

## Chip inductor용 Co<sub>2</sub>Z type Ba-ferrite의 저온소결에 관한 연구

조균우 · 한영호\*

성균관대학교 재료공학과

문병철

삼성전기(주)

(2002년 10월 9일 받음, 2002년 10월 18일 최종수정본 받음)

각종 산화물을 첨가하여 Co<sub>2</sub>Z type Ba ferrite의 저온소결에 관하여 연구하였다. Co<sub>2</sub>Z type Ba-ferrite 상은 2회 하소과정을 통하여 얻을 수 있었으며, 생성된 상의 XRD peaks는 일부 minor peaks를 제외하고는 standard peaks와 거의 일치하였다. 제조된 분말은 저온소결을 위하여 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 단독 첨가 및 CuO 또는 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 복합 첨가하였으며, 또한 ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가하였다. 소결은 900~1000 °C에서 수행하였다. ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 단독 첨가시, 첨가량이 7.5 wt%일 때 가장 높은 수축계통을 나타내었다. ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass와 CuO 또는 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 복합 첨가하였을 때, glass를 단독 첨가하였을 경우보다 수축률이 급격히 증가되었다. 또한 ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가한 시편의 수축률과 초기 투자율은 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가한 시편보다 높은 값을 나타내었다.

주제어 : Co<sub>2</sub>Z type Ba ferrite, 저온소결, 수축률, 초기 투자율

### I. 서 론

정보기술(Information Technology)의 발전으로 정보의 생산과 전달, 보존을 위한 전자기기인 휴대폰이나 노트북, 하드디스크 등의 사용이 증가되면서 인덕터의 경우도 소형화, 고주파화 되고 있다. 생산측면에서는 표면실장기술(Surface Mounting Technology)의 이용을 위해서 전자부품도 SMD(Surface Mount Device)화 되고 있고 인덕터의 경우도 칩저항과 칩 캐패시터에 이어서 칩 형태인 칩 인덕터(Multi-Layer Chip Inductor)로 제조되고 있다.

현재 대표적인 칩 인덕터용 자성재료로서 NiZn-ferrites가 사용되고 있다. 그러나 NiZn-ferrite와 같은 spinel ferrite는 작동 주파수가 수백 MHz 영역으로 제한되어 있으며 GHz 영역에서의 사용이 불가능하다. 반면 Ba-ferrite와 같은 hexagonal ferrite는 수 GHz 영역까지 사용이 가능하다[1, 2]. GHz 영역에서 이용이 가능한 칩 인덕터용 재료로 glass 재질의 저유전율 소재도 있다. 그러나 기존에 사용된 저유전율 소재는 투자율이 약 1~2 정도로 매우 낮기 때문에, GHz 영역에서 사용이 가능하고 저유전율 소재에 비해 높은 투자율을 갖는 Ba-ferrite를 칩 인덕터 재료로 사용하기 위한 연구가 진행되고 있다[1, 3-5].

이러한 Ba-ferrite는 조성에 따라서 M, W, Y, Z type 등의 네 가지 상으로 구분될 수 있다. Table I은 조성에 따른

Ba-ferrite의 상의 종류를 나타낸 것이다. 각 상은 S-block(Fe<sub>6</sub>O<sub>8</sub>), R-block(BaFe<sub>6</sub>O<sub>11</sub>) 그리고 T-block(Ba<sub>2</sub>Fe<sub>8</sub>O<sub>14</sub>)의 적층 순서를 달리 함으로써 서로 다른 결정 구조를 갖고 있다. M type의 block 적층은 SRS\*R\*의 순서로 이루어져있으며, W type은 RSSR\*S\*S\*이다. 또한 Y type은 TSTSTS, Z type은 RSTSR\*S\*T\*S\*의 순서로 적층되어있다. '\*'는 각 block들이 c축을 중심으로 180° 회전한 것을 의미한다[6].

위의 Ba-ferrite의 네 가지 종류 중에서 Z 상의 경우, 다른 상들에 비하여 높은 투자율을 갖고 있다. 따라서 Z 상을 칩 인덕터의 재료로 사용하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있다. 칩 인덕터의 내부전극으로는 가격이 저렴하고 비저항이 낮아서 품질계수가 우수한 Ag-paste가 사용되고 있고, Ag-paste와 ferrite를 반복 인쇄하여 동시에 소결해야한다. 그러나 Ag의 녹는점은 961 °C로 낮기 때문에 1300 °C이상의 온도에서 소결 가능한 Z type Ba-ferrites와의 co-firing은 불가능하다. 따라서 900 °C 이하의 저온에서 소결하기 위해서는 900 °C 이하의 온도에서 녹는점을 가지는 저 융점 산화물을 첨가하거나 최종 분말의 크기를 미세하게 하여 입자의 비표면적을 증가시킴으로써 소결구동력을 증가시켜야 한다[7]. 저 융점 산화물의 첨가에 의한 저온소결에 관한 연구는 NiCuZn ferrite와 같은 spinel ferrite에서 활발히 진행되어져 왔으며, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MoO<sub>3</sub> 등이 이용되었다. 또한 이러한 저 융점 산화물 외에도 Li<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, PbO-SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system glass 등을 이용하여 900 °C 부근의 저온에서 소결한 연구가 있었다[8-10]. Ba-ferrite의 경우 M. Endo 등

\*Tel: (031)290-7392, E-mail: yhhan@yurim.skku.ac.kr

**Table I.** Designation and composition of several hexagonal ferrites.

Ferrite Designation	Chemical Composition
M	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>
W	BaMe <sub>2</sub> Fe <sub>16</sub> O <sub>27</sub>
Y	Ba <sub>2</sub> Me <sub>2</sub> Fe <sub>12</sub> O <sub>22</sub>
Z	Ba <sub>3</sub> Me <sub>2</sub> Fe <sub>24</sub> O <sub>41</sub>

이 borosilicate glass, CuO, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등을 첨가하여 저온에서 소결하기 위한 연구를 수행하였다[3].

저온 소결 시 소결조제의 첨가로 재료의 치밀화가 잘 이루어져야 한다. 이것은 실제로 칩 인덕터를 제조할 때 도금공정중 도금액이 ferrite의 내부로 침투되는 것을 방지한다. 또한 전자기적 물성 측면에서는 칩 인덕터의 안정적인 작동을 위하여 높은 초기 투자율과 품질계수를 나타내어야 한다. 이러한 제반 조건들을 만족시키기 위해서는 저온 소결용 소결조제로 사용되는 저 융점 산화물이나 glass 등에 대한 적절한 선택과 제어가 이루어져야 하고 milling이나 소결과 같은 제조공정의 선택이 적절하게 이루어져야 한다.

본 연구에서는 GHz 대역에서 우수한 전자기적 특성을 갖는 Co가 치환된 Z type Ba-ferrites의 저온 소결에 대하여 실험을 진행하였다. 저온소결을 위하여 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 각각 단독 첨가하였으며, 대표적인 저 융점 산화물로 알려진 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO를 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass와 각각 복합 첨가하여 소결하였다. 각 glass의 단독첨가 및 저 융점 산화물과의 복합첨가가 Co<sub>2</sub>Z-Ba ferrite의 소결 및 투자율에 미치는 효과에 대하여 살펴보았다.

**II. 실험방법**

시편은 일반적인 세라믹 공정에 의하여 준비되었다. Co<sub>2</sub>Z type Ba ferrite의 화학식(Co<sub>2</sub>Ba<sub>3</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub>)에 의해 70.59 mol% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 17.65 mol% BaO, 11.76 mol% CoO를 기본조성으로 하였고, 습식 혼합 후 건조하였다. 혼합 시 원료 분말의 영김과 손실을 최소화하기 위하여 synton을 powder 대비 3 wt% 첨가하였다. 혼합된 분말은 dry oven에서 12시간 이상 충분히 건조하였다. 건조된 분말은 알루미늄이나 도가니에 담아 box furnace에서 하소하였다. 하소는 2회에 걸쳐 수행하였다. 1차 하소는 900 °C에서 2시간 동안 수행하였으며, 하소 후 X-ray diffraction을 통해 생성된 상을 관찰하였다. 1차 하소한 분말을 다시 분쇄와 건조 과정을 거쳐 1350 °C에서 2시간 동안 2차 하소를 수행하였으며, 하소 후 생성된 상은 X-ray diffraction peak를 분석하여 확인하였다. 하소 된 분말은 planetary mill에서 200 rpm으로 3시간 동안 습식 분쇄하였다. 이때 Table II에 나타난 바와 같이 Co<sub>2</sub>Z type Ba ferrite의 저온소결을 위

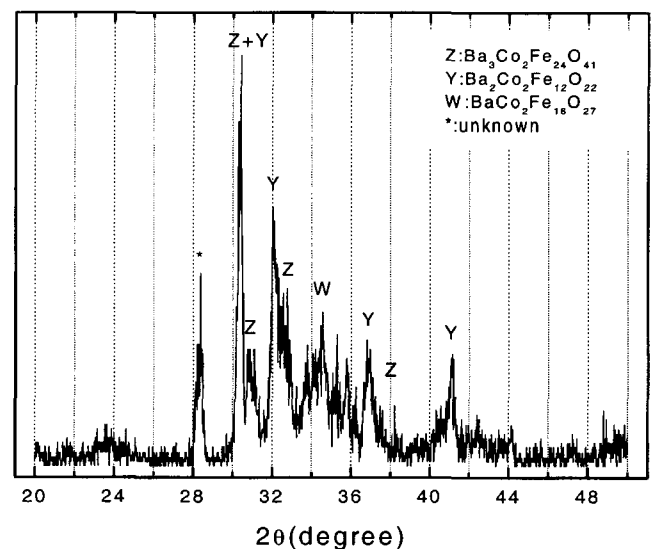
**Table II.** Main composition and additive levels.

Sample No.	Main Composition	Additive level
1		2.5 wt%
2		ZnO-B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> system 5 wt%
3		glass 7.5 wt%
4	Co <sub>2</sub> Z	10 wt%
5	(Ba <sub>3</sub> Co <sub>2</sub> Fe <sub>24</sub> O <sub>41</sub> )	5 wt% ZnO-B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +5 wt% CuO
6		system glass +5 wt% Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
7		4 wt% ZnO-Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> system glass
8		8 wt% ZnO-Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> system glass

한 소결조제로 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass 및 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO를 단독 또는 복합 첨가하였다. 분쇄가 끝난 분말은 dry oven에서 12시간이상 충분히 건조하였다. 건조된 분말은 성형을 용이하게 하기 위하여 0.7 wt%의 PVA(polyvinyl alcohol)을 첨가하였다. 성형은 시편의 물성측정이 용이하도록 외경 20 mm, 내경 13 mm의 toroid core 형태로 제작 되었으며, green body의 밀도가 3.1 g/cm<sup>3</sup>이 되도록 하였다. 성형된 시편은 각종 유기물과 binder를 제거하기 위하여 binder burn out을 실시하였다. 소결은 900 °C, 930 °C, 960 °C, 1000 °C의 온도구간에서 각각 2시간씩 수행하였으며, 승온 속도는 3 °C/min으로 하였다. 이렇게 소결된 시편들은 시편의 외경을 기준으로 수축률을 측정하였다. 초기 투자율은 Hewlett-Packard사의 4284A LCR meter를 이용하여 1 MHz에서 Ls 값을 측정하여 계산하였다.

**III. 결과 및 고찰**

Fig. 1은 Co<sub>2</sub>Z상(Ba<sub>3</sub>Co<sub>2</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub>)을 합성하기 위하여 1350 °C



**Fig. 1.** X-ray diffraction peaks of the powder calcined at 1350 °C.

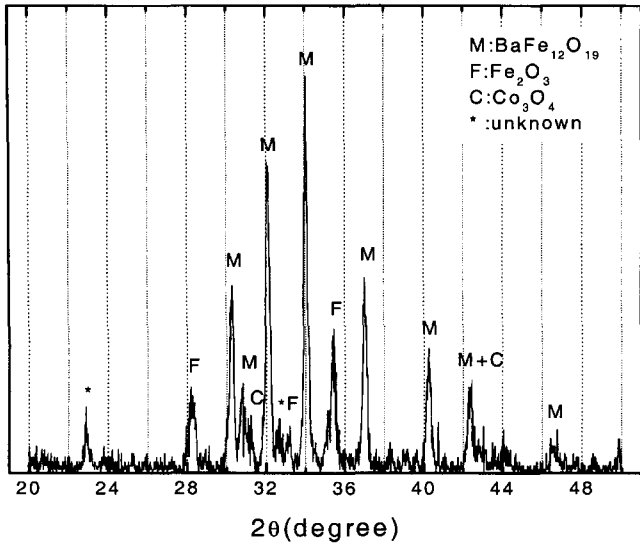


Fig. 2. X-ray diffraction peaks of the powder calcined at 900 °C.

에서 2시간동안 하소한 분말의 XRD peaks이다. X-ray diffraction peaks의 분석을 통하여 하소 후 생성된 상을 관찰한 결과, Co<sub>2</sub>Z상의 standard peaks와 일치하는 일부 peaks가 관찰되었다. 그러나 Y상(Ba<sub>2</sub>Co<sub>2</sub>Fe<sub>12</sub>O<sub>22</sub>)과 W상(BaCo<sub>2</sub>Fe<sub>16</sub>O<sub>27</sub>) 등이 함께 관찰되었으며, 단일한 Co<sub>2</sub>Z상의 형성은 불가능하였다.

Co<sub>2</sub>Z상을 형성시키기 위하여 2회에 걸쳐 하소를 수행하였다. 1350 °C에서 하소한 분말은 너무 견고하여 분쇄효과가 떨어지기 때문에 먼저 낮은 온도(900 °C)에서 하소한 후 1350 °C에서 2차 하소하였다.

Fig. 2는 Co<sub>2</sub>Z의 구조성을 900 °C에서 2시간동안 하소한 뒤 생성된 상을 X-ray diffraction peak를 통해 관찰한 것이다. 생성된 상의 peaks를 분석한 결과 Co<sub>2</sub>Z 상은 형성되지 않았으며, M(BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>)상이 형성되었다. 또한 M상 이외에도 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>와 같은 원료 물질들은 다른 상으로 합성되지 않고 그대로 존재하였다. 일반적으로 Co<sub>2</sub>Z 상의 형성은 1300 °C 이상의 온도에서 이루어진다고 알려져 있다. 따라서 900 °C에서 Co<sub>2</sub>Z 상의 합성은 이루어지지 않은 것으로 생각된다.

900°C 하소분말의 생성 상들이 균일하게 분포하도록 다시 milling한 후, 1350 °C에서 재하소 하였다. Fig. 3은 재하소한 분말의 X-ray diffraction 통해 얻은 peaks이다. 1차 하소하였을 경우와는 다르게 재하소 후 X-ray diffraction peaks을 통해 생성된 상을 관찰한 결과 일부 minor peaks들을 제외하고는 standard XRD peak과 잘 일치하는 거의 단일한 Co<sub>2</sub>Z 상이 형성되었음을 알 수 있었다.

Fig. 4는 Co<sub>2</sub>Z Ba-ferrite의 저온소결을 위하여 소결 조제로 첨가한 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 첨가량 변화에 따른 수축률의 거동을 나타낸 것이다. 소결온도가 증가함에 따라서 소결 후

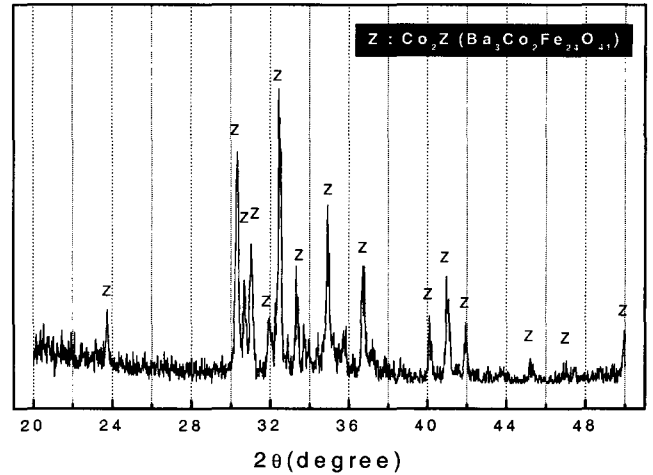


Fig. 3. X-ray diffraction peaks of the powder re-calcined at 1350 °C.

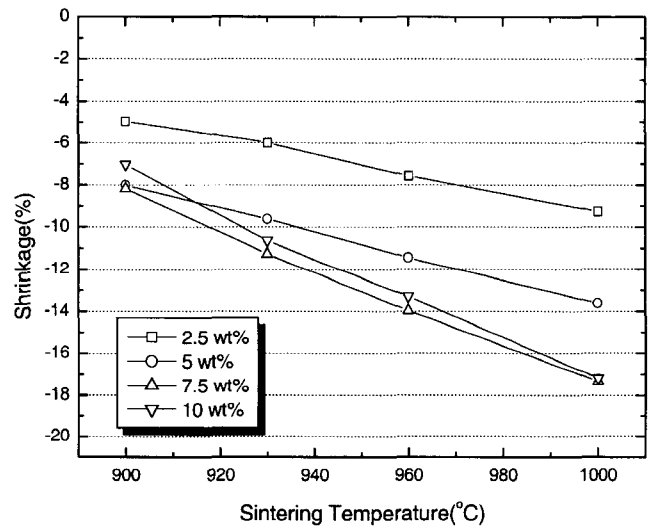


Fig. 4. Shrinkage variation as a function of ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass contents.

수축률은 증가하였다. Glass 첨가량 변화에 의한 수축거동은 7.5 wt% glass가 첨가되었을 때 가장 높은 수축률을 보였으며, 10 wt% 첨가되었을 때에는 수축률이 소폭 감소하였다. 7.5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 첨가하여 900 °C에서 소결한 경우 2.5 wt% 를 첨가 후 960 °C에서 소결하였을 때와 비슷한 수축효과를 나타내었으며, 소결온도를 60 °C이상 낮추는 효과를 얻을 수 있었다. 이와 같이 glass의 첨가량이 증가할수록 소결온도가 낮아지는 것은 소결 시에 첨가된 glass가 액상을 형성하여 소결을 촉진시킨 것으로 사료된다. 그러나 Ag의 융점인 961 °C 미만의 온도에서 수축률 분포가 7~14% 정도로 충분한 치밀화가 이루어지 않았다.

ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 첨가량에 따른 1 MHz에서의 초기투자율의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 소결온도가 증가함에 따라서 초기 투자율은 증가하였다. ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 첨가량에 따른

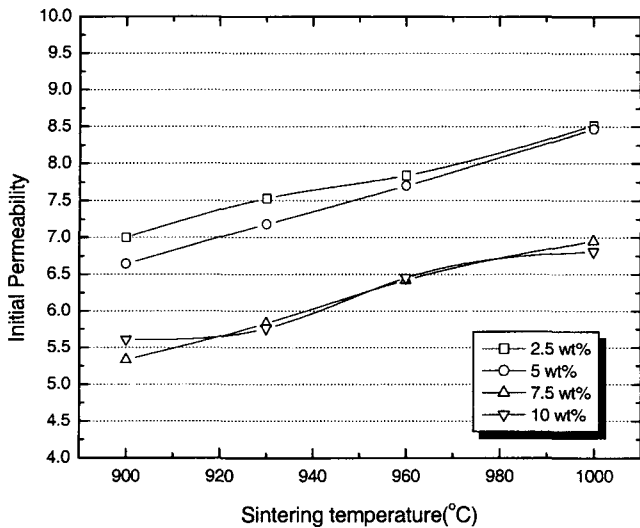


Fig. 5. Initial permeability variation as a function of ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass contents at 1 MHz.

초기 투자율의 변화는 첨가량 증가에 따라서 감소하였다. 900 °C 소결시편에서 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 첨가량이 5 wt% 이하인 경우 초기 투자율은 약 6.5~7 정도의 값을 나타내었으나, 5 wt% 보다 더 첨가되었을 때에는 초기 투자율이 큰 폭으로 감소하여 약 5.5 정도의 값을 나타내었다.

앞선 실험 결과에서 2.5~10 wt%의 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독첨가 함으로써 충분한 소결효과를 나타내지는 못하였으며, ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가한 Co<sub>2</sub>Z type Ba-ferrite를 칩 인덕터의 재료로 사용하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서

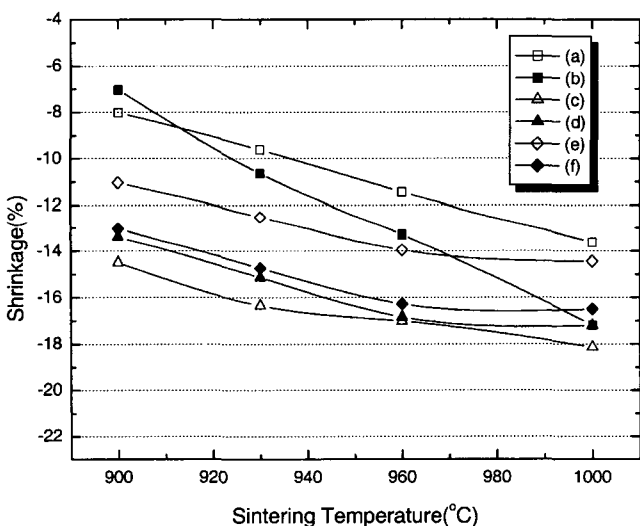


Fig. 6. Shrinkage behavior of Co<sub>2</sub>Z ferrites with various sintering additives. (a) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (b) 10 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (c) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass + 5 wt% CuO (d) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass + 5 wt% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (e) 4 wt% ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (f) 8 wt% ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass.

대표적인 저 융점 산화물로 알려진 CuO와 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass와 복합 첨가함으로써 소결에 미치는 효과를 살펴 보았다. 복합첨가 시 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 첨가량은 5 wt%로 하였으며, 이는 앞선 실험결과에서 비교적 높은 수축률과 초기 투자율을 나타냈기 때문이다. 또한 CuO와 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 첨가량은 각각 5 wt%로 하였다. 이 외에 ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 이루어진 glass를 4 wt%, 8 wt% 첨가하여 소결 및 초기 투자율에 미치는 효과를 함께 비교하였다.

Fig. 6은 앞서 언급한 소결조제들을 첨가하여 900 °C~1000 °C에서 소결한 후 시편의 수축률을 나타낸 것이다. ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가하였을 경우, 소결온도가 930 °C 이하인 시편의 수축률은 약 10 % 정도로서 충분한 소결효과를 나타내지 못하였다. 그러나 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass에 5 wt% CuO 또는 5 wt% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 각각 복합첨가 함으로써 소결 시 수축효과가 현저히 증가하였으며, 특히 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass와 CuO를 복합첨가 하였을 경우 930 °C 소결시 수축률이 16.5 %로 나타났다. 이는 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass단독 첨가하여 1000 °C에서 소결한 시편의 수축거동(약 13.5%)보다 높은 것으로, 소결온도를 100 °C 이상 감소시키는 효과를 나타내었다. 이러한 소결효과의 향상은 CuO를 첨가함으로써 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가한 경우보다 액상소결을 더욱 촉진한 것으로 사료된다. ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독첨가 하였을 경우, ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 단독 첨가했을 때보다 높은 소결효과를 나타내었다. 8 wt% ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 첨가했을 때, 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 첨가에 비하여 100 °C이상, 10 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass 첨가 시 보다는 약 60 °C 정도의 소결온도 감소 효과를 나타내었다.

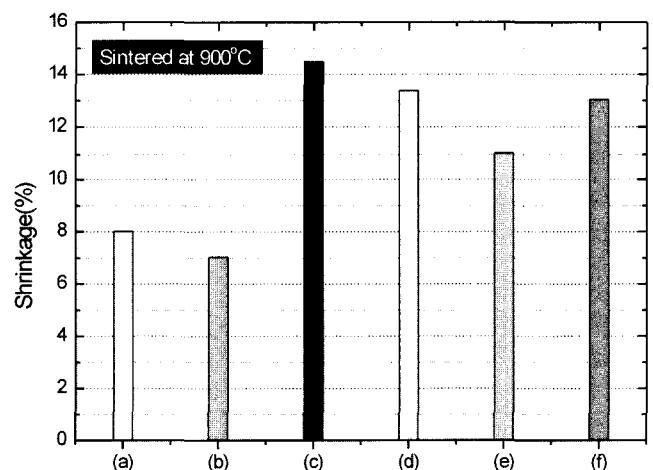
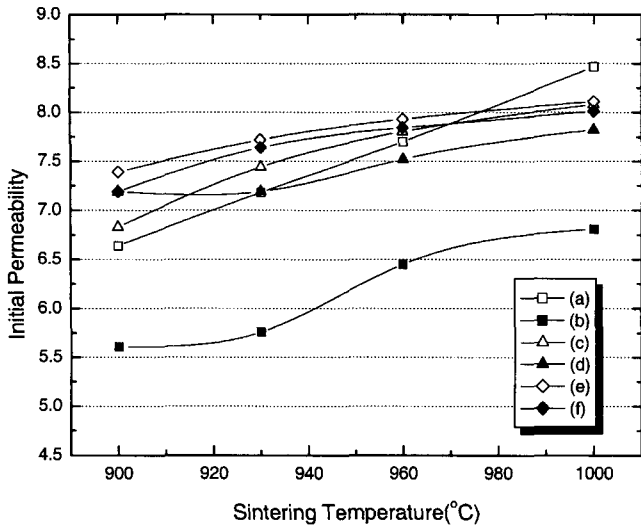


Fig. 7. Shrinkage behavior of specimen sintered at 900 °C with various sintering aids. (a) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (b) 10 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (c) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass + 5 wt% CuO (d) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass + 5 wt% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (e) 4 wt% ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (f) 8 wt% ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass.



**Fig. 8.** Permeability behavior of Co<sub>2</sub>Z ferrite with various sintering aids. (a) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (b) 10 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (c) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass + 5 wt% CuO (d) 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass + 5 wt% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (e) 4 wt% ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass (f) 8 wt% ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass.

Fig. 7은 900 °C에서 소결한 시편들의 수축률을 도시한 것이다. ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가하였을 때보다 CuO와 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 복합첨가 하였을 때, 수축률이 급격히 증가 하였다. CuO 및 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 같은 저 융점 산화물의 첨가로 소결이 더욱 촉진된 것으로 사료되며, 이는 E. Endo의 연구에서도 borosilicate glass를 단독 첨가하였을 경우보다 CuO 및 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 복합첨가 함으로써 소결 효과를 촉진시킨 것과 일치하는 결과이다[3].

Fig. 8은 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 단독 첨가 및 CuO, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 복합 첨가한 시편, 그리고 ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가한 시편의 소결온도에 따른 초기 투자율의 변화를 나타낸 것이다. 소결온도의 증가에 따라 초기 투자율이 증가하였다. 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 첨가한 시편의 경우 온도 따라 가장 급격한 초기 투자율의 변화를 나타내었다. 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass와 CuO, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 복합 첨가한 시편에서는 930 °C 이하의 소결온도에서 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가한 경우에 비하여 초기 투자율이 증가하였다. 이러한 현상은 NiCuZn ferrite의 저온소결에서와 마찬가지로 CuO나 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 같은 저 융점 산화물의 첨가로 소결 시 액상형성을 유발하며, 이러한 액상에 의해 소결이 촉진되고 시편 내부가 치밀화 되어 자화과정의 주요기구인 domain wall의 이동을 방해하는 기공 등의 감소에 의한 것으로 생각된다[12]. ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass가 첨가된 시편은 여러 시편들 중에서 가장 높은 초기투자율을 나타내었다. 그러나 ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass의 첨가량이 4 wt%에서

8 wt%로 증가하였을 경우, 초기투자율은 소폭 감소하였다.

#### IV. 결 론

1. Co<sub>2</sub>Z(Ba<sub>3</sub>Co<sub>2</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub>)의 조성으로 혼합한 분말을 1350 °C에서 하소하여 Co<sub>2</sub>Z 단일상은 얻을 수 없었다.
2. 900 °C에서 원료분말을 1차 하소하였을 때, Co<sub>2</sub>Z상은 형성되지 않았다. 그러나 1350 °C에서 2시간 동안 재하소하여 standard Co<sub>2</sub>Z peaks에 거의 일치하는 상을 형성하였다.
3. ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가한 시편을 소결하였을 때, 7.5 wt%가 첨가된 시편의 수축거동이 가장 높게 나타났다. 초기 투자율은 2.5 wt% 첨가한 시편이 가장 높았으며, 첨가량이 5 wt%를 초과하면 급격한 감소현상을 나타내었다.
4. 5 wt% ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass와 5 wt% CuO, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 복합 첨가 하였을 때, ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 단독 첨가한 경우보다 수축이 증가하였다. 초기 투자율은 4 wt% ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass를 첨가하였을 때, 가장 높은 값을 나타내었다. ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass와 CuO, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 복합 첨가로 glass의 단독 첨가한 경우 보다 초기 투자율이 증가하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] T. Nakamura, Ferrites, Proceedings of the 8th International Conference of Ferrites, Japan, pp. 967-969(2000).
- [2] 윤상욱, 이형진, 윤기현, 정형진, 자성재료세라믹스, 반도체판사(1996).
- [3] M. Endo, A. Nakano, Ferrites, Proceedings of the 8th International Conference of Ferrites, Japan, pp. 1168-1170(2000).
- [4] H. Zhang, L. Li, P. Wu, J. Zhou, Z. Ma, Z. Gui, Material Research Bull., 35, pp. 2207-2215(2000).
- [5] H. Marusawa, C. Kato, Ferrites, Proceedings of the 8th International Conference of Ferrites, Japan, pp. 942-944(2000).
- [6] 강석중, 소결, 과학문화사, (1997).
- [7] J. Smit, H. P. J. Wijn, Ferrites, Philips technical library (1959).
- [8] Ken Hirota, Tatsuji Aoyama, Sinsuke Enomoto, J. of Mag. and Mag. Materials, 205, pp. 283-289(1999).
- [9] Sea-Fue Wang, Yuh-Ruey Wang, Thomas C. K. Yang, Po-Jeng Wang, Chun-An Lu, J. of Mag. and Mag Materials, 217, pp. 35-43(2000).
- [10] Hsiao-Miin Sung, Chi-Jen Chen, Lih-Jiun Wang, Wen-Song Ko, IEEE Trans. on Mag., vol. 34, no. 4, pp. 1363-1365, (1998).
- [11] T. Tachibana, K. Ohta, T. Shimada, Ferrites, Proceedings of the 8th International Conference of Ferrites, Japan, pp. 888-890, (2000).

## Study on Low-Temperature sintering of Co<sub>2</sub>Z type Ba ferrites for chip inductor

K. W. Cho and Y. H. Han\*

*Department of Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea*

B. C. Moon

*Samsung Electromechanics Co. Ltd., Suwon 442-743, Korea*

(Received 9 October 2002, in final form 18 October 2002)

Low temperature sintering of Co<sub>2</sub>Z type Ba ferrites with various oxide additives has been studied. Co<sub>2</sub>Z phase was obtained by 2 step calcination and XRD peaks showed a good agreement with the peaks of the standard Co<sub>2</sub>Z phase, except for some minor extra peaks. ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass, ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CuO, ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass were added to lower sintering temperatures. Specimens were sintered at the temperature range between 900 °C and 1000 °C. In the single addition of ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass, the specimen with 7.5 wt% showed the highest shrinkage. Specimens with complex addition of ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass with CuO or Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> showed higher shrinkages and initial permeabilities than single addition of ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass. Shrinkages and initial permeabilities of the specimens with ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass were higher than those of ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass addition.

**Key words** : Co<sub>2</sub>Z type Ba ferrite, low-temperature sintering, shrinkage, initial permeability.