

CCD를 리용한 라만현미경의 약한빛수감계통연구

김철혁, 최춘식, 최경수

라만현미경의 수감부를 제작하는데 CCD가 널리 리용되고있지만 그와 관련한 기술적인 정수들과 회로구성은 거의 알려지지 않고있다.[1, 3]

우리는 수감소자로 CCD(《S10420-1004》)를 리용한 라만스펙트르측정용수감계통을 고찰하여 약한 빛을 측정할수 있는 기술적문제들을 해결하였다.

1. CCD의 동작원리

CCD는 전하결합형장치(Charge Coupled Device)의 략자로서 빛신호를 전기신호로 넘기는 반도체소자의 한 종류이다.[2] 구조적으로 CCD는 MOS콘덴샤로 이루어진 빛수감요소행렬이 일정한 규칙에 따라 배열되었다고 볼수 있다.

CCD에서는 4가지의 기본동작 즉 빛전기변환, 전하저장, 전하이동, 전하검측으로 빛검출이 진행된다.

빛전기변환은 CCD에서 빛신호가 전하들로 변하는 과정인데 내부빛전기효과와 외부빛전기효과에 의해 값전자띠의 전자가 빛량자의 에너지를 받아 전도띠에로 이동하면서 신호전하로 되는 과정이다.

전하저장은 빛전기변환후에 얻어진 신호전하를 저장하는 과정이다.

전하이동은 저장된 신호전하가 전기포텐셜우물로 이동하는 과정이다.

전하검측은 이동된 전하신호를 전기신호로 변환하는 과정이다.

신호전하량과 콘덴샤의 량단에 걸리는 전압사이에는 정비례관계가 성립하므로 신호전하량은 전압변화형식으로 나타난다.

신호전하량 Q 와 콘덴샤의 용량값 C_{F0} 의 비례값은 콘덴샤량단의 전압변화 V_{F0} 과 같다는데로부터

$$V_{F0} = \frac{Q}{C_{F0}}$$

와 같은 관계가 나온다.

이 4가지의 기본동작을 조종하는 방식은 CCD의 종류에 따라 차이나며 따라서 CCD마다 자기의 구동회로를 가지게 되며 성능이 높은 CCD일수록 구동박자와 편의전압에 대한 요구가 높다.

2. CCD를 리용한 약한빛수감계통제작

CCD를 리용한 약한빛수감계통을 CCD구동회로, 상사-수자변환회로, 전원회로, 통신회로로 구성하였다.(그림 1)

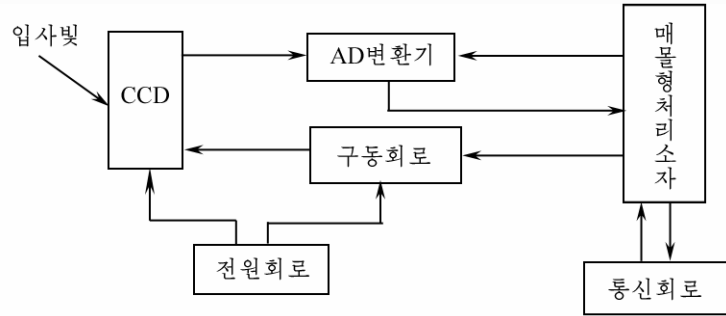


그림 1. CCD를 리용한 약한빛수감제통의 구성

우리가 리용한 CCD수감소자는 200~1 100nm대역의 빛을 수감할수 있고 빛수감요소의 개수는 $1\,044 \times 22$ 개인 고평자효율을 가진 저잡음형CCD(《S10420-1004-01》)이다.

CCD(《S10420-1004-01》)는 수직2상구조에 수평4상구조로 정상동작하므로 6개의 구동임펄스를 동시에 걸어주어야 한다. 또한 상사—수자변환을 진행하면서 변환된 자료를 립시기억구역에 보관해야 하므로 3개의 구동임펄스가 더 필요하다.

제작에 리용된 CCD(《S10420-1004-01》)의 전기적특성은 표와 같다.

표. 제작에 리용된 CCD(《S10420-1004-01》)의 전기적특성

파라미터		최소	표준	최대
출구3극소자배출극전압/V		23	24	25
재설정배출극전압(VRD)/V		11	12	13
배출극넘침전압/V		11	12	13
조종극넘침전압/V		0	12	13
출력조종극전압/V		4	5	6
기관전압/V		—	0	—
입력원천극/V		—	VRD	—
검사점	수직입력조종극/V	—9	—8	—
	수평입력조종극/V	—9	—8	—
수직밀기등록기	높은준위	4	6	8
	박자전압/V	낮은준위	—9	—8
수평밀기등록기	높은준위	4	6	8
	박자전압/V	낮은준위	—6	—5
더하기조종극전압/V	높은준위	4	6	8
	낮은준위	—6	—5	—4
재설정조종극전압/V	높은준위	4	6	8
	낮은준위	—6	—5	—4
전송조종극전압/V	높은준위	4	6	8
	낮은준위	—9	—8	—7
외부집저항/kΩ		90	100	110

CCD의 표준읽기주파수는 250kHz이다.

전원회로로는 절환형안정소자로부터 기초전압을 얻고 연산증폭기를 리용한 다극전원

회로를 구성함으로써 CCD와 수감부구동에 필요한 3, 3.3, 5, 8, 13, 14, 20, 32V의 직류전압을 얻었다.

CCD의 구동소자로는 CCD구동박자전압의 요구로부터 낮은준위 -5V, 높은준위 16.5V의 임펄스를 만들어낼수 있는 CMOS형조종기 《EL7457》을 리용하였다.

16bit AD변환기(《AD9826》)의 속도는 15MSPS에 달한다. 소편을 구동시키는데 3개의 박자가 필요하다.

고속구동임펄스를 얻을수 있고 구동임펄스와 적분시간, 상사-수자변환의 증폭도 등을 임의로 변화시킬수 있도록 매물형처리소자를 리용하여 수감부를 제작하였다.

기본처리기로 STM32F103계렬의 매물형처리소자를 리용하였는데 CCD와 AD변환기의 구동에 필요한 박자를 걸어주고 변환된 자료를 통신회로를 통해 주콤퓨터로 보내준다.

전원이 투입되면 장치는 지령접수대기상태에 있다가 주콤퓨터의 지령에 따라 동작한다. 지령에는 읽기주파수와 적분시간, 측정시작신호가 들어있는데 이 지령에 따라 장치는 CCD가 적분시간동안 빛을 수감하도록 한다. 적분시간이 끝나면 처리기는 CCD에 읽기박자를 걸어주면서 동시에 AD변환기에 박자를 걸어주어 출력되는 자료를 변환하여 처리기안의 림시기억기구역에 보관한다.

검측이 끝나면 처리기는 통신시작코드와 측정한 자료를 대기하고있는 주콤퓨터로 보낸다.

장치의 주콤퓨터와의 통신은 USB-UART통신소자 《CH340G》를 리용하여 115 200의 보드속도로 실현하였다.

수자식오셀로그래프를 리용한 CCD의 출력전압을 그림 2에 보여주었다.

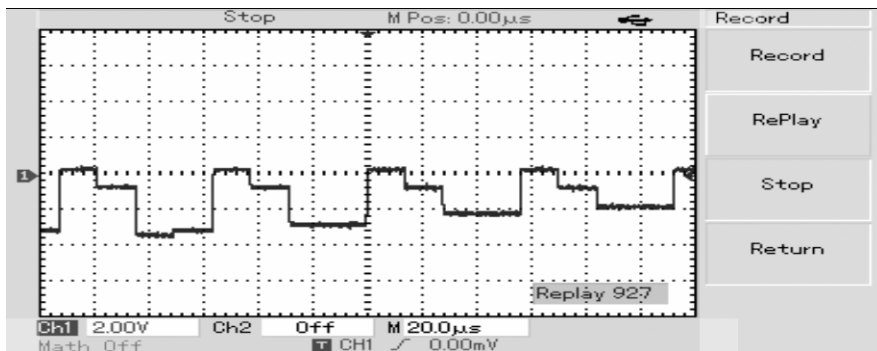


그림 2. 수자식오셀로그래프를 리용한 CCD의 출력전압

그림 2로부터 약한빛수감계통은 요구하는 특성을 충분히 만족시킨다는것을 알수 있다.

맺 는 말

고량자효률을 가진 CCD를 리용한 라만현미경의 약한빛수감계통제작방법을 제기함으로써 라만산란과 같은 약한 빛을 측정할수 있는 기술적문제들을 해결하였다.

제작한 수감계통은 200~1 100nm 파장대역의 빛을 수감할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 56, 4, 105, 주체99(2010).
- [2] S. B. Howell; Handbook of CCD Astronomy, Cambridge University Press, 8~35, 2006.
- [3] V. Píkov et al.; IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 103, 1, 63, 2010.

주체108(2019)년 3월 5일 원고접수

The Research on the Low Intensity Light Sensor System of Raman Microscopy Using CCD

Kim Chol Hyok, Choe Chun Sik and Choe Kyong Su

We solved the technical problems to measure the low intensity light such as the Raman-scattering light by proposing the method manufacturing low light sensor system of Raman microscope with the high quantum efficiency CCD.

Key words: Raman, CCD, spectrum, charge couple