

스펙트르투영기와 CCD를 결합한 투과결수 측정의 수자화방법

김철순, 신만철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 우리 나라 인민경제발전에 절실히 필요한 문제를 자체로 풀기 위한 과학연구사업과 함께 발전된 나라들의 과학기술성과를 우리 나라의 구체적현실에 맞게 받아들이기 위한 과학연구사업도 잘하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제13권 417페이지)

CCD촬영기와 같은 여러가지 화상입력수단[3, 4]에 의하여 얻어진 수자화상들을 리용하면 흑백화상을 리용할 때보다[1, 2] 화상의 세기분포를 실시간적으로 신속히 측정할수 있다.

론문에서는 스펙트르투영기를 리용하면서도 광학적인 투명물체들의 투과결수와 화상의 세기분포측정을 수자화할수 있는 한가지 방법을 제기하였다.

1. 스펙트르선의 세기와 흡수

기체방전광원과 같이 수천℃의 기체상태의 원자에서 복사, 흡수되는 스펙트르신호는 다음과 같이 표시된다.[5]

$$I_{ik} = A_{ik} \frac{hc}{\lambda_{ik}} N_0 \frac{g_i}{g_0} e^{-\frac{E_i}{k_B T}} \quad (1)$$

$$I_{ki} = A_{ki} \frac{hc}{\lambda_{ki}} \rho(\lambda_{ki}) N_0 \frac{g_k}{g_0} e^{-\frac{E_k}{k_B T}} \quad (2)$$

여기서 $I_{ik}, I_{ki}, \lambda_{ik}, \lambda_{ki}$ 는 스펙트르선의 복사 및 흡수세기와 파장, N_0 은 단위체적속에 있는 총원자수, g_0, g_i, g_k 는 원자의 바닥준위와 러기준위들에 대한 통계적무게, k_B 는 볼츠만 상수, T 는 광원의 절대온도, E_i, E_k 는 원자의 러기에네르기준위로서 옷준위와 아래준위, A_{ik}, A_{ki} 는 이행확률에 대한 아인슈타인결수, $\rho(\lambda_{ki})$ 는 광원의 복사밀도이다.

흡수층을 지나온 빛의 세기 I_λ 는 다음과 같이 표시된다.[1]

고체인 경우

$$I_\lambda = I_{0\lambda} e^{-k_\lambda d}$$

여기서 d 는 흡수층의 두께, k_λ 는 흡수결수, $I_{0\lambda}$ 는 물질의 세기이다.

액체인 경우

$$I_\lambda = I_{0\lambda} e^{-\alpha_\lambda c d}$$

여기서 c 는 액체의 농도, α_λ 는 흡수결수이다.

흡광도 D 는 투과결수 $T = I_\lambda / I_{0\lambda} = e^{-k_\lambda d}$ 인 경우에 다음과 같이 표시된다.[1]

$$D = -\lg(T) = -\lg(I_\lambda / I_{0\lambda}) = k_\lambda d \quad (3)$$

2. 실험장치 및 방법

스펙트르투영기(《SP-2》)는 유리판에 사진형태로 기록된 스펙트르를 20배로 확대하여 보는 기구로서 투영면의 직경은 35mm이다. 스펙트르투영기의 광학계는 그림 1과 같다.

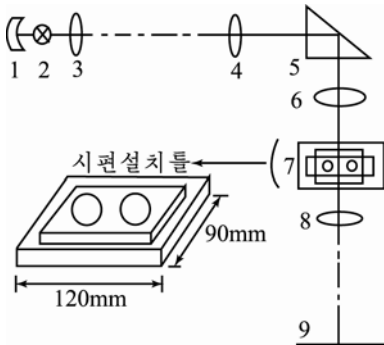


그림 1. 스펙트르투영기의 광학계

1-반사거울, 2-광원, 3, 4, 6-집광렌즈,
5-반사프리즘, 7-시편설치틀,
8-확대렌즈, 9-투영면

그림 1에서 보는바와 같이 반사거울을 통하여 나온 평행광선은 집광렌즈와 반사프리즘을 통하여 시편설치틀에 입사된 후 확대렌즈를 거쳐 20배로 확대되는데 바로 이 영상이 투영면에 현시된다. 시편설치틀은 회전장치를 리용하여 좌우상하로 이동시킬수 있다.

우리는 여러가지 투명물체들의 광학적인 화상을 수자화하기 위하여 스펙트르투영기와 CCD를 결합시켰다. 결과 스펙트르를 투영면에 투영하여 20배로 확대한 영상을 직접 관측하면서도 시편설치틀을 이동시켜 스펙트르수자화상과 세기분포(그림 2)를 컴퓨터영상표시장치로 볼수 있게 하였다. 설치한 CCD의 감도는 450~700nm 파장구간에 있으며 550nm근방에서 최대감도를 가진다.(그림 3)

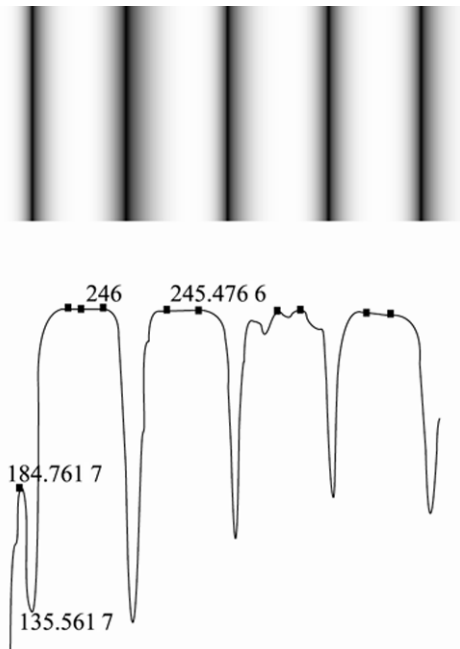


그림 2. CCD로 기록한 스펙트르(파장구간이 302~310nm인 경우)

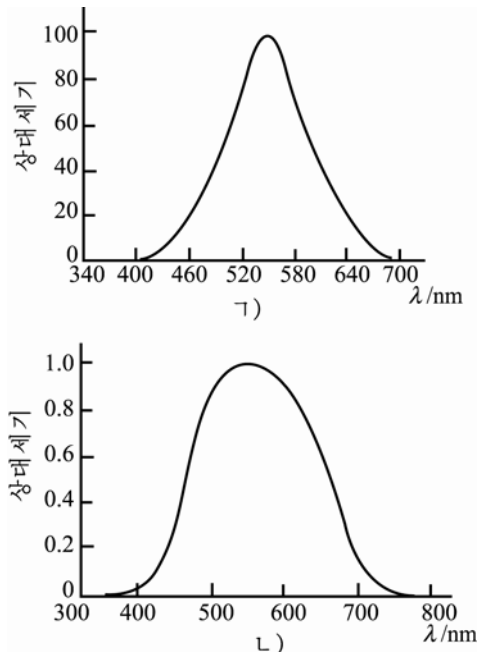


그림 3. 사람의 눈(Γ)과 CCD촬영기(Λ)의 분광감도특성

그림 2에서 보는바와 같이 CCD로는 실시간적으로 세기분포와 투과결수를 측정하면서도 현미측광기와 같이 선택된 몇개의 파장만이 아니라 많은 파장들을 전반적으로 동시에 관측할수 있으므로 직관성이 매우 높다.

이 방법으로 미지시료의 스펙트르화상을 얻고 투과결수와 세기분포를 얻는데 걸리는 시간은 60s정도이다.

스펙트르선의 세기측정을 위한 장치구성과 알고리즘은 그림 4와 같다.

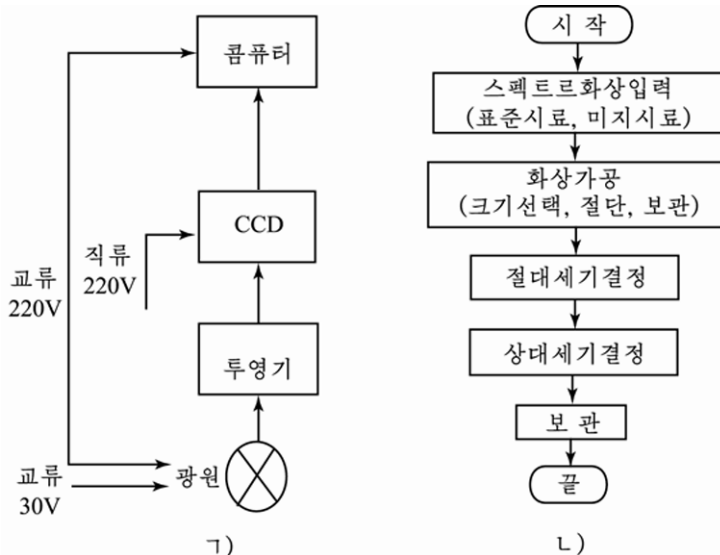


그림 4. 스펙트르선의 세기측정을 위한 장치구성(1)과 알고리즘(2)

CCD를 통하여 입력되는 스펙트르화상에서 필요한 화상은 광학계의 구성에 의하여 전체 화상구역에서 대체로 3/4을 차지하므로 자료보관용량을 줄이고 측정에서 자료처리의 신속성을 보장하려면 입력되는 화상에서 해당한 구역만을 따로 보관하여야 한다.

CCD를 통하여 얻어진 스펙트르선들은 자연너비, 도플러너비, 충돌너비, 기구너비 등 여러가지 요인으로 하여 일정한 너비를 가지므로 주어진 파장값에 해당한 스펙트르선의 세기는 스펙트르선너비안에서의 최대세기로 한다. 그러므로 우리는 스펙트르선너비를 파장에 따라 주사하면서 세기값을 자동추출하여 세기곡선을 얻고 최대인 점을 표시하게 하였다.

3. 실험결과 및 분석

실험방법의 정확성을 검증하기 위하여 투과결수가 알려진 3계단췌기(그림 5)와 파장이 알려진 수은등을 리용하였다.

수은등에서 복사하는 파장이 각각 546.073, 334.148nm(자외선)인 스펙트르선의 3계단췌기화상을 기록하고 상대세기 프로그램을 리용하여 그것의 투과결수를 결정하였다.(그림 6, 7)

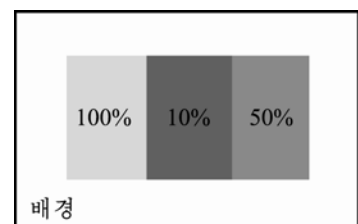


그림 5. 3계단췌기화상

그림 6, 7에서 보는바와 같이 3계단췌기의 투과결수곡선은 파장에 관계없이 선형성을 만족시킨다. 투과결수곡선의 경사각이 약간 차이나는것은 사진전판의 분광감도가 파장에 따라 달라지기때문이다.

이와 같이 스펙트르투영기와 CCD, 컴퓨터를 결합하여 여러가지 투명물체들의 투과결수, 세기분포를 측정할수 있다.

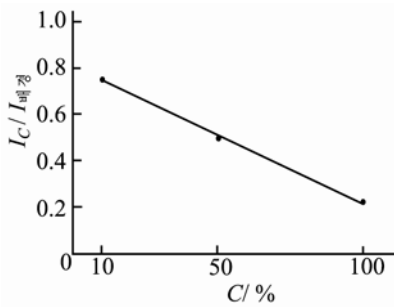


그림 6. 546.073nm선의 3계 단색기투과결수곡선

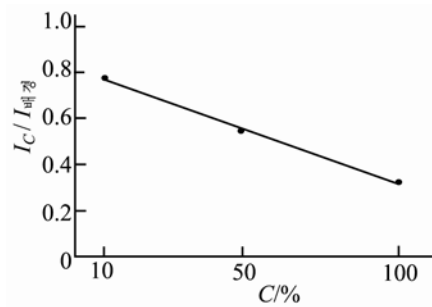


그림 7. 334.148nm선의 3계 단색기투과결수곡선

맺는 말

스펙트르투영기와 CCD, 컴퓨터를 결합시키면 스펙트르화상의 부분 혹은 전체를 선택하여 그것의 세기와 투명물체들의 투과결수를 신속히 측정할수 있다.

참고 문헌

- [1] 조천규 등; 응용광학, 김일성종합대학출판사, 205~265, 주체98(2009).
- [2] В. Н. Егоров; Эмиссионный спектральный анализ, 2, М., Мир., 320~327, 1982.
- [3] Г. К. Крючкова; Зав. Лабо., 73, 2, 11, 2007.
- [4] L. Bansi; Applied Optics, 44, 18, 3568, 2006.
- [5] D. Wolfgang; Laser Spectroscopy, 1, 510, 2014.

주체106(2017)년 12월 5일 원고접수

Digitization of the Measurement on the Transmission Coefficient by the Couple System of a Spectral Projector and CCD

Kim Chol Sun, Sin Man Chol

We established the couple system of a spectral projector, CCD and computer and proposed a method of rapidly measuring the intensity of the spectral image and the transmission coefficient of the various kinds of the transparent bodies by the selection on the partial or total spectral image.

Key words: CCD, spectral projector, transparent body, transmission coefficient