니다.

4.2.5 The Signal-Monitoring Window

Once the interconnection between the power-supply/signal-processing unit and the PC has been established, the signal/noise ratios of the signals coming from the interferometer may be independently checked for each channel using the signal-monitoring window by either clicking on *Measurement/Signal Monitor* or simultaneously pressing the key combination <Control> + <M>, either of which will bring the window shown below onscreen.

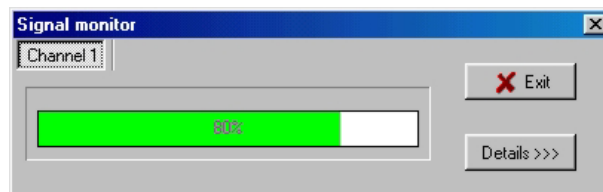


Fig. 9: The signal-monitoring window.

The green bar is a measure of signal/noise ratio, which, among other things, will depend on how well the interferometer setup has been aligned. Signal/noise ratios exceeding 50 % are preferable. Click on the *Details >>>* button to call up detailed information on the gains and offsets for the pair of signals (sine and cosine signals) that are 90° out of phase with respect to one another (cf. Fig. 14, below).

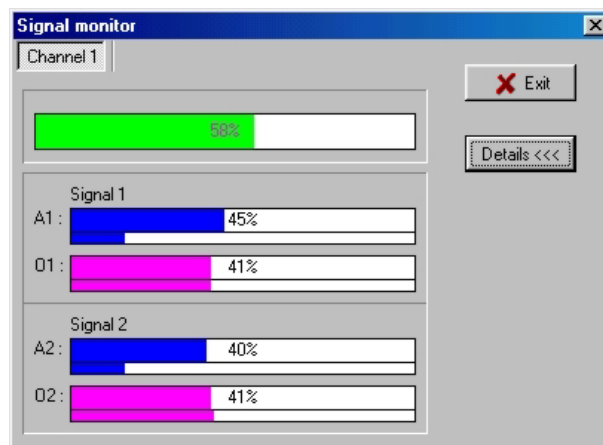


Fig. 10: Detailed information displayed in the signal-monitoring window.

The upper, blue, bars, A1 and A2, represent the respective signal-amplitude gains for that pair of signals. The lower, pink, bars, O1 and O2, indicate their offsets. The narrow bar appearing below each bar indicate the respective values that were last saved in order that changes in signal signal/noise ratios will be recognizable. Signal-amplitude gains should be as low as possible, usually less than 50 %. Offsets will normally range from 40 % to 50 %. However, on special system, signals will remain analyzable for offsets falling within the range 5 % to 95 %.

4.2.5. 시그널 모니터링 윈도우

전원공급장치와 신호처리유닛과 PC가 연결되고 “*Measurement/Signal Monitor*”버튼을 클릭하거나 <Ctrl>+ <M>을 누르면 간섭계에서 오는 신호의 신호대 노이즈비가 표시될 것입니다.

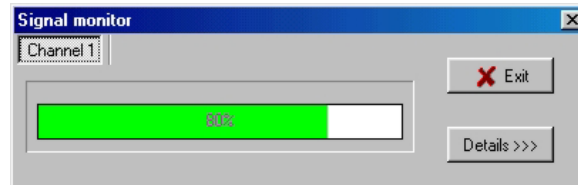


그림 9. 시그널 모니터링 윈도우

녹색 막대는 다른 것들 중 신호와 노이즈의 비율을 측정하기 위한 한 방법이고 간섭계의 설치가 얼마나 잘 정렬되었는지에 따라 달라집니다. 50%를 초과하는 것이 바람직합니다.

서로에 대해 90°의 위상차를 가지는 사인 코사인 신호에 대한 계인 및 오프셋에 대한 자세한 정보를 보기 위해서는 **Details >>>** 버튼을 클릭합니다.(그림14 참고)

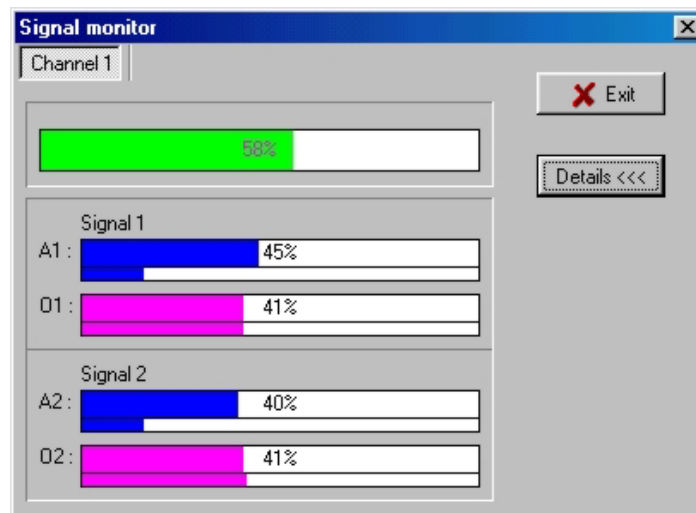


그림. 10 : 시그널 모니터링 창에 표시된 자세한 정보

위의 파랑색 막대 A1, A2는 각 신호에 대한 각각의 신호 진폭 계인값을 나타냅니다.

아래의 핑크색 막대 O1, O2는 오프셋값을 나타냅니다.


각 줄 아래에 나타나는 좁은 막대는 직전에 저장된 값을 나타내고 이 것을 보면 신호와 노이즈 비율의 변화값을 알 수 있을 것입니다.

신호 진폭 계인값은 가능하면 50%이하로 낮아야합니다. 오프셋값은 일반적으로 40% ~ 50% 정도의 범위입니다.

그러나 특별한 시스템에서는 신호가 5% ~95 %의 영역에 있어도 분석가능하게 유지됩니다.

If the interferometer involved has been properly aligned, both signals will have about the same amplitude and offset. Occurrences of large differences in their amplitudes and/or offsets indicate that the interferometer involved is misaligned. Contact us if gains and/or offsets fall outside the stated tolerance ranges, even though the interferometer setup has been properly aligned.

4.2.6 Selecting Signal-Processing Options

Clicking on the  button or Processing/Settings will call up the dialog box for selecting signal-processing options.

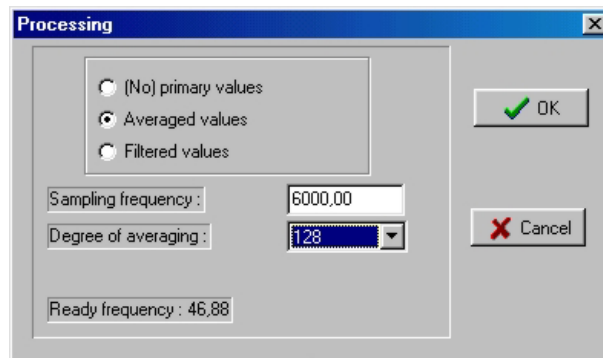


Fig. 11: The signal-processing-options dialog box.

Either primary values (unprocessed counter readings), averaged values, or filtered values will be output.

- Sampling Frequency [Hz]:

The value entered here specifies the rate at which readings (base values) of the bidirectional counter are to be scanned by the microprocessor of the power-supply/signal-processing unit or the rate at which data are to be read in from the PC's signal-processing board. The maximum sampling frequency available is 16 kHz. When selecting sampling frequencies, due account should be taken of the fact that selecting an overly high sampling frequency will shift the lower frequency limit of the digital filter that has been implemented in the software to excessively high levels. Selecting an overly low sampling frequency will cause measurement runs to be rather long. Optimal choices of sampling frequency will fall within the range 2 kHz to 8 kHz.

- Degree of averaging:


Instead of using the digital filter to filter base values, base values may also be averaged using a pure signal averager. The value entered here specifies the number of base val-

간섭계가 적절히 정렬 된 경우 두 신호들은 비슷한 게인값과 오프셋값을 가질 것이다.

게인값 혹은 오프셋값이 큰차이가 발생할 경우는 간섭계가 잘못 정렬된 것을 나타냅니다.

간섭계 설정이 올바르게 정렬 된 경우에도 게인값 또는 오프셋값이 허용 오차 범위를 벗어나는 경우 SIOS나 대리점으로 연락바랍니다.

4.2.6. 신호 처리 옵션 선택

 버튼을 클릭하거나 “Processing/Settings”를 클릭하면 신호처리옵션을 선택하기 위한 대화상자를 호출합니다.

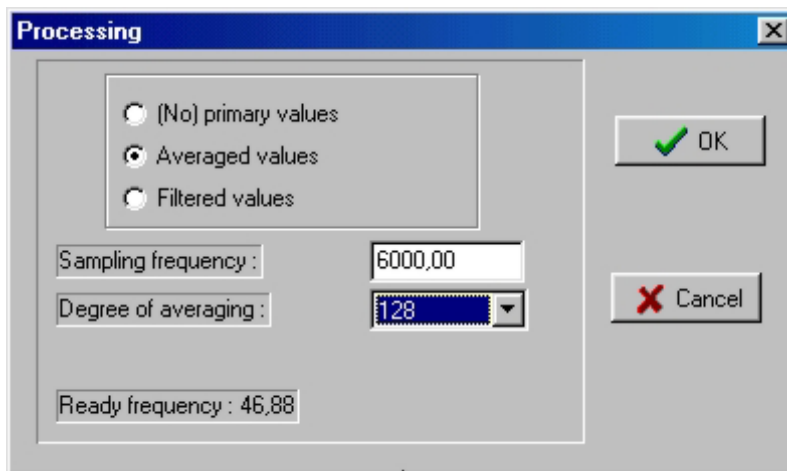


그림. 11 : 신호처리옵션 대화상자

기본값 (처리되지 않은 카운터 판독)과 평균값 또는 필터링된 값이 출력됩니다.

- 샘플링 주파수 [Hz]

본체의 마이크로프로세서에 의해서 읽어진 양방향 카운터의 수치(기본값) 또는 PC의 신호 처리 보드에서 속도에서 읽어진 값이 여기에 들어갑니다.

가능한 최대 샘플링 주파수는 16 kHz입니다.

샘플링 주파수를 선택할 때 지나치게 높은 샘플링주파수를 선택하는 것은 과도하게 높은 레벨의 소프트웨어로 구현된 디지털필터의 낮은 주파수 한계를 이동시킬 수 있다는 사실을 고려하여야 합니다. 또 지나치게 낮은 샘플링주파수를 선택하면 측정이 실행 다소 길어지는 원인이 될 것입니다. 최적의 샘플링 주파수는 2 ~ 8kHz 범위일 것입니다.

- Degree of averaging

기본값에 필터링하는 디지털필터를 사용하는 대신 기본값은 순수신호평균화기를 이용해서도 역시 평균화될 수 있습니다. 여기에는 기본값, 평균화될 값, 필터링될 값의 개수를 지정합니다.

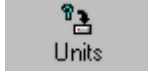
입력 가능한 값은 2 ~ 8,192까지 2의 제곱값입니다. 여기에 2의 제곱값이 아닌 다른 값을 입력하면

ues to be employed in averaging input base values to yield output, averaged, base values. Acceptable entries here are any integral power of 2, ranging from 2 to 8,192. If anything other than an integral power of 2 the entry made is entered here, the entry will be automatically rounded upward to the next larger integral power of 2.

- **Filter:** This field is for selecting one of the seven filters that have been implemented in the software for the purpose of outputting filtered values. A detailed explanation of these filters appears in the instruction manual for the interferometer employed.

Note that the input frequency, which is the ratio of the scanning frequency to the number of base values employed by the signal averager, and should not exceed 100 Hz. If that limit is exceeded, a red marker will be displayed to indicate that the input frequency is too high and that input signals could become lost during transmittal, since the PC's RS-232 serial interface involved will be unable to handle the resultant data-transfer rate. If the PC's USB-port is being used, the Windows operating system may be unable to handle the resultant higher input frequencies, even though its USB-port is capable of handling higher data-transfer rates than may be handled by its RS-232 serial interfaces.

4.2.7 Selecting the Physical Units to be Employed

Clicking on the  button or Measurement/Units will call up the dialog box for selecting the physical units to be employed in displaying measurement data. The options available are dimensionless pulse counts, mm, μm , or nm.

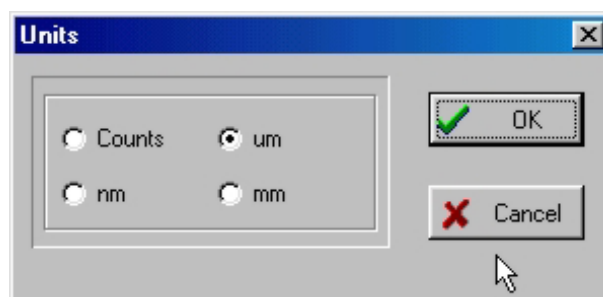
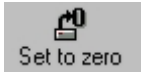


Fig. 12: The “Units” dialog box.

4.2.8 Setting the “Zero” Position

Laser interferometers measure displacements only, i.e., changes in the position of an object to be measured relative to a predetermined starting point that may be defined as its “zero”

position in order to simplify matters. Clicking on the  button, clicking on Measurement/Set to Zero, or pressing <F5> will zero the readings of all counters located in the

자동적으로 그 값보다 큰 2의 제곱값이 입력될 것입니다.

- 필터


이 필드는 필터링된 값을 출력하기 위한 목적으로 소프트웨어에서 구현된 일곱 개의 필터 중 하나를 선택하기 위한 것입니다. 이러한 필터의 자세한 설명은 간접계 사용 설명서에 있습니다.

신호평균화장치에 의한 기본값의 개수로 스캐닝주파수의 비율인 입력 주파수는 100Hz를 초과하지 않아야 합니다.

그 한계를 초과하면 PC의 RS-232포트는 데이터 전송을 처리 할 수 없을 것이기 때문에, 입력 주파수가 너무 높고, 전송과정에서 입력 신호를 잃어버릴 수 있다는 적색 표시를 나타낼 것입니다.

만일 USB포트가 사용되는 경우라도, 그리고 윈도우운영시스템에서 USB포트가 RS-232포트의 처리속도보다 높은 데이터 전송속도로 처리할 수 있더라도, 생성된 높은 입력주파수를 처리하지 못할 수도 있습니다.

4.2.7. 사용할 물리적 단위의 선택

 버튼이나 “Measurement/Units”을 클릭하면 측정데이터를 디스플레이에 채용하는 물리적 단위를 선택하기 위한 대화상자를 호출합니다. 사용할 수 있는 옵션은 counts, mm, μm , or nm입니다.

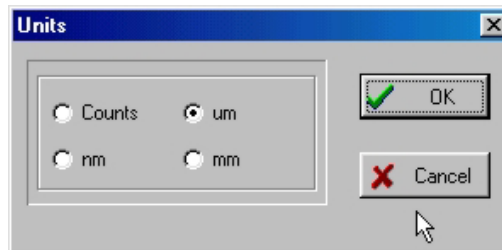
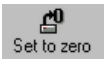


그림. 12 : "단위" 대화 상자.

4.2.8. “0” 위치 설정

레이저 간섭계는 변위만을 측정합니다. 즉 문제를 단순화하기 위해서 "제로"로 정의된 임의의 시작점과 상대적으로 움직인 측정대상물의 위치 변화를 말합니다.

“Measurement/Set to Zero”를 클릭하여  버튼을 클릭하거나 <F5>를 눌러서 본체 또는 신호처리보드에 있는 모든 카운터의 수치를 “0”으로 하고 “데드 패스”의 길이를 설정하는 대화상자를 호출합니다. (4.2.3.2 참고)

power-supply/signal-processing unit or on the signal-processing board and call up the dialog box for setting the length of the “dead path” (cf. Section 4.2.3.2, above).

4.2.9 Switching the Modulator ON/OFF

Clicking on Measurement/Modulator ON (or simultaneously pressing the key combination <Control> + <1>) or Measurement/Modulator OFF (or simultaneously pressing the key combination <Control> + <0>) will switch the modulator, or all modulators, if multiple data channels are in use, on or off, respectively.

The modulator(s) may be switched on or off by the software only if it/they have been switched off at the power-supply/signal-processing unit.

The modulator on our interferometers generates a low-amplitude sinusoidal motion of the mirror on their reference arm that will be needed at times, particularly when aligning them (Cf. the instruction manual for the interferometer involved for instructions on aligning it.). Their modulators may be left switched on during many types of measurements, and will have to be switched off only if unfiltered measurement data is to be recorded, since measurement errors might occur if they are left switched on.

4.2.10 Specifying the Triggering Input and Related Options

In some types of applications, it will be helpful if the transfer of measurement data is controlled by a triggering signal. Clicking on Settings/Trigger will call up a dialog box for specifying the triggering input to be employed, selecting the flank of the triggering signal to be employed for triggering, and specifying whether transfer of base values or processed measurement data is to be triggered.

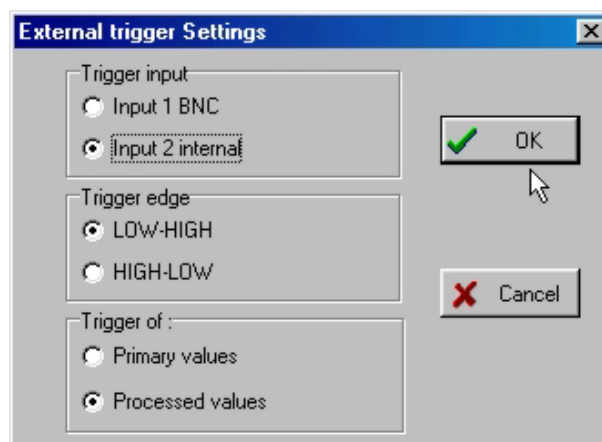


Fig. 13: The “Triggering” dialog box.

4.2.9. ON / OFF 모듈레이터 전환

“*Measurement/Modulator ON*”을 클릭(또는 <Ctrl>+<1>) 또는 “*Measurement/Modulator OFF*” (또는 <Ctrl>+<0>)를 눌러 변조기를 켜고 끌 수 있습니다. 여러 개의 데이터 채널을 사용 하는 경우 각각 켜고 끌 수 있습니다.

만일 본체에서 꺼진 경우에는 모듈레이터는 소프트웨어에서만 켜고 끄는 것이 가능할 것입니다.

특히 간섭계의 레퍼런스쪽에서 저진폭의 사인모션을 생성하는 모듈레이터는 간섭계를 얼라인할 때 필요합니다. (간섭계 매뉴얼 참고)

모듈레이터는 측정하는 동안에 켜진 채로 남아있을 수 있는데, 필터링되지 않은 측정데이터로 사용될 때는 측정오차로 나타날 수 있으므로 반드시 끄진 상태로 유지되어야 합니다.

4.2.10. 트리거 입력 및 관련 옵션 지정

측정데이터의 전송이 트리거 신호에 의해 제어되는 일부 어플리케이션의 경우에 도움이 될 것입니다.

“*Settings/Trigger*”를 클릭하면 트리거입력 대화상자를 호출합니다.

여기서는 트리거링에 이용되는 트리거신호의 플랭크를 선택하고 기본값 또는 가공된 측정데이터를 전송할 지의 여부를 지정합니다.

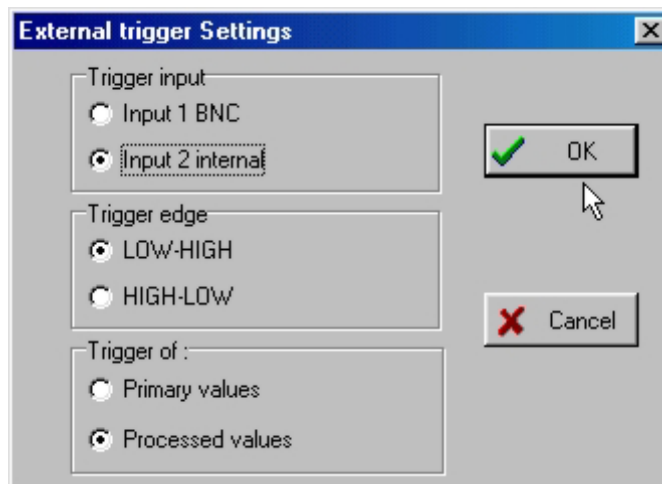


그림 13. “트리거” 대화 상자 .

Triggering may then be switched on or off by clicking on *Measurement/Trigger ON* (or simultaneously pressing the key combination <Control> + <Alt> + <1>) or *Measurement/Trigger OFF* (or simultaneously pressing the key combination <Control> + <Alt> + <0>), respectively.

4.2.11 Configuring Display Windows

The onscreen display windows appearing on the PC's monitor may be configured by users.

4.2.11.1 Opening a New Window

Clicking on either *Window/New Y/t window*, *Window/New numerical display*, or *Window/Data set show* will call up another dialog box (cf. Fig. 18, below) where you may utilize the list of plots (cf. Fig. 19, below) to have the measurement data and temperatures for the individual data channels, the barometric pressure, and the laser wavelength displayed onscreen.

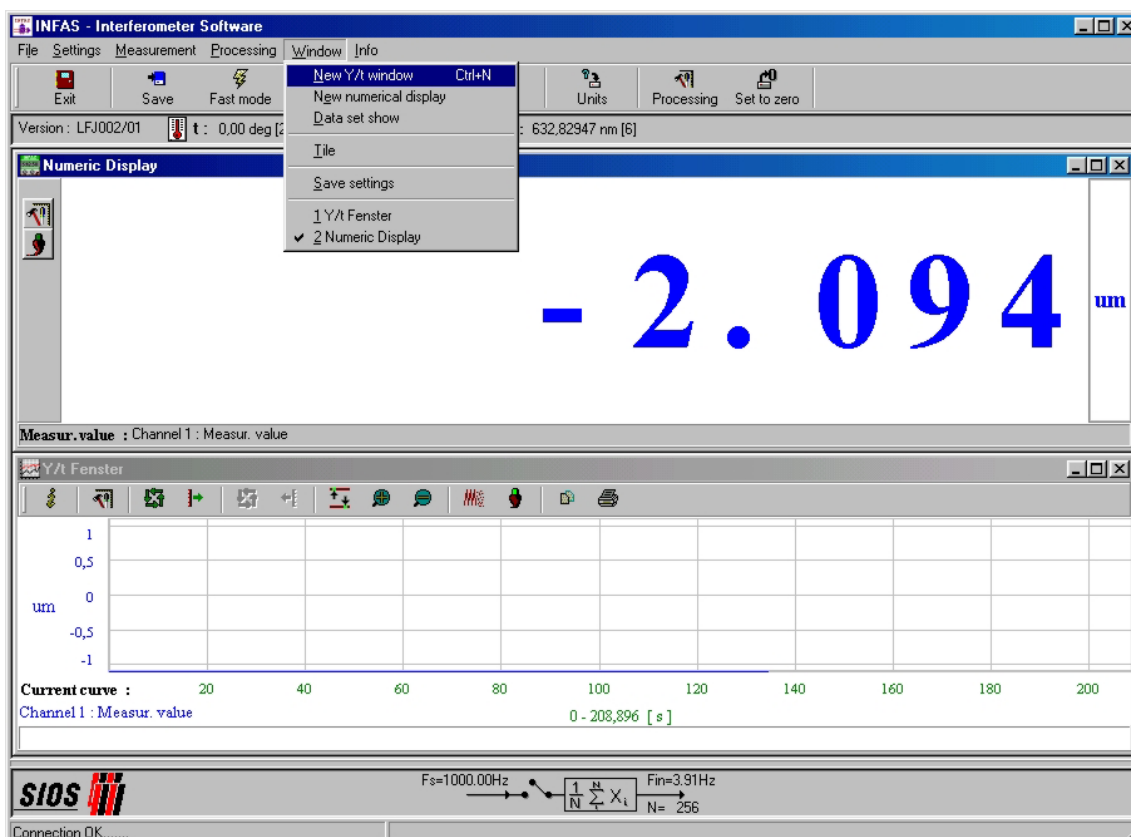


Fig. 14: The “Window” dialog box.

트리거는 "Measurement/Trigger ON"을 클릭하거나 (또는 <Ctrl>+<ALT>+<1>) 혹은 "Measurement/Trigger OFF"를 클릭하여 (또는 <Ctrl>+<ALT>+<0>) 설정하거나 해제 할 수 있습니다

4.2.11. 구성 화면 창

PC모니터에 나타나는 내용은 사용자가 구성 할 수 있습니다.

4.2.11.1. 새창 열기

Window/New Y/t window

Window/New numerical display

Window/Data

새로운 창, Y/t 창, 새로운 수치 표시창, 또는 데이터창 중 하나를 클릭하면 대화상자(그림18 참고)를 호출합니다.

각 데이터 채널에 대한 측정데이터와 온도, 대기압 및 레이저 파장을 표시하는 리스트(그림19 참고)가 표시됩니다.

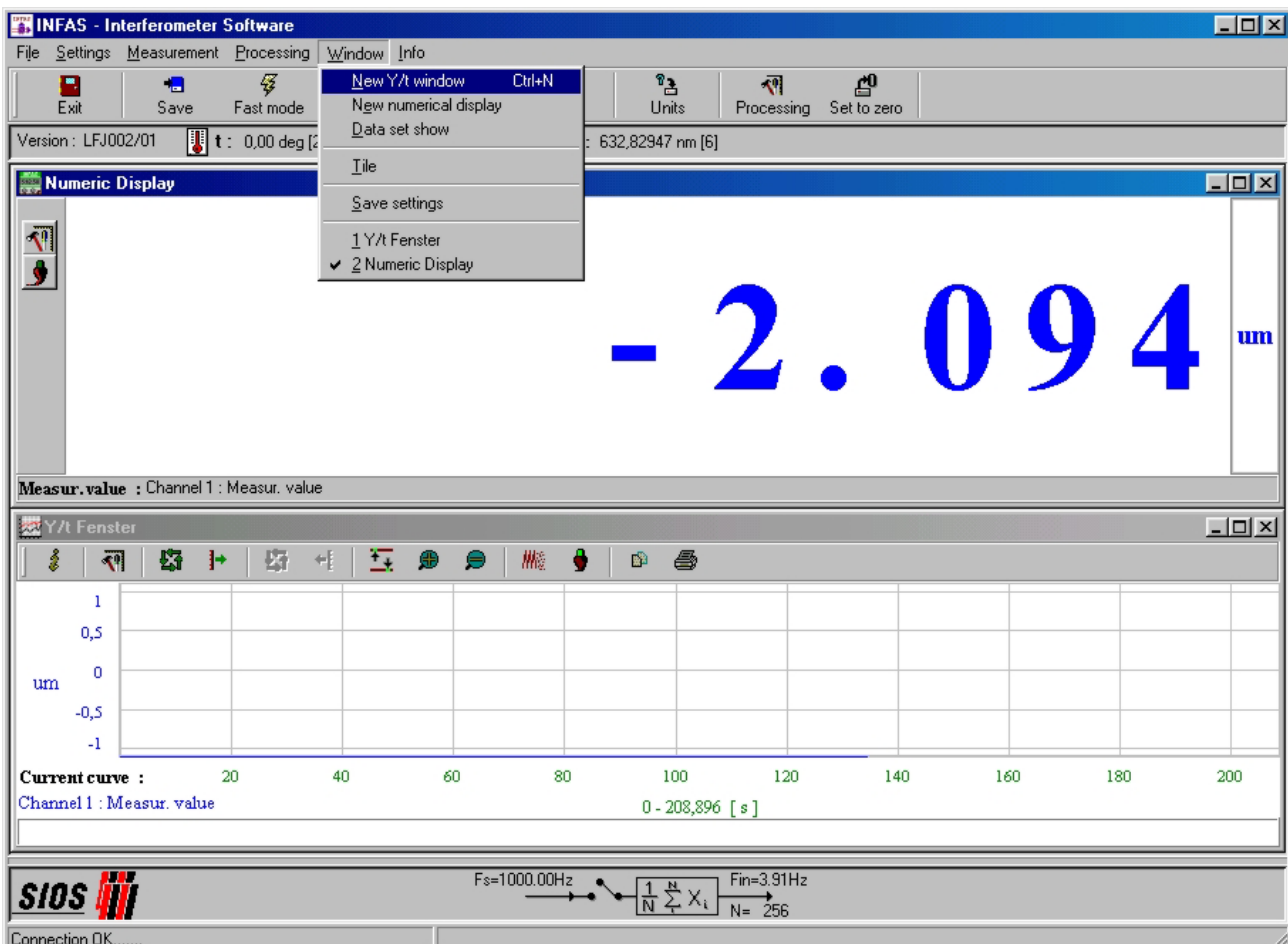


그림 14 대화상자 “창”

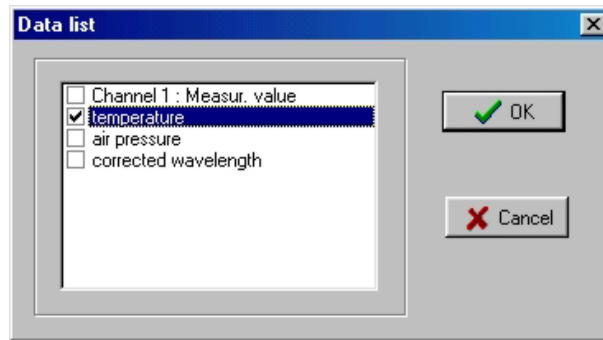


Fig. 15: The list of plots available.

Data sets may be displayed onscreen only if they are still available in the power-supply/signal-processing unit's RAM or PC's RAM, i.e., either consist of data points that have just been recorded in, e.g., "Fast" mode (cf. Section 4.3.1.2, below) or represent older data that has been saved to a file that has been reopened.

As usual for the Windows operating system, windows may be displayed either vertically tiled, tiled, or cascaded, and resized, including full-screen views, or minimized. These onscreen-display arrangements created by users may be saved as the default setting, and will thus be immediately available as soon as the software is restarted. Users also have the opportunity to save their own default display setting under an arbitrary choice of name that may be reloaded by clicking on its name.

4.2.11.2 The Numeric Display Window

The numeric display window lists the values of all parameters transmitted by the power-supply/signal-processing unit in the form of scalars, complete with their associated physical units (Cf. Section 4.2.7 regarding procedures for changing the physical units employed.).

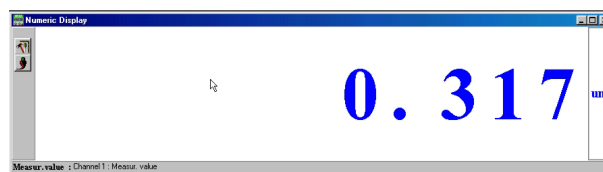


Fig. 16: The numeric display window.

The numeric display window may be configured using either the buttons running down the left-hand side of the window or by clicking on the window with the right mouse button and making appropriate selections from the menu that will then appear onscreen.



Configuration: Clicking on this button will call up a dialog box for specifying a title for the numeric display window and the format (fixed-point format with fixed numbers of

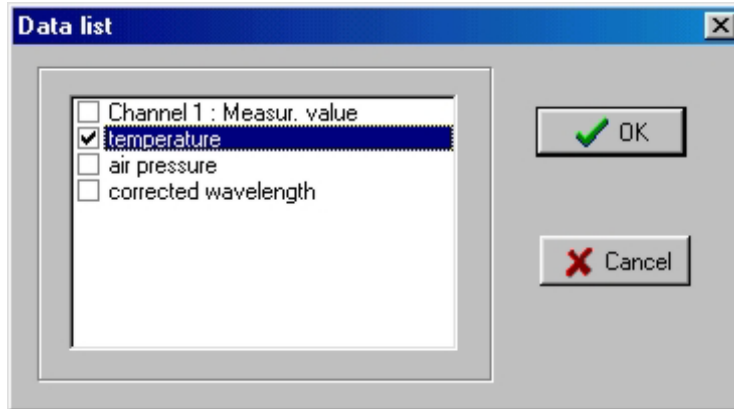


그림15 사용 가능한 플롯리스트

데이터 집합은 본체의 램이나 PC의 램에서 아직 사용 가능하다면 “Fast” 모드(4.3.1.2 참고)로 기록된 데이터 포인트들과 저장되었던 과거의 데이터를 화면에 나타냅니다.

윈도우 운영 체제의 사용에서 윈도우는 수직타일, 수평타일, 폭포식, 크기조정, 전체 화면뷰 또는 최소화를 표시할 수 있습니다.

사용자가 만든 화면배열은 기본설정으로 저장 될 수 있으며 따라서 소프트웨어가 다시 시작될 때 즉시 사용할 수 있습니다.

또한 기본설정을 임의의 이름으로 저장할 수 있고 그 이름을 클릭하여 다시 로드 할 수 있습니다.

4.2.11.2. 수치표시창

수치표시창은 할당된 물리적 단위로 완성된 값으로 본체에 의해 전송된 모든 파라미터값을 표시합니다. (단위를 변경하기 위한 절차에 관한 4.2.7 참고)



그림. 16 : 수치 표시창.

수치표시창은 창의 왼쪽의 실행 버튼이나 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하는 것을 사용하거나 메뉴에서 원하는 항목을 선택함으로써 구성 할 수 있습니다.



구성 : 이 버튼을 클릭하여 수치표시창의 제목과 수치 데이터를 사용하는 포맷(고정소수점형식, 부동소수점형식, 과학적 표기법)을 지정하기 위한 대화상자를 호출합니다.

digits preceding and following the decimal point or scientific notation) to be employed for numerical data displayed in the window.

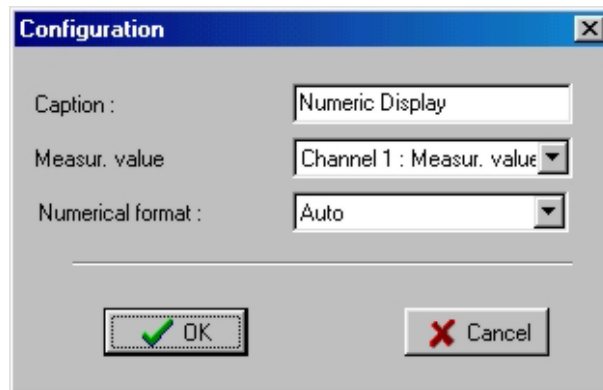


Fig. 17: Configuring the numeric display window.



Clicking on this button will call up a dialog box for specifying the color scheme to be employed for the numeric display window.

4.2.11.3 The “Y/t”-Window

The “Y/t”-window is used for displaying plots of the various respective parameters as functions of time or the total number of signal pulses that have thus far been counted.

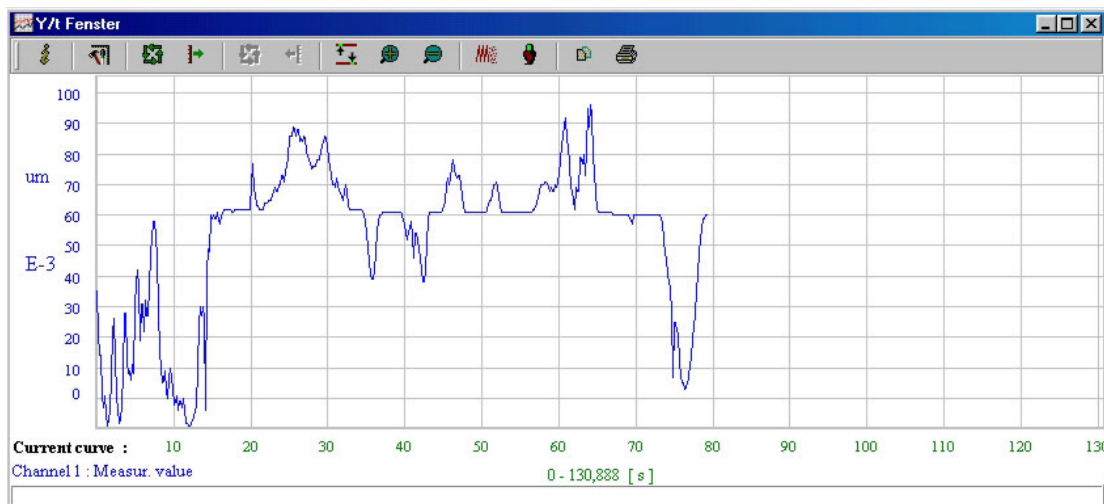


Fig. 18: The “Y/t”-window.

The “Y/t”-window may be configured using either the buttons running across the upper edge of the window or by clicking on the window with the right mouse button and making appropriate selections from the menu that will then appear onscreen.

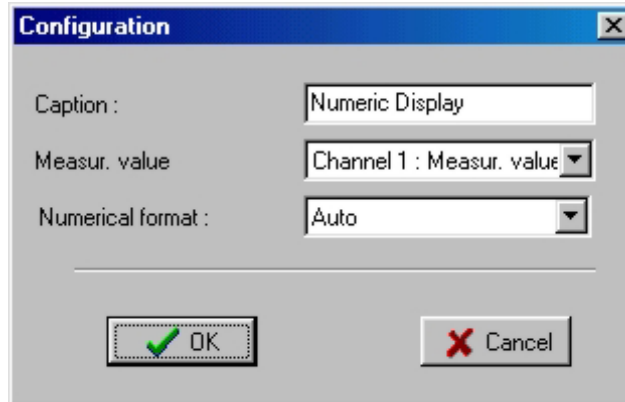


그림 17 수치표시창 구성



이 버튼을 클릭하면 수치표시창에 사용되는 색상을 지정하기 위한 대화상자를 호출합니다.

4.2.11.3. “Y/t” - 창

“Y / t ” 창은 여러 파라미터를 시간의 함수로써 표시하기 위해 사용됩니다.

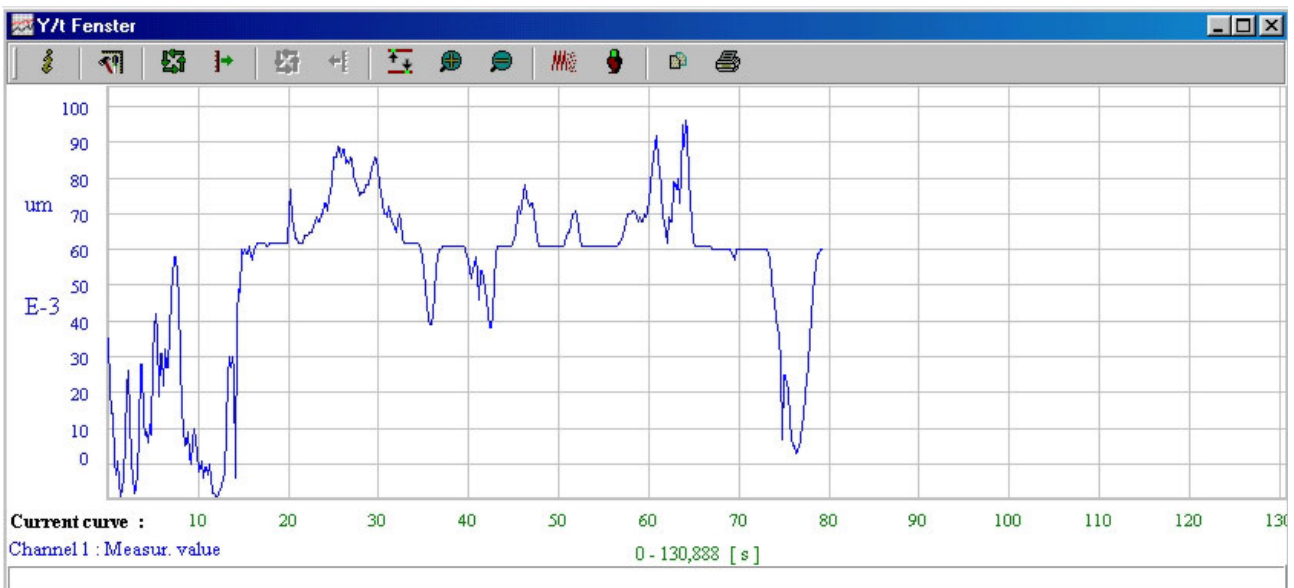


그림 18 “Y/t”-창

“Y/t” 창은 윈도우의 상단의 아이콘들을 사용하거나 마우스 오른쪽 버튼으로 창을 클릭하여 메뉴에서 원하는 항목을 선택하여 구성할 수 있습니다.



이 버튼을 클릭하면 간략한 정보와 현재 화면에 표시된 플롯에 대한 통계데이터의 화면을 호출합니다.



Clicking on this button will call up display of brief information and statistical data on the plots currently displayed onscreen.

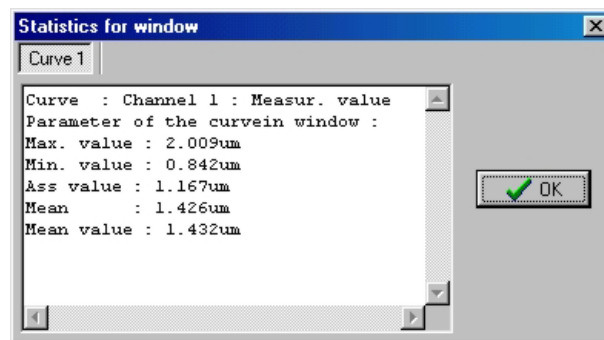


Fig. 19: Sample statistical data on the plots appearing in the “Y/t”-window.



Clicking on this button will call up a dialog box for configuring the “Y/t”-window. Other plots may be added or displayed plots deleted.

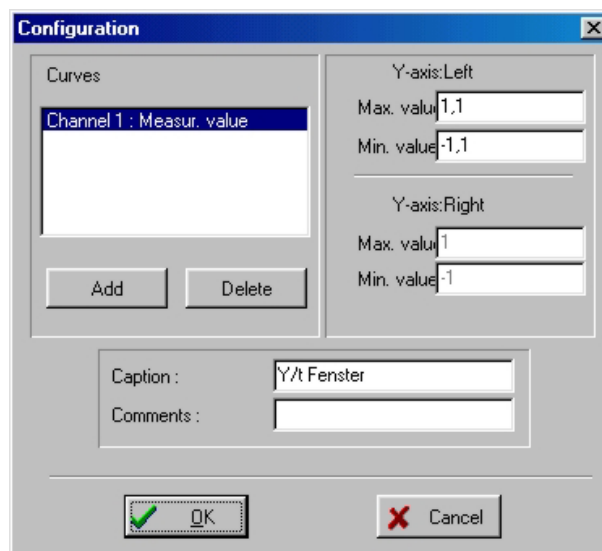


Fig. 20: Configuring the “Y/t”-window.



Clicking on this button will jog control to the next plot, if more than one plot appears in the window.



Clicking on this button will allow rescaling the right-hand ordinate. The plotted curve will be continuously updated as measurements progress.



Clicking on this button will rescale the currently selected plot to yield full-height display of the plot, i.e., rescale it such that it vertically fills the window, where the upper and lower bounds of its ordinate axis will be determined by the minimum and maximum signal levels.

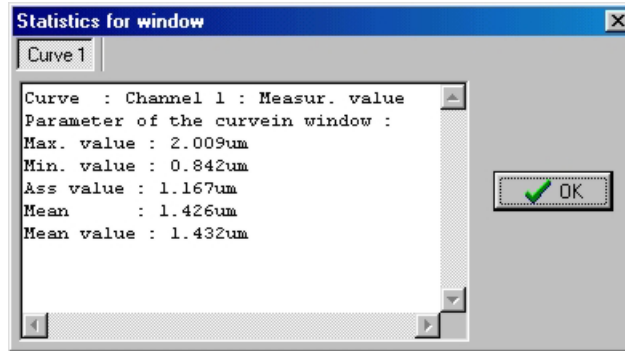


그림 19 “Y/t” 창에 나타나는 통계데이터 샘플



이 버튼을 클릭하면 “Y/t” 창을 구성하기 위한 대화상자를 호출합니다. 다른 플롯이 추가하거나 또는 삭제할 수 있습니다.

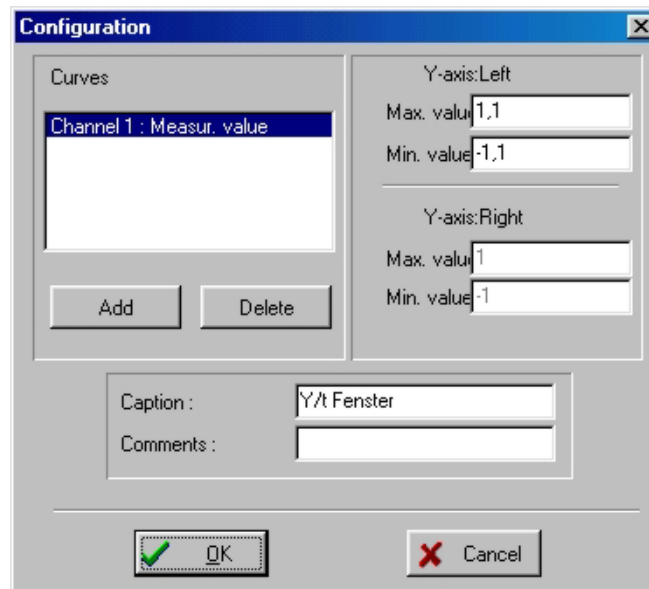


그림 20 “Y/t”- 창 구성.



이 버튼을 클릭하면 창에 하나 이상의 플롯이 나타나는 경우 다음 플롯으로 조그컨트롤이 가능합니다.



이 버튼을 클릭하면 오른쪽 좌표를 스케일링할 수 있습니다. 그려진 곡선은 지속적으로 업데이트됩니다 .



이 버튼을 클릭하면 플롯을 전체높이로 조정하여 표시합니다. 즉 종축의 상하 범위가 최소 및 최대로 결정되어 창을 수직으로 가득 채웁니다.



Zoom in: May be used to magnify a marked section of a plot.



Zoom out: May be used to demagnify a marked section of a plot.



Clicking on this button will delete the currently open window.



Clicking on this button will call up a dialog box for specifying a window color scheme.



Clicking on this button will copy the currently selected plot as graphics.



Clicking on this button will print the currently selected plot as a bitmap.

4.2.11.4 Displaying Data Sets

Sets of saved data points (cf. Section 4.3.1, below) may be called up for display by clicking on Window/Data set show. However, older data files will have to be loaded first by clicking on File/Load Data. Data sets that have just been recorded in, e.g., “Fast” mode (cf. Section 4.3.1.2, below), will be immediately displayable onscreen.

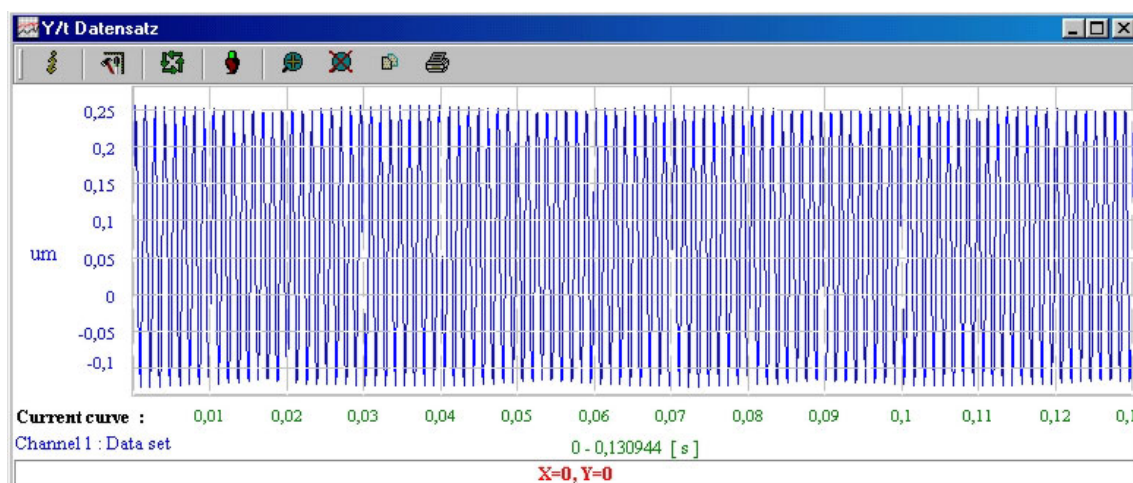


Fig. 21: Example of a “Y/t” data set.

The functions of the quick-access buttons are identical to those for the “Y/t”-window.

4.2.12 Selecting the “Motor Controller” Option

This option will be available for LM-series laser-interferometric gauging probes only.



Clicking on Window/Motor or the **Motor U-S-D** button will call up a menu that may be used for controlling an interfaced motor drive in order to produce an upward or downward motion of the interferometer’s probe shaft or for halting an interfaced motor drive.



확대 : 커서로 표시된 부분을 확대하는 데 사용할 수 있습니다.



축소 : 커서로 표시된 부분을 축소하는 데 사용할 수 있습니다.



이 버튼을 클릭하면 현재 열려있는 창을 삭제합니다.



이 버튼을 클릭하면 창의 색상을 지정하기 위한 대화상자를 호출합니다.



이 버튼을 클릭하면 그래픽에서 현재 선택된 부분을 복사할 수 있습니다.



이 버튼을 클릭하면 비트맵으로 현재 선택된 부분을 인쇄할 수 있습니다.

4.2.11.4. 데이터 세트의 표시

저장된 데이터포인트는 (아래 4.3.1 참고) “Window/Data set show”를 클릭하여 창을 호출 할 수 있습니다. 그러나 오래된 데이터파일은 “File/Load Data”를 클릭하여 먼저 로드해야 할 것입니다. 예를 들어, “Fast” 모드(섹션 4.3.1.2 참고)에서 기록된 데이터세트는 화면에 즉시 표시 가능할 것입니다.

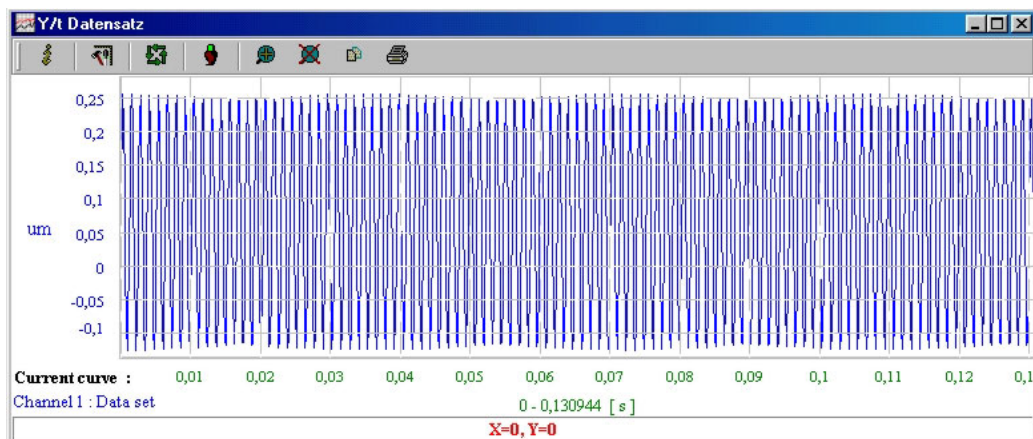



그림 21 “Y/t” 데이터세트의 예

빠른 액세스 버튼의 기능은 “Y/t”-창과 동일합니다 .

4.2.12. “모터 컨트롤러” 옵션 선택

이 옵션은 LM-시리즈 레이저 간섭방식 계측 프로브에서만 사용할 수 있습니다.

“Window/Motor” 또는  버튼을 클릭하면 간섭계의 프로브 샤프트 상하 운동을 생성하기 위해서 또는 정지상태로 유지하기 위해서 연결된 구동모터제어를 위하여 사용될 메뉴를 호출할 것입니다.

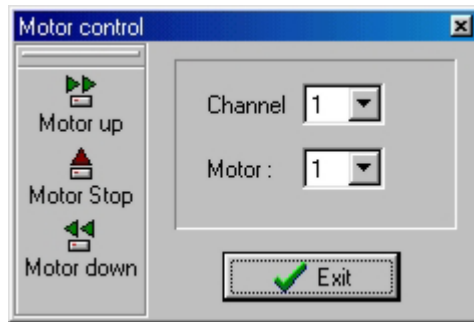



Fig. 22: The “Motor control” menu.

Every data channel is capable of operating a pair of motor controllers. The data channel(s) and motor drive(s) to be involved may be specified by making the appropriate entries in the associated fields appearing in the motor control menu. The default setting for LM-series laser-interferometric gauging probes is that Motor Drive 1 will be assigned to Channel 1.

4.3 Recording Data Sets

4.3.1 Saving Data Sets



Clicking on the *File/Save data* menu item or the  button will allow saving input data or the computed values of various parameters to a file in various ways.

The software saves data to two files having identical filenames, but differing filename extensions, where the contents of those files will be as follows:

<filename>.bsr: This file will contain the current configuration of the power-supply/signal-processing unit or signal-processing board, along with additional statistical data, in the form of ASCII-character texts. The columns appearing in *.dat-files may be correlated to the associated plots based on the list of plots. If desired, arbitrary comments may also be saved in order to allow correlating saved statistical data to the interferometer configuration active at the time, even at later dates.

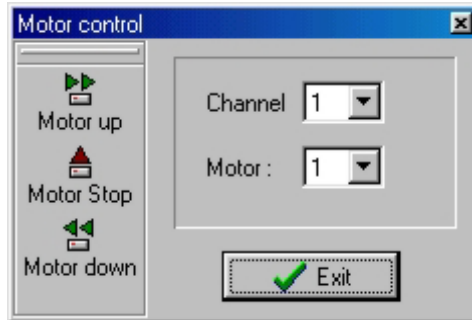



그림 22 “모터 제어” 메뉴

모든 데이터채널은 모터컨트롤러의 쌍을 조작할 수 있습니다. 데이터채널과 연관된 모터드라이브는 모터 제어메뉴에 나타나는 할당된 필드에 적절한 입력값을 사용하여 지정 될 수 있습니다. LM-시리즈 레이저 간섭계측 프로브의 기본 설정은 모터드라이브1에 채널1이 할당될 것입니다.

4.3. 데이터 세트 기록

4.3.1. 데이터 세트 저장

“File/Save data” 메뉴 항목이나  버튼을 클릭하면 여러 가지 방법으로 파일에 입력데이터 또는 여러 파라미터로 계산된 값을 저장할 수 있습니다.

소프트웨어는 파일을 동일한 파일명을 갖는 그러나 다른 데이터 방식의 확장자를 갖는 두 개의 파일로 저장합니다.

<filename>.bsr : 이 파일은 ASCII 형태로 추가적으로 통계데이터와 함께 본체 또는 신호처리보드의 현재 구성을 포함 할 것입니다.

*.dat 파일에서 나오는 열은 플롯의 리스트에 기초하여 관련된 플롯에 상관될 수 있습니다. 필요하다면 나중에라도 임의의 설명을 간접계 구성이 활성화되었을 때 저장된 통계데이터의 상호 비교를 하기위해 저장할 수도 있습니다.

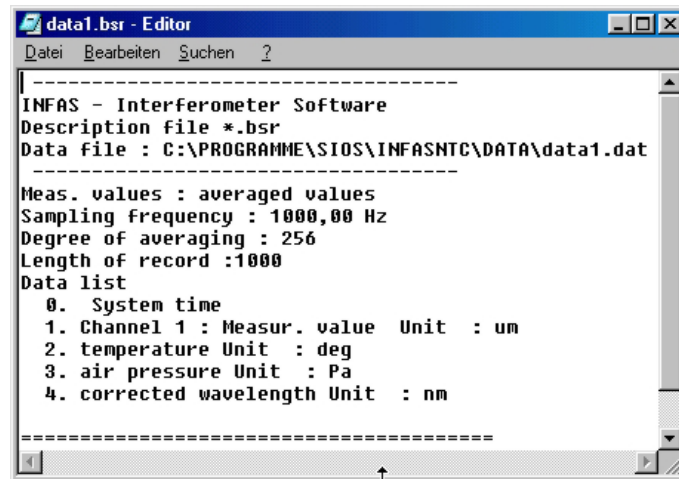
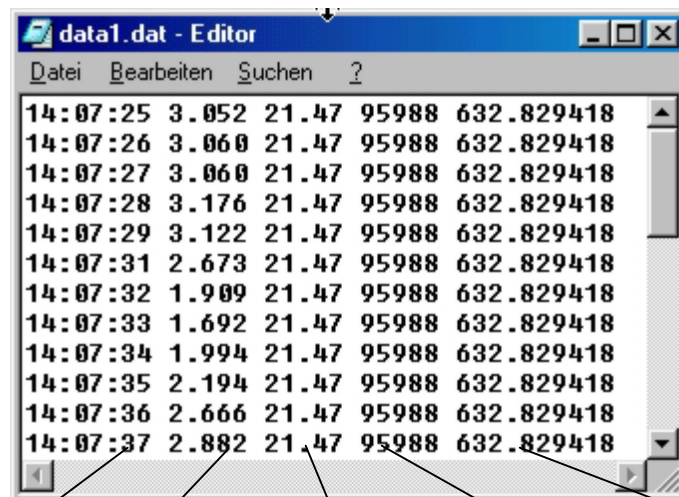


Fig. 23: Contents of a sample configuration file having the filename “data1.bsr.”

<filename>.dat: This file will contain the currently selected set of data points, arranged in columns containing ASCII-characters.



System Time Channel 1: Data Channel 1: Temperature Barometric Pressure Wavelength Corr.

Fig. 24: Contents of a sample data file having the filename “dat1.dat.”

4.3.1.1 Initiating Normal Saves

The following types of data may be saved to data files:

- input parameters: primary, averaged, or filtered values, where the nature of the data involved will depend upon the interfaced basic instrument and the type of measurements, e.g., length measurements, measurements of displacements, angles, etc., involved,
- differences between pairs of consecutive data points, and
- computed speeds, accelerations, and angles (cf. Section 4.2.3, above).

Data received from interconnected environmental sensors may be saved to other columns of the saved ASCII-file in parallel with the saving of the above data.

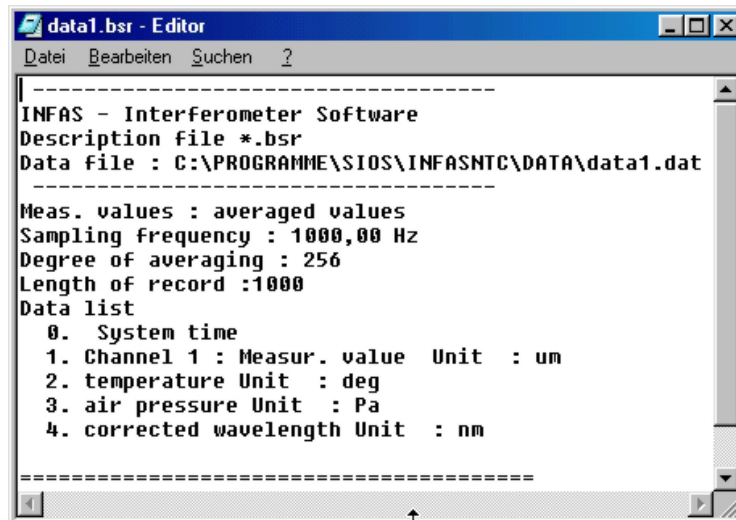


그림 23 파일 이름 “data1.bsr”을 갖는 샘플 구성

<filename>.dat : 이 파일은 ASCII 열로 정렬된 선택된 데이터포인트셋을 포함할 것입니다.

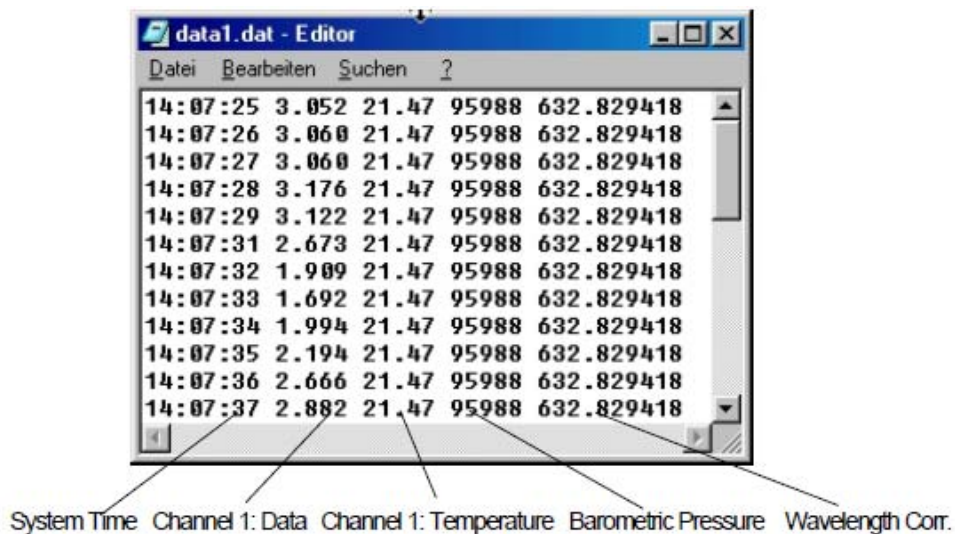


그림. 24 : “dat1.dat” 파일 이름을 갖는 샘플 데이터 파일의 내용

4.3.1.1. 일반 저장 시작

다음과 같은 유형의 데이터가 데이터파일에 저장될 수 있습니다.

- 입력 파라미터 : 기본값, 평균값, 필터링값(데이터의 특성은 연결된 기본기기와 측정의 유형에 의존할 것입니다. 예를 들어, 길이 측정, 변위 측정, 각도, 등)
- 연속 데이터 포인트의 쌍 사이의 차이
- 계산된 속도, 가속도, 각도 (4.2.3 참고).

연결된 환경센서로부터 수신된 데이터는 위의 데이터의 저장과 함께 저장된 ASCII 파일의 다른 칼럼에 저장될 것입니다.

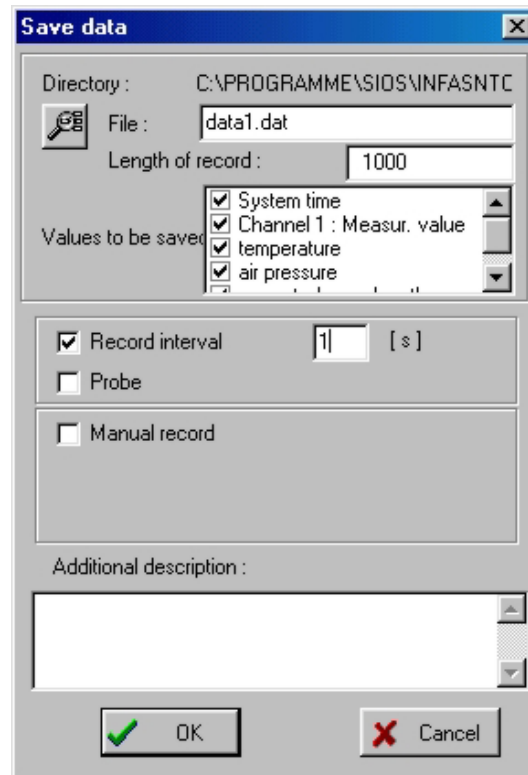



Fig. 25: The various modes for saving a data set to a data file.

Saving data sets to a data file may proceed in your choice of the following modes:

- from the time saving is initiated until the specified maximum record length has been reached, where saving will take place at the sampling frequency specified in the signal-processing-options dialog box (cf. Section 4.2.6, above), or
- from the time recording is initiated until the specified recording interval has elapsed, or
- manually, i.e., by pressing a button, which will cause the item of data present at the input at the time the button is pressed to be saved to the data file. Specifying the number of columns to be involved will allow, e.g., comparing data from various measurement regimes with one another.

Saving of data to the file will start as soon as the  button has been clicked (cf. Fig. 30, below).

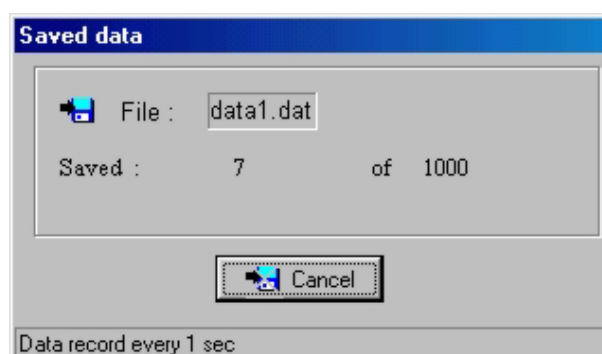


Fig. 26: Saving a data set to a file.

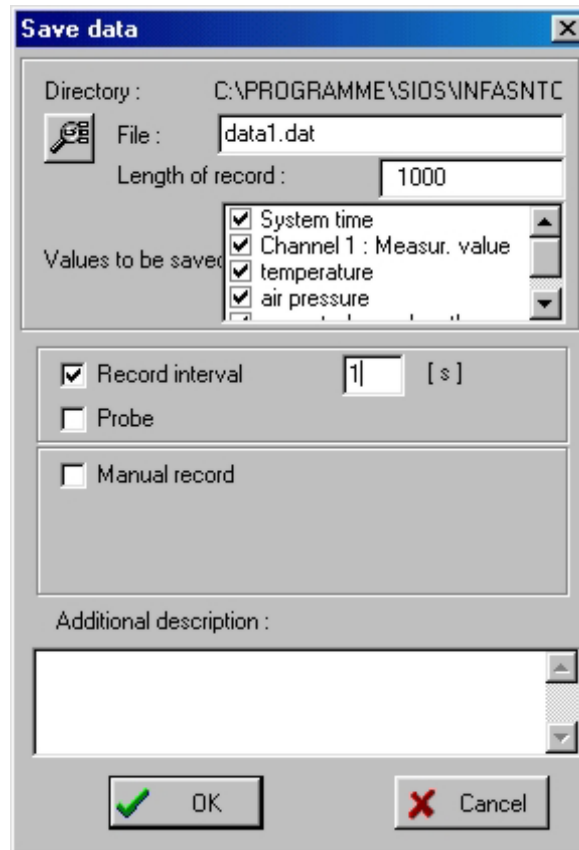



그림 25 데이터파일로 데이터셋을 저장하기 위한 여러 모드.

데이터파일로 데이터셋을 저장하면 다음과 같은 모드의 선택으로 진행할 수 있습니다.

- 신호처리장치에서 지정된 샘플링 주파수는 저장시간을 결정합니다. 지정된 최대 레코드 길이에 도달할 때까지의 시간이 결정됩니다. 옵션 대화상자 (4.2.6 참고)
- 녹화 시작 시간부터 녹화 지정된 간격이 경과 할 때까지
- 수동으로 즉 버튼을 누르면 입력데이터에 존재하는 항목을 데이터파일로 저장할 것입니다. 예를 들어 포함되는 칼럼 수의 지정은 여러 측정결과의 데이터를 비교하는 것을 허용할 수 있게 할 것입니다.

 OK 버튼을 클릭하면 곧 데이터를 파일로 저장을 시작됩니다. (그림30 참고)

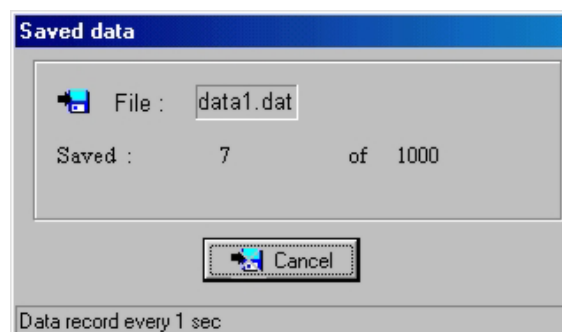



그림 26 파일로 데이터셋 저장

Clicking on the  button will abort recording.

Saving of the data file will be automatically aborted when measurements are halted.

4.3.1.2 Utilizing “Fast” Mode

In “Fast” mode (*File/Fast mode*, ) , a data set containing an arbitrary number of base values, ranging from 256 base values to 16,384 base values (the number involved must be an integral power of 2 falling within that range), will be recorded and saved to the power-supply/signal-processing unit’s internal RAM, transferred to the PC in the form of pulse counts once recording has been concluded, and saved there.

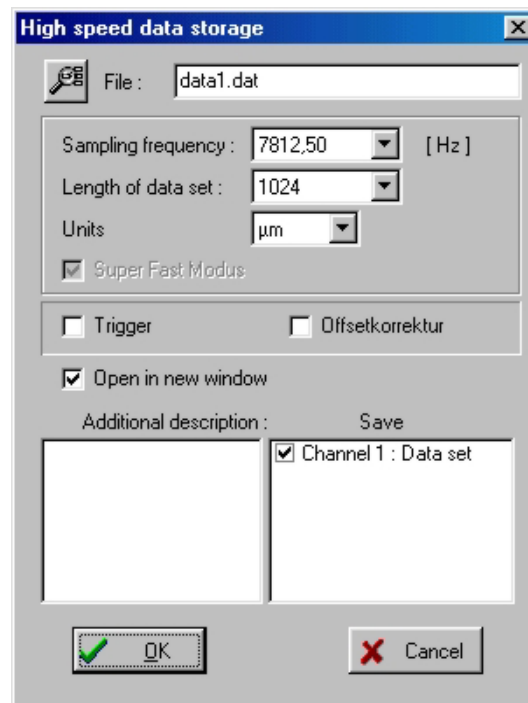



Fig. 27: The “Fast”-mode window.

This mode for saving data may be aborted by either halting measurements or resetting the power-supply/signal-processing unit, only.

4.3.2 Printing Data Files


Clicking on *File/Print* or the  button will cause the currently selected plot to be immediately printed out (cf. Fig. 32, below). Printouts may be stamped with the current date and time of day, if desired.



버튼을 클릭하면 녹화가 중단됩니다.

측정이 중단될 때 데이터파일의 저장이 자동으로 중단될 것입니다.

4.3.1.2. “Fast”모드 활용

“Fast”모드 (“File/Fast” 모드, )에서, 256 기본값에서 16,384 기본값(반드시 2의 제곱값 중의 값)에 이르기까지 임의의 기본값 개수를 포함하는 데이터세트는 본체의 내부 램에 기록 및 저장하고 펄스카운트의 형태로 PC에 전송되고 저장될 것입니다.

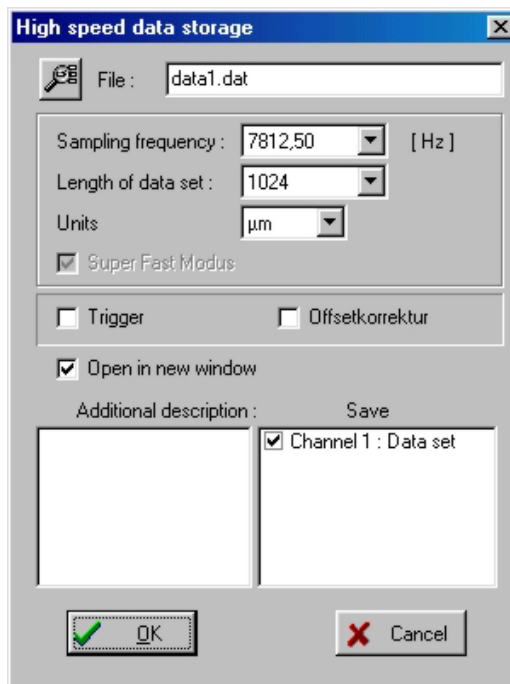


그림 27 “Fast”모드 창

데이터를 저장하는 이 모드는 측정을 정지하거나 또는 본체를 리셋하는 것으로 정지될 수 있습니다.

4.3.2. 데이터파일 인쇄

“File/Print” 또는



버튼을 클릭하면 현재 선택된 부분이 즉시 인쇄될 것입니다. (그림 32 참고) 원하는 경우 출력물에는 현재날짜 및 시간을 인쇄할 수 있습니다.

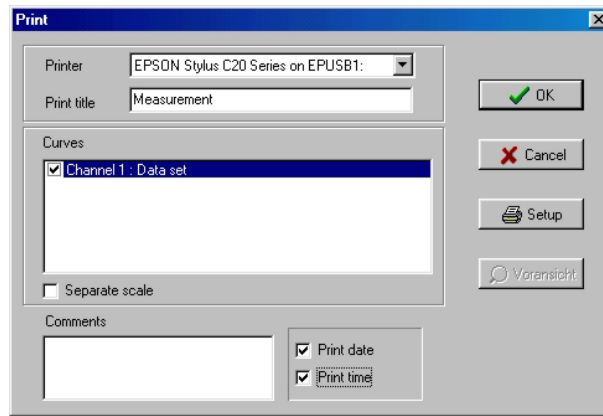


Fig. 28: Printing data files.

Printer settings should be selected in the usual way.

4.4 “Info”

Clicking on *Info* on the menu bar will call up display of information on the data channels and INFAS NTC-software currently in use.

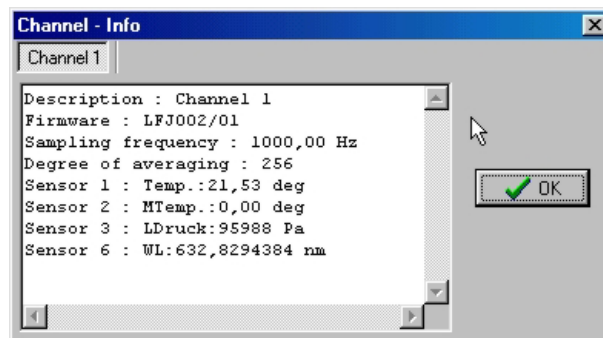


Fig. 29: Data-channel information.



Fig. 30: Information on the INFAS NTC-software currently in use.

If the software is to be updated, it will be essential that the version of the software currently in use be known. In Fig. 34, above, for example, the meanings of the numerals appearing in the “Version” code shown are as follows:

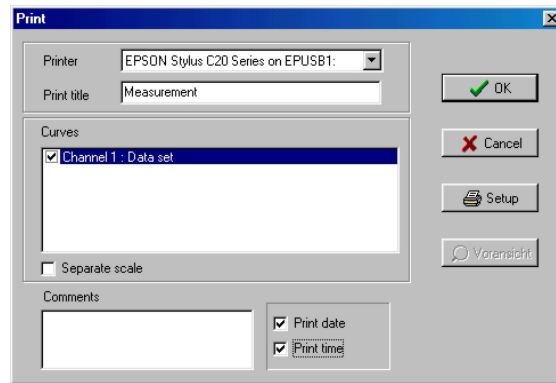


그림 28 데이터파일 인쇄

프린터 세팅은 일반적인 방법으로 설정되어 있습니다.

4.4. “정보”

메뉴바에서 *Info*를 클릭하면 현재 사용중인 데이터채널 및 INFAS NTC-소프트웨어에 대한 정보의 표시를 호출합니다.

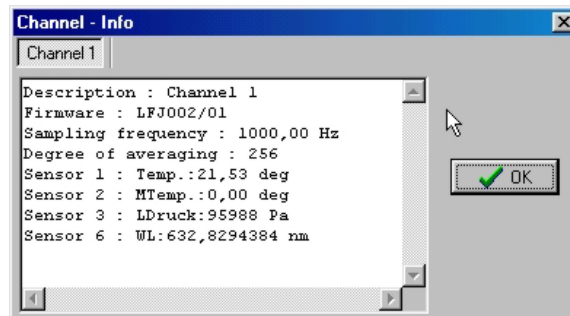


그림 29 데이터채널 정보



그림 30 현재 사용중인 INFAS NTC-소프트웨어에 대한 정보.

소프트웨어가 업데이트될 경우, 현재 사용되고 있는 소프트웨어의 버전이 공지된 것이 필수적인 것입니다. 그림 34에서 예를 들면 “버전”코드에서 나타내는 숫자의 의미는 아래와 같습니다.

Version 2.6/0.1/06112002

2.6 is the version number,
0.1 is the interferometer's length resolution [nm],
and
06112002 is the release date (6 November,
2002), expressed in the format DD.MM.YYYY.

4.5 Exiting the Software


Clicking on *File/Exit* or the  button will close all windows and effect an exit from the INFAS NTC-software. The entire working environment, complete with all window settings, may be saved on exiting the software, if desired. Click on No if you would live to retain the last working environment to be saved.



Fig. 31: Exiting the INFAS NTC-software.

Version 2.6/0.1/06112002

2.6 : 버전 번호

0.1 : 간섭계의 길이 분해능 [nm],

06112002 : 출시일 2002년 11월 6일(DD.MM.YYYY.형식)

4.5. 소프트웨어 종료



“File/Exit” 또는  버튼을 클릭하면 모든 창을 닫고 INFAS NTC-소프트웨어에서 종료할 것입니다. 원하는 경우 모든 윈도우세팅을 포함한 전체 작업환경은 종료하면서 저장될 수 있습니다. “No”를 클릭하면 당신이 저장하는 마지막 작업 환경을 유지하기 위해 프로그램 종료를 취소하는 것입니다.



그림 31 INFAS NTC-소프트웨어 종료


5 Troubleshooting

The table below summarizes several frequently occurring problems and their remedies. If this fails to help, give us a call or drop us an e-mail message or FAX.

No reception of input data.	Is the power-supply/signal-processing unit switched on? Check the interconnecting cable, interface settings, and USB-address that has been set. If the PC's USB-port is in use, has the USB-driver been installed?
Plotted curves have a sinusoidal shape.	Check the settings of the interferometer's modulator. Switch the modulator off if it was switched on.
Plotted curves monotonically rise or fall steeply.	Sensor-head and moving mirror misaligned. Check the signal/noise ratio using the signal-monitoring window or Lissajous figures displayed on an oscilloscope.
Temperature display remains stuck at 20°C.	Check whether the temperature sensor has been properly plugged into its connector.
No plotted curves visible in the "Y/t"-window.	Activate automatic scaling of the window by clicking on the  button.
No saving of measurement data occurs following triggering of a save.	Check the connection to the triggering source and settings of the triggering source.
Intermittent display of data points in the "Y/t"-window.	Check the input frequency, which should be 100 Hz or less (cf. Section 4.2.6, above).
Maximum attainable signal/noise ratio is less than 50 % (cf. Section 4.2.5, above)	Laser output power could be low. Contact SIOS for assistance.

5. 문제해결

아래의 표는 몇 가지 자주 발생하는 문제와 그 해결방법을 요약한 것입니다. 문제가 해결되지 않으면 SIOS 또는 대리점으로 연락바랍니다.

입력 데이터가 수신되지 않습니다.	기기의 전원이 켜져 있습니까? 연결케이블, 인터페이스 설정, 설정한 USB주소를 확인하십시오. PC의 USB포트가 사용중인 경우, USB 드라이버가 설치되어 있습니까?
그려진 곡선이 사인파 형태입니다.	간접계의 모듈레이터의 설정을 확인합니다. 켜져있는 경우 모듈레이터를 끄십시오.
그려진 곡선이 일정하게 상승 또는 가파르게 하강합니다.	센서 헤드와 반사경이 잘못 정렬되었습니다. 신호모니터링창이나 오실로스코프의 리사쥬 (Lissajous) 커브를 이용하여 신호대 노이즈 비율을 점검하십시오.
온도 표시 20°C로 남아있는 문제	온도 센서가 제대로 커넥터에 연결되어 있는지 확인합니다.
“Y/t”-창에서 볼 수없는 플롯 곡선	 버튼을 클릭하여 윈도우의 자동크기조정을 활성화합니다.
측정 데이터가 저장되지 않음.	트리거 소스와 트리거 소스 설정의 연결을 확인합니다.
“Y/t”-창에서 데이터포인트의 간헐적인 표시	입력 주파수가 100Hz 이하인지 확인합니다. (4.2.6 참고)
최대 가능한 신호대 노이즈비율이 50% 미만입니다. (4.2.5 참고)	레이저출력이 낮을 수 있습니다. SIOS 또는 대리점에 문의하십시오.

6 Appendices

4.6 Functions of the “Hot-Keys”

“Hot-Key”	Function
<Alt> - <F4>	Closes all windows and effects an exit from the software.
<Control> - <K>	Calls up display of the “Configuration” dialog box.
<F2>	Starts a measurement run.
<F3>	Halts the measurement run currently in progress.
<F6>	Saves the current data set and parameter set to a file.
<Control> - <F6>	Aborts the save currently in progress.
<Control> - <E>	Calls up the dialog box for specifying input values.
<Control> - <F>	Calls up the dialog box for specifying a filter type.
<Control> - <D>	Calls up the dialog box for specifying the number of base values to be employed in signal averaging.
<Control> - <U>	Calls up the dialog box for specifying the physical units to be employed.
<F5>	Resets all of the power-supply/signal-processing unit’s fringe counters to zero.
<F7>	Clears the “COM” buffer.
<Control> - <R>	Initiates a software reset of the power-supply/signal-processing unit.
<Control> - <C>	Calls up the dialog box for configuring display/graphics windows.
<Shift> - <F5>	Redisplays all currently open windows in tiled form.
<Shift> - F4>	Redisplays all currently open windows in cascaded form.
<F4>	Calls up the dialog box for resizing currently open windows.
<Control> - <L>	Calls up the dialog box for specifying the color schemes to be employed on currently open windows.
<Control> - <I>	Calls up information on the plots currently displayed onscreen.
<Alt> - <Backspace>	Jogs the display through the set of loaded plots.
<Shift> - 	Deletes the contents of the currently open window.

6. 부록

4.6. “핫-키”의 기능

“핫-키”	기능
<Alt> - <F4>	모든 창을 닫고 소프트웨어를 종료합니다.
<Ctrl> - <K>	“구성” 대화상자를 호출합니다.
<F2>	측정 실행을 시작합니다.
<F3>	현재 진행중인 측정을 중단합니다 .
<F6>	파일에 현재의 데이터세트와 파라미터 설정을 저장합니다.
<Ctrl> - <F6>	현재 진행중인 저장을 중단합니다 .
<Ctrl> - <E>	입력값을 지정하기 위한 대화상자를 호출합니다.
<Ctrl> - <F>	필터 유형을 지정하기 위한 대화상자를 호출합니다.
<Ctrl> - <D>	신호의 평균화에 사용되는 기본값의 개수를 지정하기 위한 대화상자를 호출합니다.
<Ctrl> - <U>	물리적인 단위를 지정하기 위한 대화상자를 호출합니다.
<F5>	본체의 프린지카운터를 모두 초기화합니다.
<F7>	“COM” 버퍼를 지웁니다.
<Ctrl> - <R>	본체의 소프트웨어 리셋을 시작합니다.
<Ctrl> - <C>	화면/그래픽 창을 구성하기 위한 대화상자를 호출합니다.
<Shift> - <F5>	현재 열려있는 모든 창을 타일 형태로 다시 표시합니다.
<Shift> - F4>	현재 열려있는 모든 창을 폭포 형태로 다시 표시합니다.
<F4>	현재 열려있는 창의 크기를 조정하기 위한 대화상자를 호출합니다 .
<Ctrl> - <L>	현재 열려있는 창에 사용되는 색 구성표를 지정하기 위한 대화상자를 호출합니다.
<Ctrl> - <I>	현재 화면에 표시플롯에 대한 정보를 호출합니다 .
<Alt> - <Backspace>	로딩된 플롯의 집합을 통해 디스플레이를 조정
<Shift> - 	현재 열려있는 창의 내용을 삭제합니다.

4.7 Thermal-Expansion Coefficients of Selected Materials

The following list of thermal-expansion coefficients has been excerpted from various handbooks. The values listed exhibit considerable scatter, even for pure elements, since thermal expansion also depends on whether the material involved is in crystalline or amorphous form.

Pure Elements	Thermal Expansion [$\mu\text{m/m-K}$]
Aluminum	23.6 – 25.0
Bismuth	12.4 – 13.5
Chromium	6.2 – 8
Iron	11.5 – 12
Germanium	5.2
Gold	14.2
Cadmium	29.4 – 30.8
Cobalt	12 – 13.8
Copper	16.2 – 16.9
Lead	28.3 – 29.4
Magnesium	24.5 – 26
Manganese	22 – 23
Molybdenum	5.1 – 5.2
Nickel	13 – 13.3
Platinum	8.9 – 9.09
Silicon	2.53 – 7
Silver	19.3 – 19.7
Tantalum	6.5 – 6.6
Tin	20 – 27
Titanium	8.35 – 10.8
Tungsten	4.5 – 4.6
Uranium	15.3
Vanadium	8 – 8.5
Zinc	26.5 – 39.7

Alloys	
Alnico	11 – 13
Aluminum	19 – 25
Brass	18 – 19
Bronze	17.3 – 19.1
Cast Iron	9 – 12
Constantan	14 – 14.6
Copper	16.2 – 21.6
Invar	0.9 – 2
Steel	9.9 – 17.3

Dielectrics	
Glass	3 – 13
Plexiglas	115
Porcelain	3 – 4
Quartz Glass	0.5 – 0.6

4.7. 선택된 재료의 열팽창계수

열팽창계수의 다음 목록은 여러 핸드북에서 발췌했습니다. 열팽창계수는 결정질에서 또는 비정질 형태의 여부에 의존하기 때문에 순수한 재료에서조차도 상당한 분산을 나타냅니다.

Pure Elements	열팽창계수 [$\mu\text{m/m-K}$]
Aluminum	23.6–25.0
Bismuth	12.4–13.5
Chromium	6.2–8
Iron	11.5–12
Germanium	5.2
Gold	14.2
Cadmium	29.4–30.8
Cobalt	12–13.8
Copper	16.2–16.9
Lead	28.3–29.4
Magnesium	24.5–26
Manganese	22–23
Molybdenum	5.1–5.2
Nickel	13–13.3
Platinum	8.9–9.09
Silicon	2.53–7
Silver	19.3–19.7
Tantalum	6.5–6.6
Tin	20–27
Titanium	8.35–10.8
Tungsten	4.5–4.6
Uranium	15.3
Vanadium	8–8.5
Zinc	26.5–39.7

Alloys	열팽창계수 [$\mu\text{m/m-K}$]
Alnico	11–13
Aluminum	19–25
Brass	18–19
Bronze	17.3–19.1
Cast Iron	9–12
Constantan	14–14.6
Copper	16.2–21.6
Invar	0.9–2
Steel	9.9–17.3

Dielectrics	열팽창계수 [$\mu\text{m/m-K}$]
Glass	3–13
Plexiglas	115
Porcelain	3–4
Quartz Glass	0.5–0.6