

빛2극소자에 의한 용액의 투과률과 흡광도측정에 대한 연구

량용만, 정철국

분광광도계와 광전비색계는 과학교육사업과 생산현장에서 널리 쓰이고있는 측정설비의 하나이다. 지난 시기에 생산된 분광광도계와 광전비색계는 빛전지나 광전관을 빛수감부로 리용하고있는것으로 하여 측정정확도가 떨어지고있다.

현재 생산되고있는 분광광도계와 광전비색계는 빛2극소자(PD)를 빛수감부로 많이 리용하고있다.[2-5]

우리는 분광광도계와 광전비색계의 현대화에 리용할수 있는 빛2극소자에 의한 용액의 투과률과 흡광도의 측정체계를 확립하고 그것의 기술적특성을 시험하였다.

1. 용액의 투과률과 흡광도의 측정체계

용액의 투과률과 흡광도의 측정체계는 그림 1과 같다.

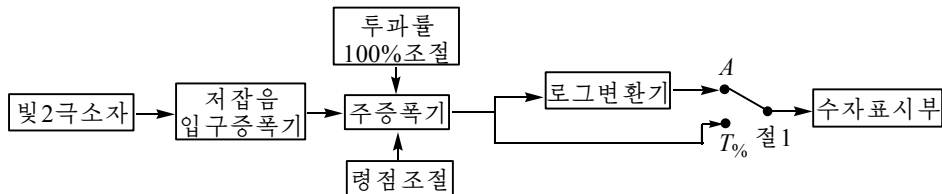


그림 1. 용액의 투과률과 흡광도의 측정체계

그림 1에서 빛2극소자는 큐베트에서 나오는 빛량(빛세기)에 비례하는 빛전류를 발생시키며 저잡음입구증폭기는 이 약한 빛전류를 전압으로 변환하는 기능을 수행한다. 주증폭기는 얻어진 전압을 상사-수자변환과 로그변환하는데 필요한 전압까지 증폭하는 기능, 령점조절기능 즉 빛을 차단한 상태(투과률 $T\%=0\%$)에서 주증폭기의 출구전압을 0으로 조절하는 기능, 빛을 통과시키면서 비교용액을 놓고 투과률을 100%로 조절하는 기능을 수행한다. 로그변환기는 주증폭기의 출구전압을 로그값으로 변환하는 기능을 수행한다.

분광광도계와 광전비색계에서 실제 측정하는것은 시료용액의 투과률과 함께 흡광도(A)이다.

빛의 세기와 투과률($T\%$)사이에는 선형관계가 성립되지만 투과률과 흡광도사이에는 로그함수관계 $A=2-\lg T\%$ 가 성립된다. 따라서 흡광도를 측정하기 위하여서는 신호값에 대한 로그변환을 하여야 한다.

절환기(절1)는 측정상태(흡광도 혹은 투과률)를 절환하는 기능을 수행한다.

수자표시부는 상사신호를 수자신호로 변환하여 흡광도와 투과률을 수값으로 표시하는 기능을 수행한다.

2. 용액의 투과율과 흡광도를 측정하는 회로구성

빛수감부 및 저잡음입구증폭기회로는 빛2극소자(PD), 고성능연산증폭기 CA3140(IC₀)과 그 주변요소로 구성되어있다.(그림 2)

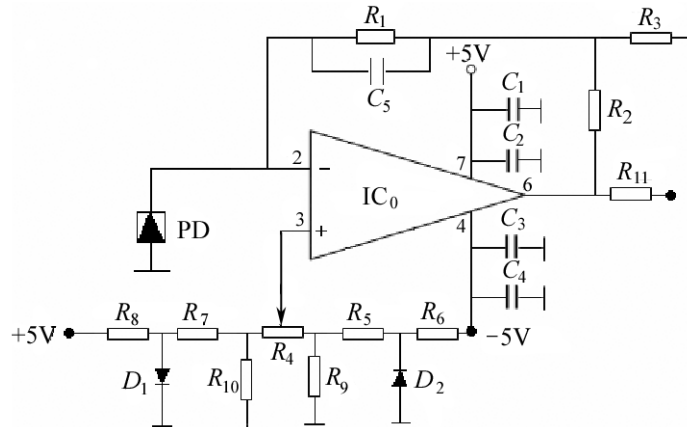


그림 2. 빛수감부 및 저잡음입구증폭기회로

그림 2에서 빛2극소자로는 FDS100(13mm², 350nm-1 100nm)을 리용하였다. R₄는 령점 조절가변저항이다. 빛2극소자는 큐베트를 통과하여 나온 빛량을 빛전류로 변화시켜준다. 연산증폭기의 출구전압은 빛전류의 세기에 비례한다.

주증폭기는 연산증폭기 TL082(IC₁과 IC₂)와 그 주변요소로 구성되어있다.(그림 3)

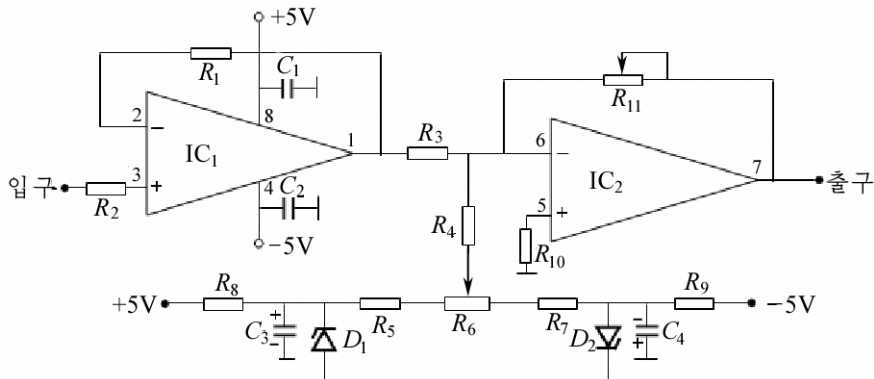


그림 3. 주증폭기회로

그림 3에서 IC₁은 전압반복기이다. 입구증폭기에서 넘어온 신호전압을 증폭 및 령점조절회로에 정합하여 넘겨주는 기능을 수행한다. IC₂는 더하기증폭기로 동작한다.

빛차단시 입구증폭기에서 얻어지는 신호전압과 R₆에 의하여 얻어지는 령점조절전압이 합쳐지면서 IC₂출구에 령전압이 나타나게 된다. 령점조절전압은 +5V와 -5V를 전압안정2극소자 D₁과 D₂로 안정시켜 얻는다.

IC₂는 령점을 조절하는 동시에 얻어진 신호를 상사-수자변환기가 요구하는 전압까지 증폭하는 기능을 수행한다. 투과율 100%조절은 장치외부에 붙어있는 조절기(R₁₁)로 증폭도를 조절하여 수행한다. 투과율이 100.0%일 때 그림 3의 출구전압은 +1 000mV이며 이때 투

과를 측정의 정확도는 $\pm 0.1\%$ 이다. 흡광도는 투과를 상사식로그변환기[1]로 로그변환하여 얻는데 흡광도가 1.000일 때 이 변환기의 출구전압은 +1 000mV이며 흡광도 측정의 정확도는 ± 0.001 , 흡광도 표시범위는 0~1.999이다.

흡광도와 투과를 수자값으로 표시하기 위하여 적분형상사—수자변환소자 MC14433P와 그 주변회로로 수자표시부를 구성하였다.

3. 특성 시험

주증폭기의 출구전압과 빛2극소자의 입사빛량사이에는 선형관계가 성립되어야 한다. 입사빛량과 출구신호사이에 정확한 선형관계가 성립되지 않으면 투과율과 흡광도를 정확히 잴 수 없다. 입사빛량과 출구전압사이 관계를 검토하자면 입사빛량을 정확히 변화시켜야 하는데 우리는 복식광전비색계(《ФЕК-56М》)를 리용하여 입사빛량을 변화시켰다.

빛량을 변화시키는 방법에는 로출면적을 조절하는 빛조이개와 빛량을 약화시키는 빛썰기가 있는데 여기서는 빛썰기를 리용하였다. 빛썰기는 빛통과면적을 변화시키는것이 아니라 빛을 적당히 통과시키는 썰기형흐린유리를 써서 빛의 통과두께를 변화시켜 빛의 세기를 약화시키는 방법으로 입사빛량을 조절한다. 이 방법은 로출밀도에 의존하지 않고 입사빛량을 정확히 변화시킬수 있다.

복식광전비색계에서 비교측에는 빛썰기를, 시료측에는 빛조이개를 리용하는데 비교측의 빛썰기를 리용하여 입사빛량을 변화시켰다. 비교측손잡이에는 투과율이 0%—100%까지 눈금이 새겨져있는데 0%일 때에는 빛이 차단되며 100%일 때에는 입사빛량이 최대이다.

각이한 빛저르개에서 입사빛량을 0~100%로 변화시킬 때 입사빛량과 주증폭기출구전압사이의 관계는 그림 4와 같다.

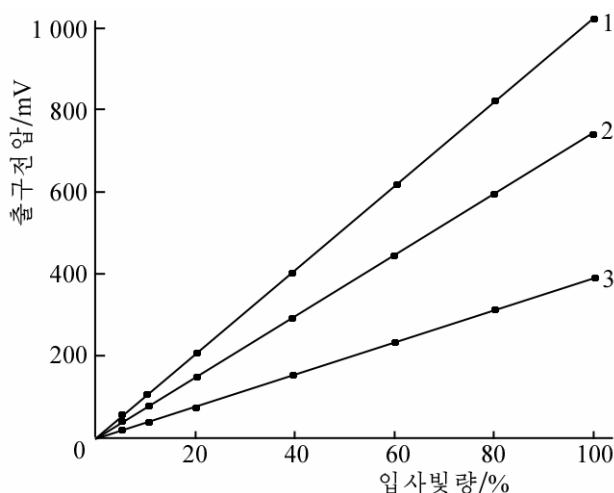


그림 4. 입사빛량과 주증폭기출구전압사이의 관계

1—누른색, 2—빨색, 3—푸른색

그림 4에서 보는바와 같이 입사빛량과 주증폭기출구전압사이에는 정확한 선형관계가 성립한다. 이로부터 빛2극소자와 입구 및 주증폭기에 의해 입사빛량이 정확히 출구전압값으로 변환되므로 투과율을 정확히 측정할수 있다는것을 알수 있다.

그리고 투과률 즉 주증폭기의 출구전압을 상사식로그변환기로 변환하면 흡광도도 정확히 측정할수 있다.

특성시험결과로부터 우리는 자체로 설계한 용액의 투과률 및 흡광도측정체계를 분광광도계나 광전비색계를 수자식으로 현대화하는데 리용할수 있다는것을 확인하였다.

맺 는 말

빛2극소자와 연산증폭기를 리용하여 용액의 투과률과 흡광도를 정확히 수자화할수 있는 측정체계를 확립하였다. 이 체계를 리용하여 용액의 투과률은 0~100%범위에서 $\pm 0.1\%$ 의 정확도로, 용액의 흡광도값은 0~1.999범위에서 ± 0.001 의 정확도로 잴수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 량용만 등; 계량 및 규격화, 2, 7, 주체107(2018).
- [2] King Tong Lau et al.; Anal. Chim. Acta, 557, 111, 2006.
- [3] Duy Anh Bui et al.; Anal. Chim. Acta, 853, 46, 2015.
- [4] Alexandre Fonseca et al.; Anal. Chim. Acta, 596, 66, 2007.
- [5] K. M. Cantrell et al.; Anal. Chem., 75, 27, 2003.

주체108(2019)년 4월 5일 원고접수

On the Measurement of the Transmissivity and Absorbance of Solution by the Photodiode

Ryang Yong Man, Jong Chol Guk

We established the measurement system that could measure the transmissivity and absorbance of solution by using the photodiode and the operational amplifier.

Using this system, We can measure the transmissivity with the accuracy of $\pm 0.1\%$ and the absorbance with one of ± 0.001 .

Key words: photodiode, transmissivity, absorbance