

용량식나노변위측정기의 출력값교정체계에 대한 연구

권철호, 리영수

정애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보기술, 나노기술, 생물공학을 비롯한 핵심기초기술과 새 재료기술, 새 에너지기기술, 우주기술, 핵기술과 같은 중심적이고 견인력이 강한 과학기술분야를 주타격방향으로 정하고 힘을 집중하여야 합니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 39페이지)

나노기술분야에서 나노척도의 조종과 측정 및 가공수단들의 나노급변위량이나 위치를 정확히 측정하는 문제가 중요하다. 나노급변위량이나 위치를 측정하는 방법에는 여러 가지가 있는데 전기용량식방법은 미소변위량을 비접촉식으로 측정하는 방법으로서 감도가 높고 동적응답이 빠르며 구조가 간단하고 전력소비가 작은것과 같은 우점으로 하여 그것에 대한 연구가 널리 진행되고있다.[2, 3]

본문에서는 나노변위측정기의 출력값의 정밀도와 정확도를 개선하는데서 나서는 문제들을 논의하였다.

1. PC를 통한 나노변위측정장치의 출력값교정방법

전기용량수감부는 일반적으로 2개의 평행평판전극판을 리용하는데 콘덴샤용량은 다음과 같다.

$$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{s}{h}$$

여기서 ϵ 은 매질의 유전률, ϵ_0 은 진공유전률, h 는 두 극판사이거리, s 는 극판면적이다.

식에서 보는바와 같이 두 극판사이거리 h 가 변하는데 따라 콘덴샤의 용량이 변화되므로 용량변화값을 측정하여 미소변위량을 알아낼수 있다. 이 식은 무한평판에 대한 이상적인 식이지만 실지 수감부전극의 면적은 유한하므로 수감부변두리에서의 전기마당은 불균일하게 된다. 전기용량수감부변두리에서의 전기마당변화를 제거하기 위한 방도로서 등전위고리를 설치하고 그것에 해당하는 측정회로를 제시하였다.[1]

출구회로는 A/D변환기와 한소편컴퓨터, 7조각표시소자로 구성되어있어 측정극판의 변위값은 용량값이 아니라 전압값으로 출력되어 직접 수자자료로 현시할수 있게 되었다.

우리는 현시판에 표시되는 출력값을 측정대상과 수감부전극사이의 실지변위량으로 읽을수 있게 관측자가 직접 교정할수 있는 회로와 프로그램을 설치하였다.

출력값교정을 위한 조종 및 통신체계는 RS-232(콤포구)와 USBto232변환선을 리용하여 나노변위측정장치와 휴대용컴퓨터(PC)를 결합할수 있게 구성하였다. 측정조종체계는 보통 아래준위, 웃준위컴퓨터로 구성되는데 아래준위컴퓨터로는 한소편컴퓨터를 리용하고 웃준위컴퓨터는 휴대용컴퓨터로서 측정장치의 조종기능을 가지도록 구성하였다.

장치에 내장된 Rom쓰기장치와의 통신은 PC의 USB포구와 USBto232변환모선을 리용

하여 실행하였다. Rom쓰기장치로서 MAX232신호변환소자를 리용하여 RS-232용신호변환을 실행하였다.

Rom쓰기장치결합회로도 는 그림 1과 같다.

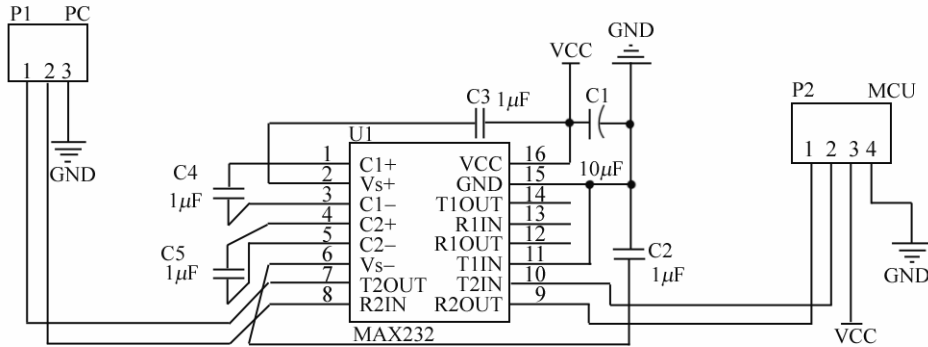


그림 1. Rom쓰기장치결합회로도

나노변위측정기의 현시판에 표시되는 출력값의 변화폭이 넓으면서도 정확한 변위량을 표시하도록 하기 위하여 Keil응용프로그램을 리용하여 장치에 내장된 PIC조종프로그램을 작성하였다.

프로그램흐름도는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 측정이 진행되는 전기간 n 을 증가시키다가 20이 되면 그 다음명령을 수행한다. 현시값은 20개의 distn변수 즉 장치가 받아들인 20개의 측정값중에서 최소값과 최대값들을 각각 7개씩 찾아 제거한 후 나머지값인 8~13까지의 6개 변수를 선택하여 평균한 값을 disp변수에 넣는다. 이 disp변수를 display함수로 현시한다. 프로그램을 작성한 다음 2진수변환을 진행한다. 그것은 PIC는 프로그램작성언어를 직접 인식하지 못하고 오직 2진수코드(기계어)로서만 동작하기때문이다. 모든 프로그램언어는 번역프로그램을 통해서 기계어의 형태로 바꾸어 컴퓨터중앙처리장치가 직접 동작할수 있게 하였다.

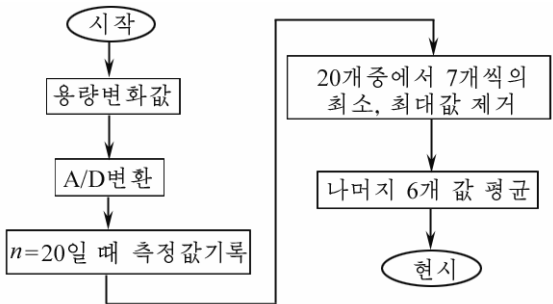


그림 2. 출력값현시프로그램흐름도

2. 나노변위측정실험

용량식나노변위측정기를 리용하여 미소변위기구들의 변위측정실험을 진행하였다.

우선 변위측정기구출력값의 눈금새김은 원자힘현미경 (AFM)의 탐침이송대에 설치된 결음전동기식나노변위기구를 리용하여 진행하였다. 이때 리용한 결음전동기(《MA335B》)는 고성능미세결음전동기로서 한 임펄스당 직선변위량은 40nm이며[4] 임펄스개수×40nm로 계산한 이송대의 변위값과 용량식나노변위측정기구의 현시판에 표시되는 값을 비교하여 변위측정기구의 출력값을 확정(눈금새김)한다.

직경이 서로 다른 세가지 수감부측정전극을 리용한 측정기구의 기술적특성은 표와 같다.

표. 측정기구의 기술적특성

직경/mm	측정구간/ μm	$S/(\text{nm} \cdot \text{mV}^{-1})$
3.8	20~250	44
6.0	80~600	59
8.4	170~1 300	160

표에서 보는바와 같이 수감부의 직경이 작을수록 측정대역은 작아지지만 반면에 분해능 S 가 높아진다는것을 알수 있다. 따라서 44nm보다 작은 분해능으로 측정하려면 측정수감부의 면적을 보다 작게 하여야 한다. 동시에 측정회로의 증폭도를 높이고 출력단의 A/D변환기비트수를 높여야 한다.

다음 유연관절식나노변위기구와 치차감속식나노변위기구들에 대한 변위측정실험을 진행하였다. 측정실험에서는 직경이 3.8mm인 수감부측정전극을 리용하였다. 실험에 앞서 표에 제시된 분해능 S 값을 기초로 하여 휴대형컴퓨터로 변위측정기현시판에 현시되는 전압값을 1mV당 44nm로 교정하여 현시되는 값을 직접 변위값으로 읽을수 있게 하였다.

실험결과 입력량(실례로 유연관절식에서는 압전체구동전압, 치차식에서는 치차각도)들의 조절에 따르는 출력값들은 매우 안정한 값으로 현시되었다.

이 변위측정기구는 변위기구의 입력량에 해당하는 출력변위량을 측정하여 변위기구의 특성들 실례로 분해능(최소변위량), 부하특성 등을 밝힐수 있다. 한편 측정과정에 현시되는 측정값의 요동상태를 관찰하여 변위기구 및 방진대의 진동특성도 고찰할수 있다.

맺 는 말

용량식나노변위측정기에서 현시되는 출력값이 측정대상의 실지변위량으로 표시되도록 하였으며 관측자가 휴대용컴퓨터를 리용하여 직접 출력값을 교정할수 있는 회로와 프로그램을 설치하였다. 여러가지 형식의 나노변위기구들의 변위량측정을 통하여 정확성과 안전성을 평가하였다.

참 고 문 헌

- [1] 신영제 등; 물리, 2, 26, 주체101(2012).
- [2] 李建文 等; 计量学报, 22, 3, 181, 2001.
- [3] 刘宇 等; 传感技术学报, 20, 7, 1504, 2007.
- [4] 徐熙平 等; 长春理工大学学报, 33, 2, 54, 2012.

주체105(2016)년 12월 5일 원고접수

On the Calibration System of Output Value of Capacitive Nano Displacement Measurement Device

Kwon Chol Ho, Ri Yong Su

We installed the circuits and programs that output value displayed in the capacitive nano displacement measurement device could be represented to the actual displacement value of the measurement object and the observer could directly calibrate the output value by using PC. Through the measurement of the displacement value of different nano displacement devices, their accuracy and reliability were evaluated.

Key words: capacitive nano displacement measurement, calibration