

<研究論文>

Ag-Au 合金의 光學的 特性研究

Optical Properties of Ag-Au Alloys

盧 平 植* 金 顯 男**
Pyung-syk Ro Hyun-nam Kim

ABSTRACT

To study optical properties of Ag-Au alloys as the simplest homogeneous disordered alloys, the dependence of the reflectivity of Ag-Au alloys on their composition has been measured with the wavelengths ranging from $700m\mu$ to $900m\mu$.

Measurements were made on mechanically polished bulk samples and the experimental results are discussed in terms of the Drude-Zener theory. The distributions of the reflectivity for various wavelengths are also discussed.

초 록

Homogeneous disordered 合金中 가장 간단한 組織인 Ag-Au 合金의 構成比率에 따른 光學的 特性을 규명하기 위하여 $700m\mu$ 에서 $900m\mu$ 에 걸친 波長들에 대한 反射率의 變化를 構成比率別로 測定하였다.

測定은 기계적으로 연마된 試片에 의하여 이루어졌으며 本實驗의 結果는 Drude-Zener의 理論에 근거한 構成比率別 反射率 變化와 비교 檢討 되었으며 여러가지 波長들에 대한 反射率의 分布도 또한 비교 檢討되었다.

1. 序 論

Ag-Au 合金에서 이들 構成要素들은 原子當 電子比와 原子間의 간격등이 一定하고 비슷한 Potentials와 Fermi Surfaces를 가지며 固體狀態에서 完全히 混合된 homogeneous disordered 合金이므로 이의 光學的 反射率을 實驗으로 관찰하여 電子構造에 대한 知識을 얻을 수 있다.

可視光線 領域에서의 實驗은 이미 많은 研究者들에 의하여 그 結果가 發表되어 있으나 赤外線 領域에서의 實驗結果는 아직 미흡하고 단지 理論으로 若干의 發展이 있었다. 特히 可視領域에서 赤外線으로 들어가는 그 中間 過程에 대한 合金構成비에 따른 光學的 特性의 變化에 대하여는 實驗인 結果가 과거에는 없었기 때문에 이들 領域에 대한 合金 構成비에 따른 反射

率의 變化를 測定하므로써 變化過程을 관찰하는 것에 本實驗의 目的을 두었다.

赤外線 領域에서의 光學的 特性을 규명하기 위하여 Ag-Au와 같은 disordered 合金에 대하여 Drude-Zener의 理論을 적용할수가 있다. 우선 傳導率 (conductivity) σ 는

$$\sigma = \frac{\gamma^2}{\omega^2 + \gamma^2} \sigma_0$$

$$\sigma_0 = \frac{Ne^2}{m^* \gamma}$$

그리고 誘電率 (permittivity) ϵ 는

$$\epsilon = 1 - \frac{2\sigma}{\gamma}$$

로서 주어지는데 여기서 γ 는 金屬저항에 의한 damping이며 N 는 단위 체적당 自由電子數이다.

C 를 Au의 構成率로 표시한다면 Ag-Au 合金에서 Ag의 構成率은 $(1-c)$ 가 된다. 따라서 이 合金에 대한 γ 는

*亞洲工科大学 (Ajou Institute of Technology) 教授

**亞洲工科大学 (Ajou Institute of Technology) 學長

$$\gamma = c\gamma_1 + (1-c)\gamma_2 + \gamma_{12}c(1-c)$$

로서 표현될 것이다. 위의 $\gamma_{12}c(1-c)$ 항은 Smirnov 의 이론에 Ag-Au 합금을 적용하면 얻어지는 항이다. 위의 관계식에서 결과적으로

$$\sigma = \frac{Ne^2}{m^2} \frac{[\gamma_{12}c(1-c) + c\gamma_1 + (1-c)\gamma_2]}{\omega^2 + [\gamma_{12}c(1-c) + c\gamma_1 + (1-c)\gamma_2]^2} \quad (1)$$

$$\epsilon = 1 - \frac{2\sigma}{\gamma_{12}c(1-c) + (\gamma_1 + (1-c)\gamma_2)} \quad (2)$$

인 관계를 얻게 되므로 광학의 Parameters 는 결국構成率의 함수가 됨을 알 수가 있다.

赤外線 領域에서는 實驗的인 確증은 아직 없으나 위의 관계식의 타당성이 인정되므로 Ag-Au 합금에 대한 赤外線 領域의 反射率을 構成率에 따라 계산할 수 있으며 100%의 Ag 나 100%의 Au 는 다 같이 100%의 反射率을 가지며 $C=0.5$ 일때 反射率은 最下의 값을 가질 것이다.

그리고 γ_{12} 가 γ_1 또는 γ_2 보다는 훨씬 큰 값을 가지므로 $\gamma_{12}c(1-c)$ 항이 큰 비중을 차지 한다는 것도 또한 알 수가 있다. 可視光線 領域에서는 위의 두 관계식을 적용할 수가 없으므로 赤外線쪽으로 옮겨 가면서 위의 식(1)과 (2)를 적용할 수 있는 限界를 實驗的으로 관찰할 必要가 있다고 본다. Fig. 1 은 본 實驗의 結果를 분석하기 위한 참고로서 식(1)과 (2)에 의한 이론적인 反射率 分布를 3μ 의 波長에 대하여 나타내고 있다.

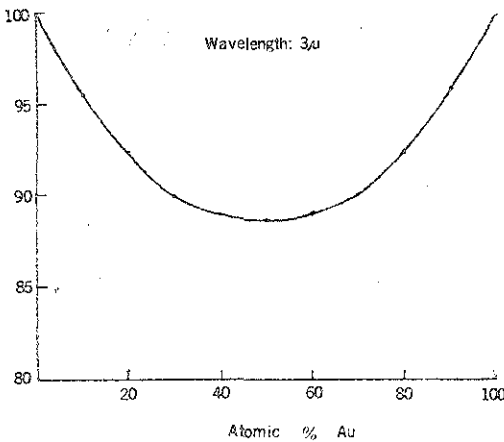


Fig. 1 Reflectivity of Ag-Au alloy as a function of composition

2. 實驗 試料의 製作

本實驗에서 가장 重要한 試料의 製作을 위하여는 가능한 한 高純度의 Au 와 Ag 를 必要로 한다. 市中에서 購入 가능한 Au 는 순도가 겨우 99%에 지나지 않으므로

로 이것을 王水에 녹여 銀을 AgCl 로 침전시켜 除去하고 Cu, Pt 등 다른 不純物을 除去하기 위하여 Ethyl Ether 로 金을 抽出한 다음 Ether 를 증발 除去하고 Ascorbic Acid 로 金을 還元시켜 精製 하였다. 이 精製된 金은 電氣爐에서 용융시켰다.

다음으로 高純度의 Ag 를 획득하기 위하여 特級 Ag NO₃ 를 물에 녹여 黃酸을 加하여 Ag₂SO₄ 로 沈澱시켜 NO₃ 를 除去한 다음 Ascorbic Acid 로 還元시켰다. 精製된 銀은 硼酸소다를 넣고 용융시켰다.

위에서 精製한 Au 와 Ag 를 Au 의 원자비를 50%와 75% 등의 比率로 取하여 電氣爐에서 용융하여 合金하였다. Ag 와 Au 는 固體狀態에서 完全히 均一하게 混合될 수 있으므로 合金 과정에서의 均一性 問題는 어려움이 없었다고 본다.

精製된 Au, Ag 및 Au-Ag 合金들을 두께 2mm 로 압연한 다음 900°C 에서 1時間동안 熱處理를 하고 表面을 연마하기 위한 연마제로서는 Al₂O₃ 와 Cr₂O₃ 를 使用하였다. 모든 試片은 反射率 測定 直前に 거울과 같이 잘 보이도록 연마 하였다. 一般的으로 Ag 가 함유된 試片에 대한 연마후 시간 경과에 따른 표면 오염 등을 우려할 수 있으나 Wessel 의 결과에 의하면 몇시간 정도의 時間경과는 큰 문제가 되지 않음을 알 수 있었다.

反射率의 測定

測定裝置로서는 Beckmann Spectrophotometer 의 Model DV 에 본실험에 타당하도록 改造된 Reflection Attachment 를 첨가하여 反射率을 測定하였다. (Fig. 2 참조).

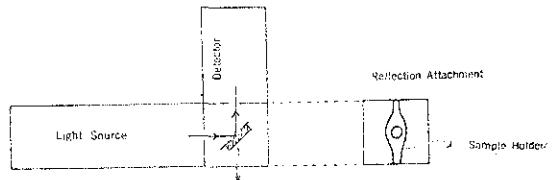


Fig. 2 Experimental Arrangement

이 改造된 Reflection Attachment 는 金屬試片의 反射面에 入射角이 45°가 되도록 조정하였다. 使用한 波長으로는 700 mμ에서 900 mμ까지 인데 1μ 이상 波長에서는 測定值의 正確度에 보장이 결여 되어 있으므로 앞으로 赤外線 領域 Spectrophotometer 에 부착될 개

조된 Reflection Attachment가 제작 가능 하여야만 될 것이다.

反射率 測定의 기준으로서는 각 波長마다 순 Ag의 反射率을 100%로 고정하여 여기에 대한 비율로서 측정하였는데 波長의 變化에 따른 反射率의 變化를 분석해 볼때 試片表面의 狀態는 항상 實驗結果에 어떤 決定的인 惡影響을 줄 程度로 오염 되지는 않았다는 것을 알 수가 있었다. 그리고 P.R. Wessel의 結果에 의하면 可視領域에서의 순 Au의 反射率은 최고 90% 程度로서 조화 되었는데 本實驗에서 사용된 試片의 可視領域에서의 최고 反射率과 비교할때 表面의 연마 狀態는 큰 오차를 줄 程度로 不良하지는 않다는 것을 믿을 수가 있었다.

3. 結果 및 討論

可視光線 領域에서는 많은 實驗結果가 發表 되었는데

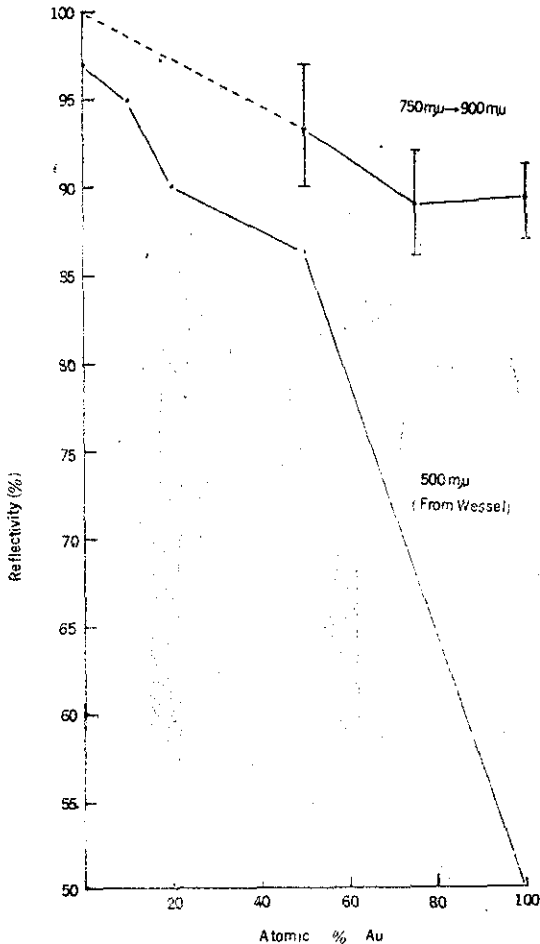


Fig. 3 Reflectivity Range versus Atomic % Au

데 그 중에서 Wessel의 實驗結果中 500 mμ에 해당하는 波長에 대한 反射率 分布를 代表的으로 보여주기 위하여 Fig. 3 속에 포함시켰다.

여기서 잘 나타내는 바와 같이 可視光線 領域에서는 대체적으로 100% Au의 反射率이 100% Ag의 反射率보다 相當히 낮은 것을 잘 나타내고 있다.

Fig. 3은 波長이 750 mμ에서 900 mμ까지의 本實驗의 각 試片에 대한 反射率의 平均値와 그 上限 및 下限을 보여주고 있다. Wessel의 Ag-Au의 構成比率에 따른 反射率의 分布를 700 mμ 가까이에서 비교하는 것이 바람직 하나 불행히도 이 근처의 波長에 대한 Data가 명확하지가 않기 때문에 500 mμ에서에 분포만 보이게 하였다.

750 mμ 이상의 波長에서는 Au의 反射率이 90% 程度로 높은 것과 各構成比率에 대한 反射率 分布가 전형적인 가시광선 領域과는 相當한 차이가 있음을 볼 수가 있다.

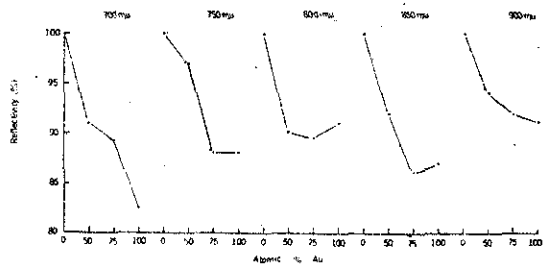


Fig. 4 Reflectivity versus Atomic % Au

Fig. 4에서는 700 mμ에서 부터 각 波長에 대하여 構成比率에 따른 反射率의 分布를 나타내고 있는데 700 mμ에서는 기대되는 바와 같이 100% Au의 反射率이 相當히 낮은데 (82.5%) 반하여 750 mμ에서는 88% 程度로 상승되었고 構成비에 따른 分布도 可視領域의 分布를 이탈하기 始作하였다. 그리고 88 mμ에서는 100% Au의 反射率이 91% 程度로 상승되었을 뿐만 아니라 構成비에 따른 分布도 Fig. 1이 보여 주는 바와 같은 反射率 分布를 向하여 변천하는 모습을 나타내고있고 可視 領域의 分布를 完全히 이탈하고 있음을 알 수가 있다.

그러나 850 mμ에서는 그림에서 보여 주는 바와 같이 기대되는 分布를 벗어나 100% Au의 反射率이 오히려 低下되었으나 이는 實驗도중 민감도 조정 및 Slit의 폭을 더욱 넓게 하는데서 오는 오차가 어느程度 포함되었다고 생각된다. 900 mμ에서 Au의 反射率은 다

저 자 소 개

시 상승 하였는데 一般的으로 $750\text{m}\mu$ 에서 부터는 식 (1)과 (2)를 근거로한 이론의인 赤外線領域의 反射率 分布와 전형적인 可視領域에서의 分布의 中間형태를 보여주고 있고 100% Au 의 反射率は 波長이 증가함에 따라 점점 증가되어가는 경향을 보이는 것을 알 수가 있다.

100% Ag 와 100% Au 가 다 같이 100%의 反射率을 가지며 構成比率에 따른 反射率의 分布가 Fig. 1과 같이 되려면 波長이 적어도 1μ 보다는 긴 領域에서 可能하다는 것을 本實驗에서 관찰 할 수가 있다.

Ag-Au 와 같은 Homogeneous disordered 合金에 대한 光學의 特性은 赤外線領域에서만 一般性을 가지는 理論이 쉽게 얻어지므로 이들 理論을 實驗적으로 뒷받침 하기 위하여는 본 실험에서 使用한 波長보다는 훨씬 긴 波長들을 使用해야 한다는 것을 알았으므로 이에 적절한 새로운 측정장치의 개발을 서둘러야 하겠다.

후 기

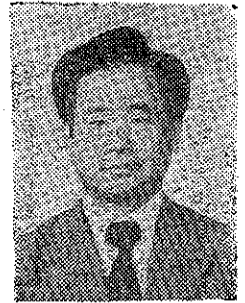
본 研究는 産學協同財團의 支援에 의한 研究이며 同 재단에 깊은 감사의 뜻을 포함합니다.

참고문헌

1. J. Rivory, OpticsCommunications, 1 (1969) 53
2. P. R. Wessel, Phys. Rev. 132 (1963) 2062
3. E. A. Stern, Phys. Rev. 144, (1966) 545
4. E. A. Taft and H. R. Philipp, Phys. Rev. 121 (1961) 1100
5. A. V. Sokolov, Optical properties of Metals, Blackie (1967)
6. E. Abélés, Optical Properties of Solids, North-Holland Publishing Co. (1972)



盧平植교수는 서울대학교 물리학과를 졸업(1958) (하고, 미국 뉴멕시코대학교에서 이학석사학위(1966), 이학박사학위(1971)를 취득했으며 한양대학교 공과대학 부교수를 거쳐 현재 아주공과대학교 교수로 재직중이다.



金顯男교수는 서울대학교 물리학과를 졸업(1954)하고, 프랑스 Nantes 대학교에서 이학박사학위(1971)를 취득했으며, 해군사관학교 교관, 동아대학교, 동국대학교, 서강대학교를 거쳐 현재 아주공과대학 학장으로 재직중이다.