

게르마늄 화합물의 원적외선 방사특성

이현경[†] · 이경미*

상명대학교 공업화학과, *상명대학교 화학과
(2006년 7월 12일 접수, 2006년 11월 20일 채택)

Far Infrared Radiation Characteristics of Germanium Compounds

Hyun-Kyung Lee[†] and Kyung-Mee Lee*

Department of Industrial Chemistry, Sang Myung University, Seoul 110-743, Korea

*Department of Chemistry, Sang Myung University, Seoul 110-743, Korea

(Received July 12, 2006; accepted November 20, 2006)

XSiO₂ · YGeO₂계 화합물과 XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂계 화합물을 제조하고 이들 화합물에서 GeO₂의 함량을 변화시켜 원적외선 방사율과 원적외선 방사에너지에 미치는 영향을 연구하였다. 제조된 시료의 특징은 TG-DTA, XRD, FT-IR spectrophotometer 그리고 FT-IR spectrometer에 의해 조사되었다. XSiO₂ · YGeO₂와 XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂계의 화합물은 GeO₂의 함량이 증가할수록 원적외선 방사율과 방사에너지가 점차적으로 증가하였다. 원적외선 방사율과 방사에너지는 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물의 경우가 XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂계 화합물보다 높게 나타났다.

In order to study the effects of GeO₂ contents in XSiO₂ · YGeO₂ and XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂ compounds on far infrared ray radiation, we investigated the sample of XSiO₂ · YGeO₂ and XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂ using TG-DTA, XRD, FT-IR spectrophotometer and FT-IR spectrometer. The far infrared ray emissivity and emission power were increased with the increase of GeO₂ contents in XSiO₂ · YGeO₂ and XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂ compounds. The far infrared ray emissivity and emission power of XSiO₂ · YGeO₂ compounds were higher than those of XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂ compounds.

Keywords: XSiO₂ · YGeO₂, XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂, far infrared ray, emission power

1. 서 론

최근 여러 분야에서 원적외선 방사재료에 대한 관심이 높아지고 있어 이에 대한 방사특성이나 방사효율에 대한 연구와 평가기술이 절실히 요구되고 있다. 특히 방사율은 피사체의 흡수특성, 방사재료의 특성, 효율을 평가하기 위해 필수불가결하며 재료혼합, 제품성형을 하는데 있어서도 아주 유용한 정보를 제공하여 주고 있다[1-6]. 원적외선은 우리의 눈에는 보이지 않으나 많은 열에너지를 갖고 있는 전자파로서 이것을 이용하여 열을 발생시키면 대류나 전도에 비해 효율이 훨씬 높고 깨끗하며 에너지를 절약 할 수 있는데, 원리는 열선으로부터 직접 물체에 전자파로서 열이 전달되기 때문에 직접적이면서 간접적이다. 따라서 원적외선은 건조, 난방, 가열가공, 식품가공[7], 동식물의 생체적 작용[8] 등 여러 분야에 이용되고 있으며, 최근에는 온열치료, 농·수산물의 저온건조 등 국민 건강과 에너지 절약분야에도 널리 활용되고 있다. 이렇게 여러 분야에 사용되고 있는 원적외선 방사재료는 그 사용하는 용도에 따라 체계적인 연구가 선행되어야 하며 방사재료의 본질적인 이해와 그에 따라 얻을 수 있는 효과에 대한 원 인규명이 요구된다. 또한 최근에 들어서는 원적외선 관련품목 대상이 산업용보다는 일상생활용품의 응용분야가 더욱 증대되고 있으며

유제품 분야의 두드러진 증가 추세를 나타내고 있다. 이러한 효과를 극대화시키기 위한 원적외선 방사 소재개발을 위한 효율이 높은 재료의 조성을 연구할 필요가 있다. 적외선 방사체들은 일반적으로 가열하여 사용하기 때문에 내열성, 열충격성, 기계적 강도, 원적외선 방사특성이 뛰어난 것 등의 조건을 만족해야만 한다. 각종 재료들의 원적외선 방사특성은 고효율 적외선 방사체, 원적외선 방사체, 저효율 적외선 방사체로 구분하고 있다. 세라믹스를 고온으로 가열하였을 때의 원적외선 방사특성에 관한 연구가 보고되고 있다[9,10]. 이들의 연구 보고들에 의하면 SiO₂나 Al₂O₃를 주성분으로 하는 mullite, cordierite, zircon, aluminotitanate 및 spodumene계나 그 화학조성이 유사한 세라믹스들이며 이들은 내열성이 우수하고 저열팽창성이며 원적외선 방사체의 방사특성을 갖은 것으로 알려져 있다. 그러나 이들은 단파장 영역에서 방사율이 낮으므로 이들의 화합물에 전이원소 산화물 CuO, Fe₂O₃, MnO₂, CoO, Cr₂O₃, TiO₂ 등을 첨가함으로써 단파장영역에서 방사율을 높일 수 있어 전파장 영역에서 방사율이 높은 고효율 적외선 방사체를 얻을 수 있다고 보고 되어 있다[11,12]. 본 연구는 흑체와 산화물인 MnO₂, GeO₂, SiO₂, Na₂O의 원적외선 방사율, 방사에너지의 비교와 원적외선 영역에서 높은 방사특성을 가지는 게르마늄 화합물 Ge, GeI₄, GeO₂들의 원적외선 방사율과 방사에너지를 측정하고 그 중 특히 방사율이 높은 GeO₂와 SiO₂의 조성을 달리하여 조성하고 SiO₂

[†] 주 저자 (e-mail: hkleee@smu.ac.kr)

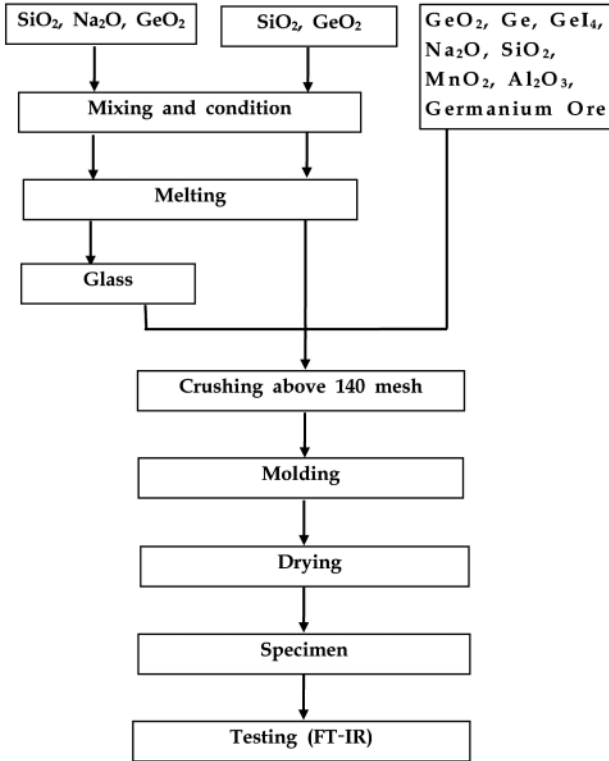


Figure 1. Flow chart for the preparation of XSiO₂ · YGeO₂ system or XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂ system.

Table 1. Chemical Composition of XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂ System

Sample No	Chemical composition (mole%)		
	SiO ₂	Na ₂ O	GeO ₂
1	30	10	60
2	30	20	50
3	30	30	40
4	30	40	30
5	30	50	20
6	30	60	10
7	30	65	5

의 함량은 일정히 유지한 채 GeO₂, Na₂O의 조성을 달리하여 분광 방사율을 얻어 파장에 따라 분석한 다음 분광 방사에너지를 분석하여 고효율의 원적외선 방사율을 갖는 화합물을 개발하는데 그 목적을 두었다.

2. 실험

2.1. 광석 및 시약

게르마늄 광석은 국내광산에서 생산되는 회색색의 저급 게르마늄 광석으로 ball mill을 사용하여 -140 mesh로 미분쇄한 후 130 °C의 건조기에서 48 h 동안 건조하여 사용하였다. 실험에 사용된 SiO₂는 일본 Junsei Chemical Co. 제 특급품을 사용하였고, Na₂CO₃는 일본 Shinyo Pure Chemical Co. 제 1급품을 사용하였으며, GeO₂, Ge, GeI₄는 미국 Aldrich Chemical Co. 제 특급품을 사용하였다. 실험에 사용된 물은

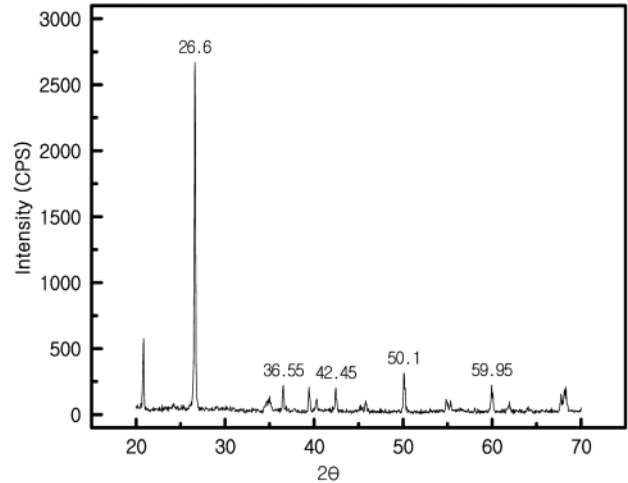


Figure 2. X-ray diffraction pattern of domestic germanium ore.

2차 증류시킨 후 초순수기 NANO pure II (미국, Barnstead)를 통과시킨 18.3 MΩcm 이상의 것이었다.

2.2. 시료의 제조

고효율의 원적외선 방사율을 갖는 XSiO₂ · YGeO₂계의 화합물을 결정하기 위하여 X의 몰%를 20, 40, 50, 60, 80으로 변화시켜 제조하였다. 그리고 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계의 경우는 Table 1과 같이 SiO₂의 함량은 일정하게 유지한 채 GeO₂, Na₂O의 조성을 달리하여 제조하였다. 제조된 혼합물을 전기로에서 녹여 만든 화합물은 -140 mesh로 미분쇄한 후에 다시 몰딩 처리한 것을 가지고 분석시료로 사용하였다. XSiO₂ · YGeO₂계와 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계의 화합물을 제조하는 절차는 Figure 1과 같다.

2.3. 분석 및 측정

제조된 시료를 소성하기 위한 전기로는 대한과학사, Siliconit Muffle Furnace (Korea)를 사용하였다. 화합물의 결정구조를 확인하기 위하여 사용된 X-선 회절분석기는 Rigaku D/max IIIA (Japan)로, 측정시 사용된 target는 CuK α, filter는 Ni이었으며, 측정각도(2θ)는 5°~90° 범위였다. 화합물의 구조적인 변화를 관찰하기 위한 적외선 분광 분석기는 BRUKER IFS-28CS (Germany)로 KBr pellet법에 의해 파수 400~4,000 cm⁻¹ 범위에서 측정하였다. 화합물의 분해온도를 알기 위한 열중량분석과 시차열분석은 Setaram TGA92 (France)를 사용하여 온도 25~1200 °C 범위에서 승온속도 10 °C/min, 압력 760 mmHg로 하여 Ar분위기 하에서 행하였다. 화합물의 원적외선 방사특성 측정을 위해 사용된 MCT 검출기를 장착한 원적외선 방사율 측정기(FT-IR Spectrometer)는 MIDAC M2400-C (USA)로, 측정시 온도는 37 °C, 분해능은 8 cm⁻¹, 파장범위는 5~20 μm이었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. X-선 회절분석

국내 광산에서 생산되는 게르마늄 광석의 X-선 회절분석 결과를 Figure 2에 나타내었다. 그리고 Figure 3은 SiO₂, GeO₂, GeI₄, Ge 그리고 Na₂O의 X-선 회절 패턴을 나타낸 것이다. Figure 2를 보면 2θ 20.85, 26.60, 35.00, 36.55, 39.45, 40.30, 50.10, 54.85, 59.95, 67.75,

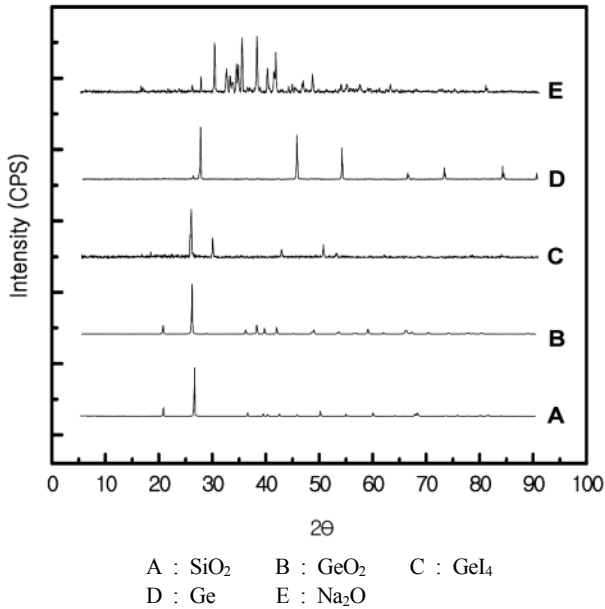


Figure 3. X-ray diffraction patterns of SiO₂, GeO₂, GeI₄, Ge and Na₂O.

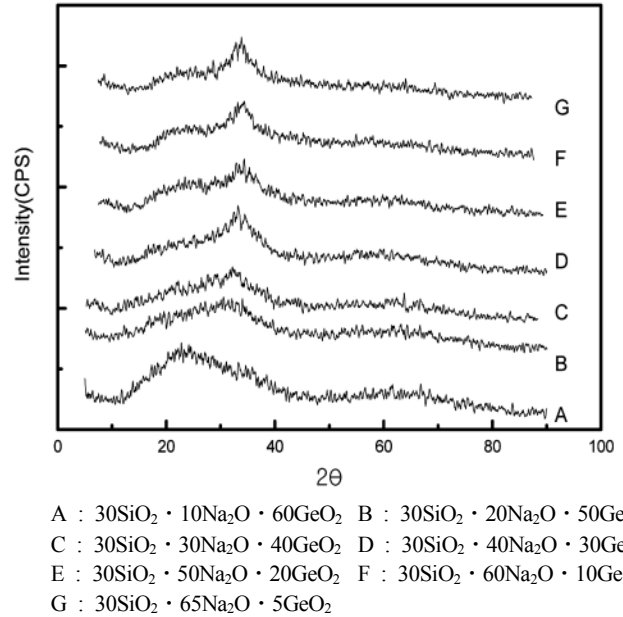


Figure 5. X-ray diffraction patterns of XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂ compounds.

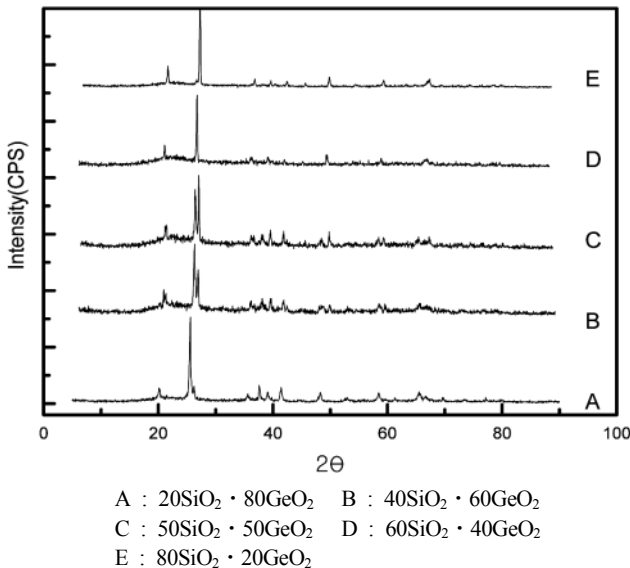


Figure 4. X-ray diffraction patterns of XSiO₂ · YGeO₂ compounds.

68.30, 45.80, 55.35, 61.95에서 X-선 회절 피크를 나타내고 있다. 이들 X-선 회절 피크들은 Figure 3의 SiO₂의 X-선 회절 피크들과 잘 일치하고 있어 국산게르마늄광석의 주성분은 SiO₂인 것으로 생각된다. 그리고 Figure 4는 XSiO₂ · YGeO₂계의 SiO₂와 GeO₂의 몰수를 변화시켰을 때 얻어지는 시료의 X-선 회절 패턴을 나타낸 것인데 전체적으로 보면 X-선 회절 피크들은 GeO₂와 SiO₂의 X-선 회절 피크들과 잘 일치하고 있다. 그리고 SiO₂ 함량이 증가하여 40SiO₂ · 60GeO₂의 X-선 회절 패턴에서는 2θ 25.976에서 SiO₂의 주피크가 나타나기 시작하여 80SiO₂ · 20GeO₂의 X-선 회절 패턴에서는 2θ 25.689의 GeO₂의 주피크는 사라지고 2θ 25.976의 SiO₂의 주피크가 강한 강도를 나타내고 있다. 이러한 것을 미루어볼 때 SiO₂와 GeO₂를 용융하였을 때 얻어지는 화합물은 결정성 물질임을 알 수 있다.

한편 Figure 5는 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물의 X-선 회절 패턴을 나타낸 것이다. Figure 5의 X-선 회절 패턴을 전체적으로 보면 2θ 20~40 사이에 넓은 X-선 회절 피크를 나타내고 있는데 이 넓은 피크는 Na₂O의 몰%가 증가함에 따라, X-선 회절 피크가 2θ 40쪽으로 이동하는 현상을 나타내고 있긴 하나 전체적으로 X-선 회절 피크가 예민하지 못하고 넓은 것으로 보아 SiO₂, Na₂O, GeO₂를 용융하였을 때 얻어지는 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물은 무정형임을 알 수 있다.

3.2. 적외선 분광분석

Figure 6과 7은 SiO₂, GeO₂, Na₂O와 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물의 적외선 분광분석 결과를 나타낸 것이다. Figure 7의 80SiO₂ · 20GeO₂ 적외선 스펙트럼을 보면 Si-O 진동에 기인한 흡수대가 파수 1082 cm⁻¹, 771 cm⁻¹, 690 cm⁻¹, 450 cm⁻¹ 부근에서 나타나고 있고, Ge-O의 진동에 기인한 흡수대는 파수 880 cm⁻¹, 460 cm⁻¹ 부근에서 나타나고 있다. Si-O 진동에 기인한 흡수대는 GeO₂의 함량이 증가함에 따라 점점 더 작아져서 Ge-O 진동에 기인한 파수 880 cm⁻¹, 460 cm⁻¹의 넓은 흡수대와 중복되어 Si-O 진동에 기인한 피크의 존재를 확인하기가 어렵다. Figure 8은 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물의 적외선 분광분석 결과를 나타낸 것이다. Figure 8을 보면 파수 1000 cm⁻¹, 500 cm⁻¹ 부근에서 Si-O, Ge-O 진동에 기인한 흡수대가 나타나고 Na-O 진동에 기인한 흡수대가 파수 1450 cm⁻¹ 부근에서 나타나고 있다. 특히 파수 1450 cm⁻¹의 흡수대는 Na₂O의 양이 증가하면 흡수대가 점차 증가하는 현상을 나타내고 있다.

3.3. 원적외선 방사율 측정

Figure 9는 Ge, GeO₂와 GeI₄의 원적외선 방사율 측정결과를 나타낸 것이고, Table 2는 Ge 화합물들과 Al₂O₃, MnO₂, SiO₂, Na₂O의 산화물들에 대한 파장 5~20 μm 범위의 원적외선 평균방사율과 평균방사에너지를 나타낸 것이다. Figure 9에서 보면 원적외선 방사율은 Ge < GeI₄ < GeO₂ 순으로 원적외선 방사율이 높게 나타나고 있으며 18 μm

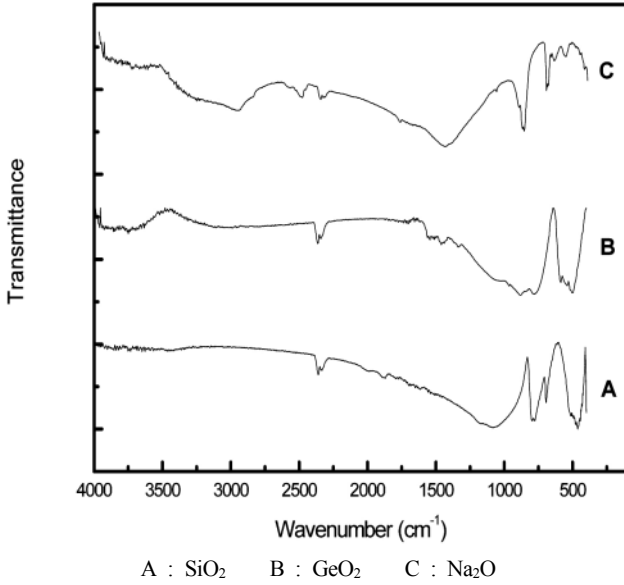


Figure 6. Infrared spectra of SiO₂, GeO₂ and Na₂O.

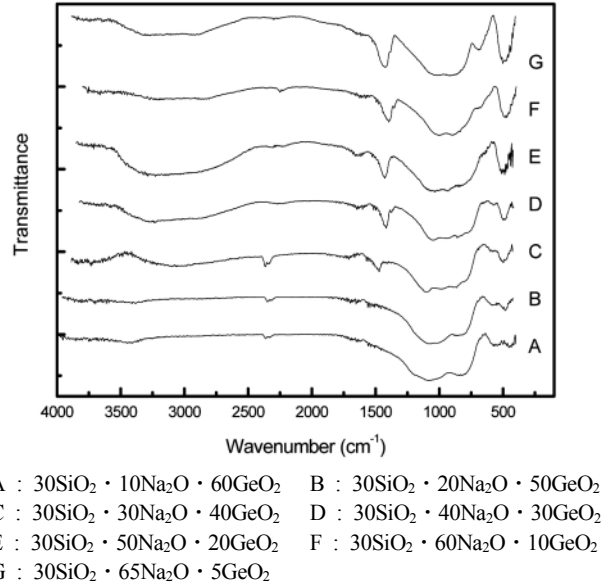


Figure 8. Infrared spectra of XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂ compounds.

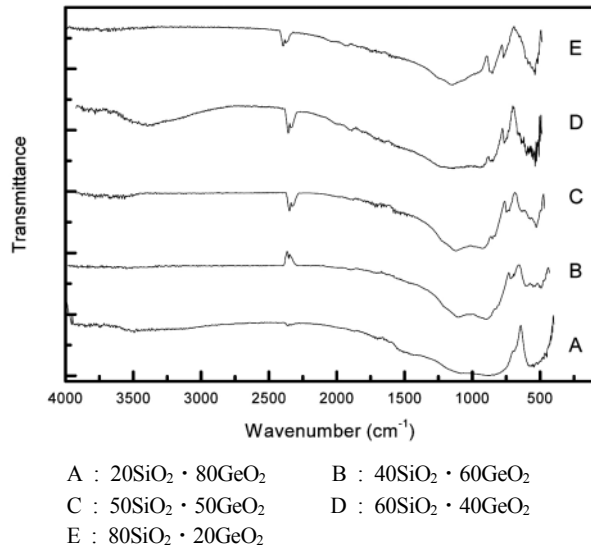


Figure 7. Infrared spectra of XSiO₂ · YGeO₂ compounds.

이상에서 거의 일정한 값을 나타내고 있다. 원적외선 방사율이 Ge < GeI₄ < GeO₂ 순으로 높게 나타나는 이유는 GeI₄와 GeO₂는 두 개원소로 이루어진 화합물이고 Ge는 단일원소의 금속이기 때문에 화합물의 구조 및 전자수의 차이로 인해 원적외선 방사율이 작은 것으로 생각된다. 그리고 GeO₂가 GeI₄보다 방사율이 큰 것은 GeO₂가 산화물이기 때문인 것으로 생각된다[2,13]. Table 2에서 Ge 화합물들의 평균방사율과 평균방사에너지를 보면 GeO₂가 가장 큰 값을 나타내고, 산화물들 중에서는 GeO₂와 Na₂O가 큰 값을 나타내고 있다. Ge, GeI₄, GeO₂ 화합물중 원적외선 방사율이 가장 높은 GeO₂를 SiO₂와 함량을 달리 하여 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물을 제조하고 이것에 대한 원적외선 방사율과 방사에너지 측정 결과를 Figure 10과 Table 3에 나타내었다. Figure 10에서 보면 GeO₂의 함량이 증가하면 원적외선 방사율은 점차 증가하여 20SiO₂ · 80GeO₂에서 최대값을 나타내고 있다. 특히 SiO₂와

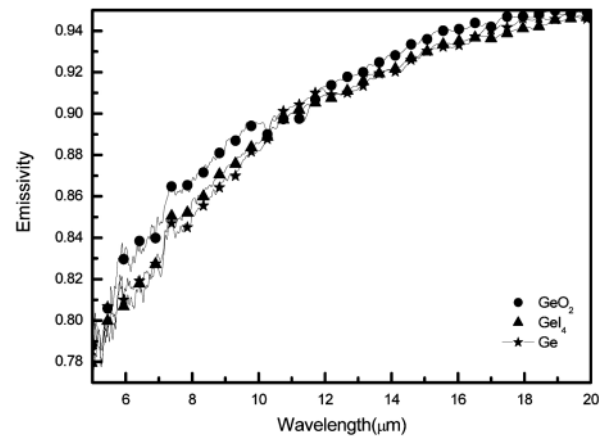


Figure 9. Emissivity of the specimen Ge, GeO₂ and GeI₄.

Table 2. Emissivity and Emission Power of Sample

Sample	Emissivity (5 ~ 20 μm)	Emission Power (W/m ² · μm, 37 °C)
Ge	0.892	3.44×10 ²
GeI ₄	0.895	3.45×10 ²
GeO ₂	0.901	3.47×10 ²
Al ₂ O ₃	0.80	3.08×10 ²
MnO ₂	0.889	3.43×10 ²
SiO ₂	0.895	3.45×10 ²
Na ₂ O	0.903	3.48×10 ²

GeO₂보다 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물 상태일 때 원적외선 방사율이 훨씬 높게 나타나고 있다. Table 3에서 보면 5~20 μm 파장범위에서 순수 SiO₂의 원적외선 평균방사율과 평균방사에너지는 각각 0.895, 3.45 × 10² W/m² · μm이고, GeO₂는 0.901, 3.47 × 10² W/m² · μm인데 비하

Table 3. Emissivity and Emission Power XSiO₂ · YGeO₂ Compounds

Sample	Emissivity (5 ~ 20 μm)	Emission Power (W/m ² · μm, 37 °C)
100 SiO ₂	0.895	3.45×10 ²
80SiO ₂ · 20GeO ₂	0.904	3.49×10 ²
60SiO ₂ · 40GeO ₂	0.908	3.50×10 ²
50SiO ₂ · 50GeO ₂	0.911	3.51×10 ²
40SiO ₂ · 60GeO ₂	0.914	3.52×10 ²
20SiO ₂ · 80GeO ₂	0.916	3.53×10 ²
100 GeO ₂	0.901	3.47×10 ²

Table 4. Emissivity and Emission Power XSiO₂ · YGeO₂ · ZNa₂O Compounds

Sample	Emissivity (5 ~ 20 μm)	Emission Power (W/m ² · μm, 37 °C)
100Na ₂ O	0.903	3.4815×10 ²
30SiO ₂ · 65Na ₂ O · 5GeO ₂	0.905	3.4892×10 ²
30SiO ₂ · 60Na ₂ O · 10GeO ₂	0.906	3.4931×10 ²
30SiO ₂ · 50Na ₂ O · 20GeO ₂	0.907	3.4969×10 ²
30SiO ₂ · 40Na ₂ O · 30GeO ₂	0.909	3.50×10 ²
30SiO ₂ · 30Na ₂ O · 40GeO ₂	0.909	3.50×10 ²
30SiO ₂ · 20Na ₂ O · 50GeO ₂	0.911	3.51×10 ²
30SiO ₂ · 10Na ₂ O · 60GeO ₂	0.912	3.52×10 ²

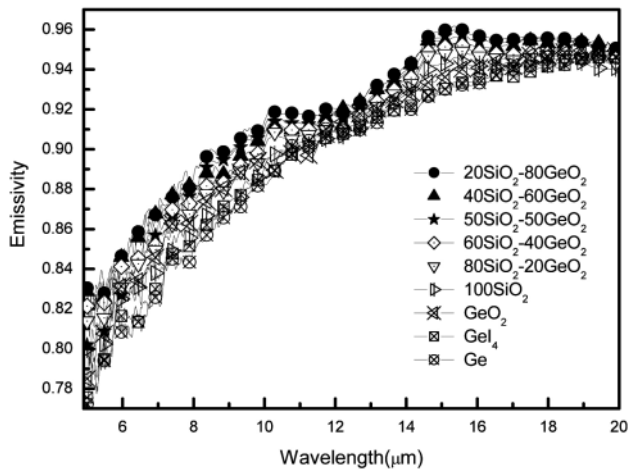


Figure 10. Emissivity of XSiO₂ · YGeO₂ compounds.

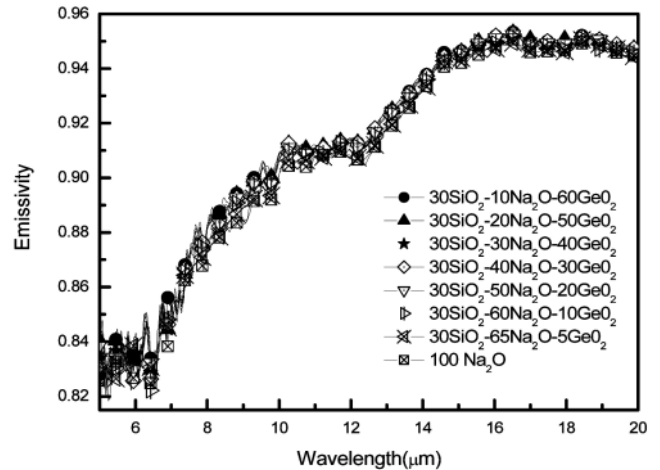


Figure 11. Emissivity for XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂ compounds.

여 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물의 원적외선 평균방사율과 평균방사에너지는 0.904~0.916, 3.49 × 10²~3.53 × 10² W/m² · μm로 훨씬 더 높은 값을 나타내고 있다. XSiO₂ · YGeO₂계 화합물의 원적외선 방사율과 방사에너지에 대한 실험결과 순수한 GeO₂, SiO₂보다 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물의 원적외선 방사율과 원적외선 방사에너지가 더 높게 나타났다. 이와같이 GeO₂ 또는 SiO₂ 보다 XSiO₂ · YGeO₂계의 원적외선 방사율과 방사에너지가 더 높게 나타나는 이유는 GeO₂와 SiO₂는 단일산화물이고 XSiO₂ · YGeO₂는 GeO₂와 SiO₂가 결합하여 형성된 결정성 복합산화물로서 GeO₂나 SiO₂보다 전자수가 많고 원적외선 발생을 위한 전자전이가 용이한 구조로 변화되었기 때문인 것으로 생각된다[2]. 그리고 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물 내에 GeO₂ 함량이 증가함에 따라 원적외선 방사율과 방사에너지가 증가하는 이유는 SiO₂보다는 GeO₂의 원적외선 방사율과 방사에너지가 더 크고 GeO₂가 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물 내에서 방사율과 방사에너지 증가에 기여하기 때문이다. 이결과를 이용해서 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물의 용융온도를 낮추고 안정된 원적외선 방사체를 얻기 위해서 XSiO₂ · YGeO₂계 화합물의 SiO₂ 함량을 일정하게 하고 Na₂O와 GeO₂의 함량을 변화시켜서 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물을 제조하고, 이들 화합물들에 대한 원적외선 방사율과 방사에너지를 측정 한 결과를 Figure 11과 Table 4에 나타내었다. Figure 11에서 보면 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물의 원적외선 방사율은 Na₂O의 함량이 증가하면 감소하고 GeO₂의 함량이 증가하면 증가하는 현상을 나타내었다. Table 4에서 보면 5~20 μm 파장범위의 원적외선 평균방사율과 평균방사에너지는 GeO₂

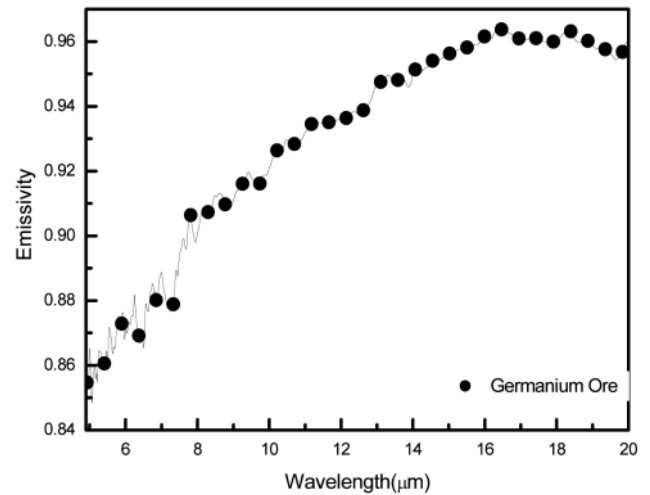


Figure 12. Emissivity of germanium ore.

의 함량이 증가하면 증가하고 있으며, 원적외선 평균방사율과 평균방사에너지의 최대값은 30SiO₂ · 10Na₂O · 60GeO₂에서 0.912와 3.52 × 10² W/m² · μm를 나타내었다. 이 값은 20SiO₂ · 80GeO₂의 0.916, 3.53 × 10² W/m² · μm 보다 작지만 거의 비슷한 값을 나타내고 있다. 이와 같이 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물에서 Na₂O 함량이 감소하고 GeO₂ 함량이 증가할 때 원적외선 방사율과 방사에너지가 증가하는

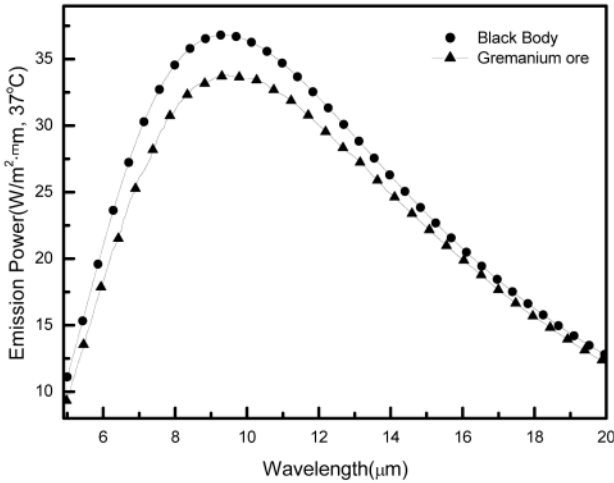
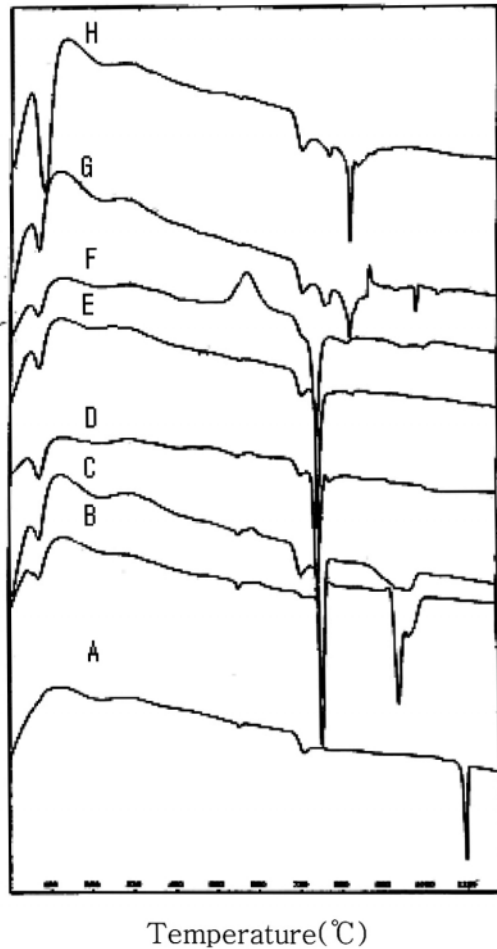
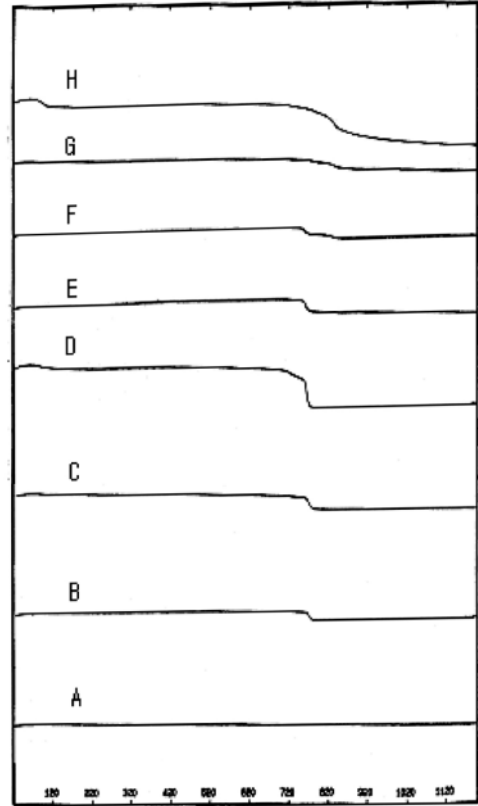


Figure 13. Emission power with wavelength for black body and germanium ore.



- A: 30SiO₂ · 70GeO₂
- B: 30SiO₂ · 10Na₂O · 60GeO₂
- C: 30SiO₂ · 20Na₂O · 50GeO₂
- D: 30SiO₂ · 30Na₂O · 40GeO₂
- E: 30SiO₂ · 40Na₂O · 30GeO₂
- F: 30SiO₂ · 50Na₂O · 20GeO₂
- G: 30SiO₂ · 60Na₂O · 10GeO₂
- H: 30SiO₂ · 65Na₂O · 5GeO₂

Figure 14. DTA curves of germanium compounds.



Temperature(°C)

- A: 30SiO₂ · 70GeO₂
- B: 30SiO₂ · 10Na₂O · 60GeO₂
- C: 30SiO₂ · 20Na₂O · 50GeO₂
- D: 30SiO₂ · 30Na₂O · 40GeO₂
- E: 30SiO₂ · 40Na₂O · 30GeO₂
- F: 30SiO₂ · 50Na₂O · 20GeO₂
- G: 30SiO₂ · 60Na₂O · 10GeO₂
- H: 30SiO₂ · 65Na₂O · 5GeO₂

Figure 15. TG curves of germanium compounds.

이유는 GeO₂는 SiO₂보다 원적외선 방사율과 방사에너지 값이 커서 GeO₂ 함량의 증가는 원적외선 방사율과 방사에너지 증가에 기인한 것으로 생각된다. 그리고 Na₂O 함량이 감소하여도 원적외선 방사율과 방사에너지가 증가하는 것은 Na₂O는 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물을 유리화시키는 용융제로서 작용하였기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 XSiO₂ · YGeO₂계 보다 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물의 원적외선 방사율과 방사에너지가 작은 것은 3.1의 X-선 회절분석 결과에 의하면 XSiO₂ · YGeO₂는 결정성 물질이고 XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂는 용융제로 사용된 Na₂O로 인하여 유리화되어 무정형 물질이기 때문인 것으로 생각된다[14]. Figure 12와 Figure 13은 국산 게르마늄 광석의 원적외선 방사율과 방사에너지 측정결과를 나타낸 것이다. 전체적으로 보면 국산 게르마늄 광석은 GeO₂, SiO₂, Na₂O, XSiO₂ · YGeO₂, XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물보다 원적외선 방사율과 방사에너지가 훨씬 크게 나타나고 있다. 5~20 μm 파장범위의 평균원적외선 방사율과 원적외선 방사에너지는 각각 0.927, 3.57 × 10² W/m² · μm로 큰 값을 나타내었다.

3.4. 시차열분석

Figure 14와 15는 SiO₂에 GeO₂와 Na₂CO₃의 양을 달리하여 혼합하고 이 혼합시료에 대하여 시차열분석과 중량열분석 결과를 나타내었

다. Figure 14에서 보면 120 °C 부근에서 흡열피크를 나타내고, Figure 15에서는 감량곡선을 나타내고 있는데 이는 시료중의 수분의 증발에 기인하는 것으로 생각된다. 그리고 620~920 °C 온도 범위에서 흡열 피크와 감량곡선을 나타내고 있는데 이는 Na₂CO₃가 Na₂O와 CO₂로 분해하는 것에 기인하는 것으로 생각된다. 그리고 940~1020 °C 온도 범위에서의 흡열 피크는 무정형의 유리생성에 기인한 것으로 생각되며 30SiO₂ · 70GeO₂ 의 DTA곡선에서 1120 °C 부근의 흡열 피크는 결정형 변화에 기인한 것으로 생각된다.

4. 결 론

Germanium 화합물의 원적외선 방사 특성을 알아보기 위하여 XSiO₂ · YGeO₂와 XSiO₂ · YNaO₂ · ZGeO₂계 화합물을 제조하고 이들 화합물에서 GeO₂가 원적외선 방사율과 원적외선 방사에너지에 미치는 영향을 연구하였는데 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 산화물들의 원적외선 방사율과 방사에너지의 크기는 Al₂O₃ < MnO₂ < SiO₂ < GeO₂ < Na₂O 순이고, 게르마늄 화합물의 원적외선 방사율과 방사에너지는 Ge < Ge₄ < GeO₂ < XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂ < XSiO₂ · YGeO₂ 순으로 나타났다.
- 2) XSiO₂ · YGeO₂계 화합물은 GeO₂의 함량이 증가할수록 원적외선 방사율이 점차적으로 증가하였는데, 파장 5~20 μm 범위의 원적외선 평균방사율과 평균방사 에너지의 최대값은 20SiO₂ · 80GeO₂에서 얻어졌고 그 값은 각각 0.916, 3.53 × 10² W/m² · μm, 37 °C이었다.
- 3) XSiO₂ · YNa₂O · ZGeO₂계 화합물인 경우 Na₂O의 함량이 감소하면서 원적외선 방사율은 증가하였고 화합물의 용융점은 감소하였는데, 파장 5~20 μm 범위의 원적외선 평균방사율과 평균방사에너지

의 최대값은 30SiO₂ · 10Na₂O · 60GeO₂에서 얻어졌고 그 값은 각각 0.912, 3.52 × 10² W/m² · μm, 37 °C이었다.

감 사

본 연구는 2005년도 상명대학교 자연과학 연구소의 연구비 지원에 의하여 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. C. K. Chee, T. S. Choi, and S. I. Jang, *J. KIIEE*, **16**, 7 (2002).
2. D. K. Lee, *Proc. KIIEE*, **15**, 14 (2001).
3. J. M. Lee, J. O. Park, and J. S. Choi, *J. KIIEE*, 18 (1991).
4. Y. S. Jin, H. Y. Lee, Y. K. Kim, K. R. Kim, and H. J. Lee, *J. Korean Soc. Jungshin Sci.*, **7**, 19 (2003).
5. Y. H. Kim, T. H. Ji, S. Y. Kim, and G. H. Rhee, *Korean J. Air-Condition and Refrigeration Eng.*, **18**, 526 (2006).
6. 高島廣夫, 杉山豊彦, *セラミックス*, **23**, 263 (1988).
7. J. H. Choi, J. S. Im, and D. H. Oh, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **35**, 635 (2006).
8. 根岸直樹, 菊地眞, *セラミックス*, **23**, 325 (1988).
9. 高島廣夫, *濟業 協會誌*, **10**, 373 (1982).
10. 高島廣夫, *工業 奇術*, **20**, 66 (1972).
11. 高島廣夫, *濟業 協會誌*, **10**, 373 (1982).
12. 山本博孝, 二官秀明, *荏業 協會誌*, **82**, 80 (1981).
13. T. S. Choi, *Industrial Mineralogy Symposium*, 46 (1997).
14. N. J. H, MS. Dissertation, Kyung Hee Univ., Seoul, Korea (1991).