

방사선방어용합금속유기유리의 합성과 그 특성

허동길, 최명신, 박철순

합금속유기유리는 방사선차폐 및 광학적특성이 좋은것으로 하여 그 합성방법에 대한 연구가 심화되고 여러가지 유기유리들이 개발되어 리용되고있다.[1-3]

론문에서는 메타크릴산금속단량체들의 주형공중합방법으로 합금속유기유리를 합성하고 그것의 방사선차폐 및 광학적특성을 평가하였다.

1. 합금속유기유리의 합성

주형공중합을 위하여 메타크릴산리튬(LiMA)과 메타크릴산연(Pb(MA)₂), 메타크릴산가돌리니움(Ga(MA)₃), 화학순의 메타크릴산(HMA), 스티롤단량체(St), 개시제로는 95% 에타놀로 2차재결정화한 아빈(AIBN)을, 가소제 및 윤활제로는 아세톤으로 2차재결정화한 스테아린산을 썼다.

LiMA/Gd(MA)₃/Pb(MA)₂/HMA/St 계의 주형공중합은 다음과 같이 진행하였다.

원기둥주형에 1.5g의 LiMA, 3g의 Gd(MA)₃, 4.5g의 Pb(MA)₂ 을 넣고 주형을 흔들어 주면서 혼합한 후 30mL의 HMA와 20mL의 St단량체를 첨가하고 개시제인 0.15g의 아빈과 가소제 및 윤활제인 0.75g의 스테아린산을 첨가한다. 다음 30℃의 항온조의 수욕조에 원기둥형반응기를 잠그고 흔들어주면서 혼합물들을 완전히 용해시킨다.

얼은 용액을 흡인려과하고 려과액을 다시 주형반응기에 옮긴 다음 반응기속의 공기를 치환하기 위하여 Ar기체를 5min간 주입시킨 후 즉시 주형반응기를 봉합하고 중합을 진행한다. 중합은 2단계로 진행한다.

먼저 60℃의 온도에서 반응물을 교반해주면서 점도가 일정해질 때까지 예비중합한다. 다음 교반기를 반응기에서 해체하고 반응기에 Ar기체를 10min간 주입하여 공기를 치환한 다음 반응기를 봉합하고 60℃의 온도에서 1h동안 중합시킨다. 그리고 항온조의 전원을 끄고 서서히 반응온도를 방온도까지 낮춘다. 이때 온도감소속도는 20℃/h로 보장하였다.

방온도에서 주형반응기를 해체하고 합성된 원기둥모양의 합금속유기유리를 꺼내어 일정한 크기로 분할하여 광학연마기에서 광연마하여 시편으로 썼다.

일반적으로 일정한 조건에서 합성한 공중합물이라고 하여도 중합도분포가 균일하지 않으면 굴절률과 투과률에서 불균일성을 초래하게 된다.

합금속유기유리의 열적전이온도는 표 1과 같은 각이한 조성의 단량체혼합액을 중합하여 얻은 투명수지시편들에 대한 시차열곡선으로부터 결정하였다.

표 1. 합금속유기유리시편의 조성과 함량(%)

조성	시편 1	시편 2	시편 3	시편 4	시편 5
HMA	43.0	49.1	51.8	60.2	50.9
St	48.2	42.1	39.4	31.0	38.3
LiMA	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0
Pb(MA) ₂	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0
Gd(MA) ₃	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

여기서 아빈과 스테아린산의 함량은 각각 질량비로 0.30, 1.5%로 고정하였다.

조성이 각이한 합금속유기유리시편들의 열적전이온도를 《Perkin-Elmer DSC-2C》형시차열분석기로 측정하였는데 그 결과는 그림 1과 같다.

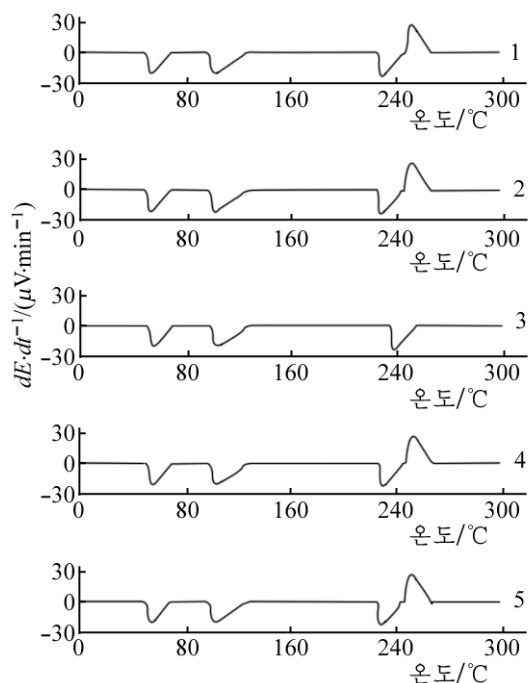


그림 1. 시편들(표 1)의 DTA곡선

그림 1에서 보는바와 같이 1, 2, 4번 시편들에서는 여러 온도구간에 걸쳐 열적전이현상이 나타났다. 유기유리투명구역의 조성범위내에서 HMA와 St의 물질량비를 변화시키면서 측정 한 시차열분석결과로부터 $n_{HMA} : n_{St} = 1.1 : 0.8$ 인 구역에서 광학적균일성이 좋은 유기유리가 얻어진다는것을 알수 있다. 한편 유기유리의 광학적균일성은 LiMA, Pb(MA)₂의 함량에도 관계되는데 5번 시편의 시차열분석결과는 비록 유기유리의 조성이 투명구역의 범위내에 있으면서 HMA와 St가 광학적균일성의 조건을 만족시킨다고 하여도 LiMA, Pb(MA)₂의 함량이 지나치게 높으면 역시 중합물조성 및 중합도에서 불균일한 구역이 생긴다는것을 보여준다.

그러므로 LiMA/Gd(MA)₃/Pb(MA)₂/HMA/St계 주형공중합을 위한 단량체들의 배합은 표 1의 3번과 같은 조성을 가지도록 하는것이 합리적이라고 본다.

2. 합금속유기유리의 광학적특성

투명구역의 범위에서 조성이 서로 다른 두께 1cm의 합금속유기유리시편($\phi=3\text{cm}$)에 대한 굴절률을 《2WA-J》형아베굴절계로 측정하였다.(그림 2)

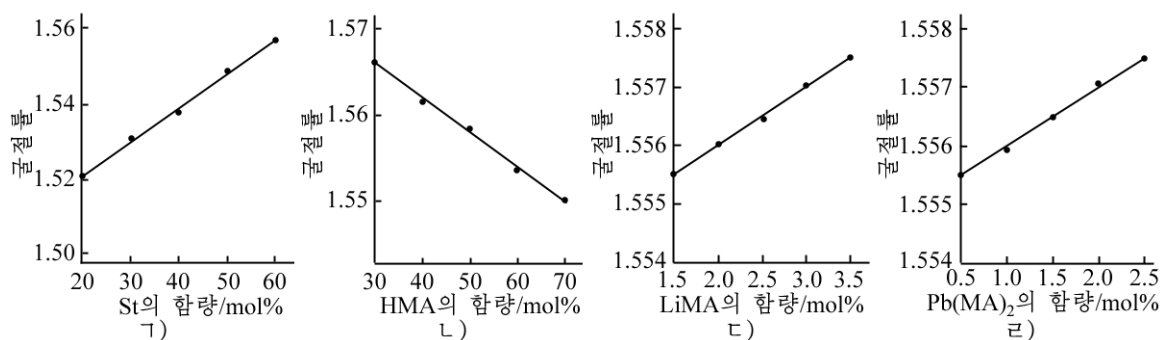


그림 2. 합금속유기유리의 굴절률변화

ㄱ) St의 함량에 따르는 합금속유기유리의 굴절률변화(LiMA 3%, Gd(MA)₃ 0.8%, Pb(MA)₂ 2%),

ㄴ) HMA의 함량에 따르는 합금속유기유리의 굴절률변화(LiMA 3%, Gd(MA)₃ 0.8%, Pb(MA)₂ 2%),

ㄷ) LiMA의 함량에 따르는 합금속유기유리의 굴절률변화(Pb(MA)₂ 2%, Gd(MA)₃ 0.8%, HMA 55%),

ㄹ) Pb(MA)₂의 함량에 따르는 합금속유기유리의 굴절률변화(LiMA 3%, Gd(MA)₃ 0.8%, HMA 55%)

자외-가시선분광도계(《VC-2001》)를 이용하여 두께가 3cm인 함금속유리시편의 투과율을 측정하고 LiMA, Pb(MA)₂의 함량변화에 따르는 함금속유리유리의 빛투과특성을 보았다.(그림 3)

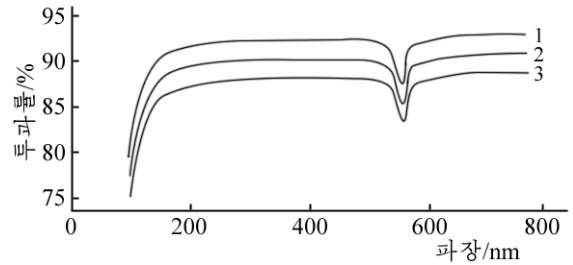


그림 3. LiMA, Pb(MA)₂의 함량에 따르는 함금속유리유리의 빛투과율변화

1- LiMA 0.5%, Pb(MA)₂ 2%, Gd(MA)₃ 0.2%,
2- LiMA 1.0%, Pb(MA)₂ 4%, Gd(MA)₃ 0.4%,
3- LiMA 2.0%, Pb(MA)₂ 6%, Gd(MA)₃ 0.8%

3. 함금속유리유리의 방사선방어특성

열중성자와 Pu-Be 원천중성자의 방어특성을 실험적으로 측정하였는데 그 결과는 표 2, 3과 같다.

표 2. 열중성자방어특성

시편번호	두께/cm	질량두께 (g·cm ⁻²)	방어률/%	선약화결수 /cm ⁻¹	질량약화결수 (cm ² ·g ⁻¹)
1	3.0	4.462	86.90±1.92	0.712 3	0.455 5
2	"	4.015	85.82±2.03	0.623 2	0.486 5
3	"	4.023	88.90±2.01	0.857 3	0.381 7

표 3. Pu-Be원천중성자방어특성

시편번호	두께/cm	질량두께 (g·cm ⁻²)	방어률/%	선약화결수 /cm ⁻¹	질량약화결수 (cm ² ·g ⁻¹)
1	3.0	4.462	30.21±1.11	0.201	0.154
2	"	4.015	32.02±1.12	0.233	0.218
3	"	4.023	41.17±1.02	0.335	0.310

메타크릴산리튬 2~3%, 메타크릴산연 6%, 메타크릴산가돌리움 0.8%로 합성한 함금속유리유리의 열중성자차폐률은 87.2%이며 빠른중성자차폐률은 34.46%이다.

맺 는 말

우리는 LiMA/Gd(MA)₃/Pb(MA)₂/HMA/St계의 주형공중합방법으로 함금속유리유리를 합성하였다.

함금속유리유리의 광학적특성 및 열중성자와 Pu-Be 원천중성자의 방어특성을 실험적으로 측정하였으며 방사선방어시창용으로 리용할수 있다는것을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Ida Koza; European Patent Application, 108, 622, 1998.
- [2] 张兴祥; 塑料工业(Plastic Industry), 2, 62, 1994.
- [3] L. L. Gur'eva et al.; Polymer Science Series, C 51, 1, 57, 2010.

주체104(2015)년 3월 5일 원고접수

Synthesis of an Organic Glass Containing Metals for Shield Radiation and the Characteristics of the Glass

Ho Tong Gil, Choe Myong Sin and Pak Chol Sun

We synthesized the organic glass containing metals by using copolymerization method of LiMA/Gd(MA)₃/Pb(MA)₂/HMA/St.

We measured the optical characteristics of the glass and defense characteristics of thermal neutron and Pu-Be source neutron experimentally and corroborated that the glass is used as radiation defense sight window.

Key words: radiation defense, organic glass containing metal