

VCR 헤드 제조시 SiO₂ 박막과 유리의 계면 결합

윤능구 · 황재응 · 고경현 · 안재환 · 제해준* · 홍국선*

아주대학교 재료공학과

*한국과학기술연구원 세라믹스공정 연구실

Interfacial Defects in SiO₂-Glass Bond During VCR Head Fabrication

N.K. Yoon, J.W. Hwang, K.H. Ko, J.H. Ahn, H.J. Je* and K.S. Hong*

Dept. of Materials and Science Eng., Ajou University

*Ceramics Processing Lab., KIST

초 록 Mn-Zn ferrite를 가공하여 VCR헤드의 제조과정에서 비자성체 gap용 SiO₂ 증착층과 유리와의 접합시 유리내에 기포 형태의 결합이 발생하는 경우가 있다. 기판의 조도나 SiO₂의 증착속도의 영향을 분석한 결과, 기포의 생성 원인이 SiO₂증착층과 접합유리의 융착시 계면에 존재하는 요철의 불완전한 충진에 의한 것으로 나타났다. 따라서 이러한 기포생성을 억제시키기 위해서는 기판을 최대한 경면 연마시켜 표면조도를 작게하고 SiO₂ 증착속도를 조절함으로써 SiO₂ 증착층의 표면조도를 작게하여 유리 융착시 계면의 요철 크기를 작게해야 한다. 기판을 0.05 μ m 알루미나 분말로 경면연마시키고, 10% O₂분압을 갖는 Ar plasma 상태하로 조절된 증착속도로 증착된 SiO₂ 증착층과 접합유리의 융착시 기포가 전혀 발생치 않았다.

ABSTRACT The bonding behavior of SiO₂ thin film and glass during VCR head fabrication was investigated, varying the surface roughness of substrate and the sputtering parameter. Insufficient fillings of grooves in the SiO₂ film with glass was postulated to give rise to the generation of bubble in the glass. The surface roughness of SiO₂ film was found to depend on that of substrate. The lower the deposition rate, the smoother the surface of film. The bubble free glass after bonding could be obtained using substrate polished with 0.05 μ m Al₂O₃ powder under the sputtering condition of 10% oxygen pressure.

1. 서 론

1930년 대에 개발된 γ -Fe₂O₃를 이용한 기록매체와 ring type 자기기록 헤드 및 교류 bias법은 오늘날의 고화질, 고음질의 VCR 출현을 이끌어내었다. 이와 같은 비약적인 기술의 전개에 따라 일반 VHS용 헤드에서 뛰어난 자기적 특성 및 내마모성 등을 가진 Mn-Zn ferrite 단결정이 VCR 자기 헤드의 핵심 소재로 사용된 고주파용 MIG(Metal-in-Gap) 헤드와 같은 고성능 헤드의 개발이 활발히 이루어지고 있다^{1-2, 3-6}. 따라서 VCR헤드 가공 및 제조 공정시 단결정 사용의 여러 잇점이 저하되는 것을 방지하는 것이 필수적이다.

VCR 자기헤드의 제조 공정은 Mn-Zn ferrite 단결정을 초정밀 기계가공한 후 가공부

위에 접합 유리를 융착시키고 경면 연마를 한 다음, 헤드 gap을 형성시키기 위해 비자성체 SiO₂를 원하는 두께로 sputtering시킨 block과 SiO₂를 증착시키지 않고 경면 연마된 상태의 block을 접합시키는 공정으로 이루어진다. 이 두 block을 접합시키는 고온 융착과정에서 접합 유리 내에 기포가 생성되는 경우가 발생하는데 이때 발생하는 기포는 가공시 ferrite의 분말을 흡착하여 ferrite의 자기적 특성을 저하시킬 뿐만 아니라, 테이프의 접촉부에 기포가 드러나면 VCR작동 중 테이프의 손상 및 수명을 단축시키는 문제점을 야기시킨다⁷. 본 연구에서는 SiO₂증착층과 접합유리의 융착시 생성되는 기포의 생성 원인을 규명함과 아울러 이를 제어 할 수 있는 제조공정 변수의 효과에 대하여 고찰하였다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 ferrite단결정과 접합유리는 실제 VCR헤드용으로 사용되고 있는 소재로서, ferrite단결정은 53mol/o Fe_2O_3 -28mol/o MnO -19mol/o ZnO 의 고투자율 조성을 선택했으며⁸⁾ 유리의 조성은 접합시 열팽창 계수의 차이 및 자기적 특성 변화 등을 고려하여 51w/o PbO -37w/o SiO_2 -5w/o ZnO -5w/o Na_2O -2w/o K_2O 로 선택하여 여러 크기의 유리봉 형태로 제조하여 사용하였다⁹⁾.

사용된 페라이트 기판은 $10 \times 10 \times 2$ mm 크기이며 실제 VCR헤드 제조 공정과 유사한 공정에서의 실험을 위해서 폭 3mm, 깊이 1mm의 홈을 파서 접합에 사용될 유리나 동일한 소재를 $850^\circ C$, 질소 분위기하에서 2시간의 용착 과정을 통하여 충전한 후, 홈 위의 잉여유리를 알루미나 분말로 미세 연마로 제거하여 사용하였다. 제작된 기판은 두께 약 4,000 Å 정도의 SiO_2 박막을 sputtering시킨 후 그 위에 직경 0.8mm 유리봉을 올려서 $720^\circ C$, 질소 분위기하에서 1시간의 용착으로 유리를 접합시켰다(접합시 승온과 냉각속도는 모두 $5^\circ C/min$). 그 결과 홈이 파인 부분을 기준으로 페라이트/유리/ SiO_2 /유리의 연속 계면을 가진 시편이 준비되었다.

유리층에 발생하는 기포형태의 결함은 SiO_2 층이 포함된 두 기판의 접합에서 발생되므로 SiO_2 층의 형성이 결함의 발생과 연관이 있을 것으로 추정된다. 따라서 SiO_2 층의 형성에 관련된 제조 변수중에서 기판의 조도, 증착속도의 영향과 SiO_2 와 유리의 접합시 wetting의 효과를 고찰할 수 있는 실험을 택하였다.

기판 표면 조도의 효과를 관찰하기 위하여는 모든 기판을 #1200사포나 $0.3\mu m$ 또는 $0.05\mu m$ 알루미나 분말로 연마하거나 $0.05\mu m$ 알루미나로 연마후 아르곤 플라즈마(5×10^{-4} torr, 600W power)안에서 30분간 etching하여 서로 다른 조도를 가진 4가지의 기판을 준비하였다. 증착속도에 따른 영향은 sputtering시 Ar plasma내에 O_2 gas를 주입시켜 O_2 분압을 5, 10, 15%로 달리함으로써 증착속도를 조절하여 SiO_2 박막을 sputtering시켰다. SiO_2 와 유리의 wetting거동을 관찰하기 위하여 유리가 충전된 홈이 없는 페라이트 기판을 준비하여

다른 시편들과 동일한 과정으로 페라이트/ SiO_2 /유리의 계면을 가진 시편을 제작하여 비교 관찰하였다. 표면조도의 측정에는 stylus type의 표면조도 분석기를 이용하였고 결함의 농도는 광학현미경을 이용하여 통계적으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1 기판 조도의 영향

기판의 표면 조도를 달리 했을 경우 sputtering된 SiO_2 증착층의 표면 조도를 측정한 결과를 그림 1에 나타내었다. 조도의 기준은 진폭(A)과 주기(λ)의 비로 정했으며, 기판조도가 증가할수록 SiO_2 증착층의 조도가 증가함을 알 수 있다. 이 결과는 Bales¹⁰⁾등에 의해 제안

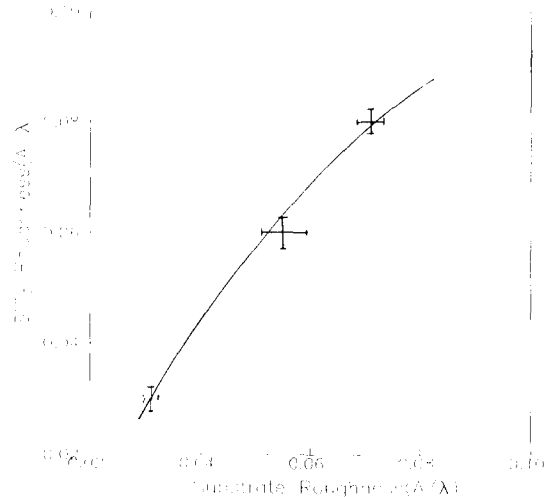


Fig. 1. Relationship between the roughnesses of ferrite substrate and SiO_2 film. (deposition rate = $34 \text{ \AA}/\text{min}$)

된 모델에서 예측되었던 것과 잘 일치한다. 그림 2는 서로 다른 SiO_2 증착층의 표면 조도가 유리 용착시의 기포생성 정도에 영향을 준다는 관찰 결과를 나타낸 것이다. SiO_2 증착층의 조도가 클수록 그위에 용착되는 유리 내부에 기포가 많이 생성되며 이러한 경향은 SiO_2 증착 속도가 바뀌더라도 유사하였다. 결론적으로 초기의 기판조도가 클수록 SiO_2 증착층의 조도도 커지며 이에 따라 유리 용착시 기포발생이 증가됨을 알 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 유리용착시 발생하는 기포를 억제시키기 위해서는 기판을 미세 연마 시키고 증착

속도를 느리게 하면 가능하다는 것을 알 수 있었다.

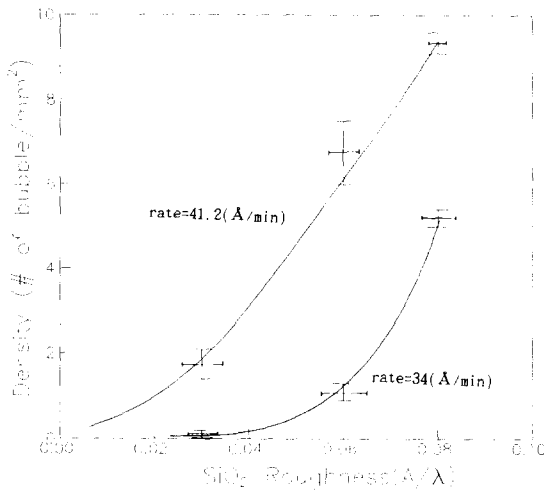


Fig. 2. Changes of the bubble density as a function of the roughness of SiO₂ film.

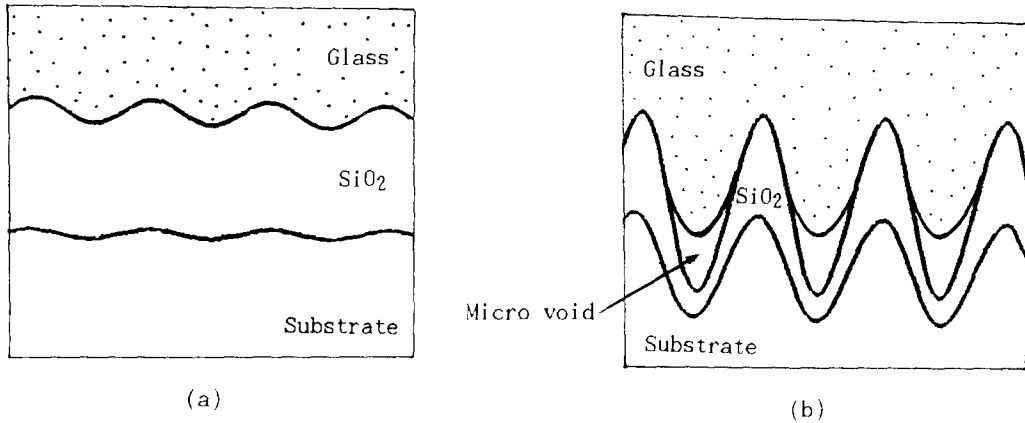


Fig. 3. Schematic of the suggested model for bubble formation.

이상의 결과를 바탕으로 하나의 모델을 생각할 수 있는데 그림 3에 이를 도식적으로 나타내었다. 동일한 두께의 SiO₂를 증착시켰을 때 그림 3(a)와 같이 기판이 평활 하면 그 위에 증착된 SiO₂층도 평활하게 되고 유리 융착시 SiO₂증착층의 요철 사이에 유리의 충분한 wetting이 이루어진다. 반면 그림 3(b)와 같이 기판이 거칠 경우에는 동일한 두께의 증착시 SiO₂층의 최종 조도도 거칠어지므로 유리 융착시 유리의 점성과 표면장력에 의해 부분적인 wetting이 발생하게 된다. 이러한 불충분한 충전에 의하여 미세기공이 형성되고 이것들이 응집되어 기포형태로 형성되는 것이

라고 생각된다.

3-2 증착속도의 영향

Sputtering시 플라즈마내에 O₂분압을 5, 10, 15%로 달리하여 증착속도를 조절하였을 때 증착된 SiO₂증착층의 표면조도를 측정 한 결과를 그림 4에 나타내었는데 증착속도가 증가함에 따라 SiO₂증착층의 조도가 증가했음을 보여주고 있다. 이것은 molecular dynamic theory등의 모델에서 예측된 바와 같이 일반적으로 증착속도는 표면의 확산 계수에 의하여 제어되는 부분과 입자의 입사 유속에 비례하는 부분의 합으로 주어지는데 증착속도가 증착층의 용점에 비하여 비교적 저온일 때에는 확산에 관여된 부분의 기여도가 매우 적은 ballistic growth 형태를 가지게 된다.¹⁰⁻¹²⁾ 따라서 요철의 성장은 기체분자의 입사유속(incident flux)에 비례하는 속도로 입자의 입사 방향과 정반대로 일어나기 때문일 것으로 생

각된다. 이러한 경향은 여러 가지의 다른 조도를 가진 기판의 경우에도 유사하였다. 그림 5에는 증착속도를 달리 했을 때의 기포 농도를 관찰한 결과를 나타낸 것으로써 증착속도가 느릴수록 기포농도가 감소됨을 알 수 있다. 이것은 동일한 기판 조도를 가질 때 SiO₂의 증착속도가 최종 SiO₂증착층의 표면조도를 변화시킴으로서 유리의 융착시 유리-와 SiO₂계면의 요철의 충전 정도에 영향을 주어 결국 기포농도가 결정되기 때문일 것으로 생각된다. 이러한 추론은 앞의 그림 3의 모델을 이용한 동일한 해석이다.

증착속도의 영향을 좀더 명확히 이해하기

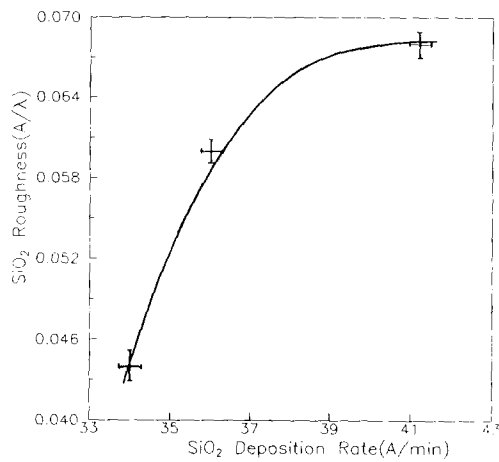


Fig. 4. Relationship between the deposition rate and the roughness of SiO₂ film.(substrate roughness(A/λ)=0.043)

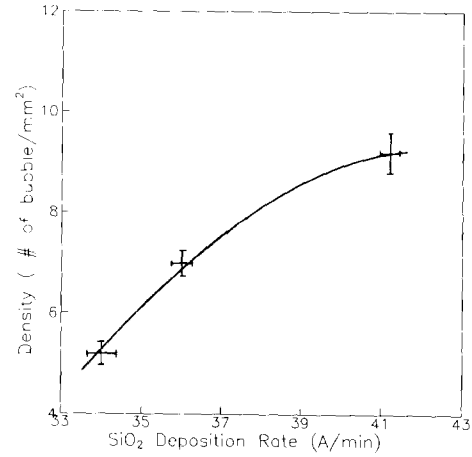
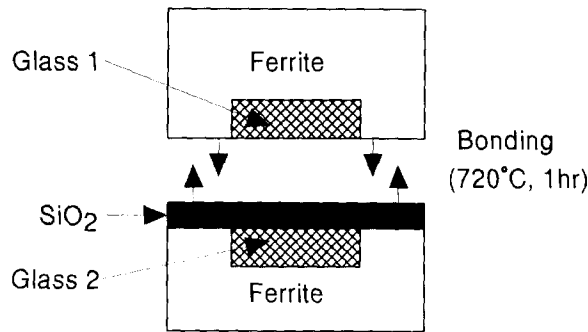
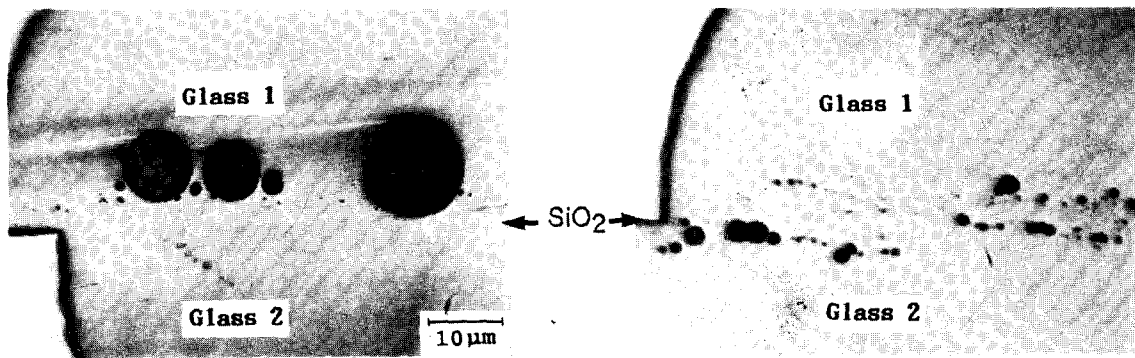


Fig. 5. Changes of the bubble density as a function of the deposition rate of SiO₂ film.(substrate roughness(A/λ)=0.075)



(a)



(b)

Fig. 6. (a) Schematic of bonding experiment.

(b) Crosssectional photographs of SiO₂/glass interfaces with SiO₂ deposition rate of 34 Å/min(left) and 87 Å/min(right)

위하여 그림 6(a)와 같은 실험을 추가로 행 하였다. SiO₂가 증착되지 않고 유리만 움직된

페라이트(페라이트/유리 1)와 SiO₂가 추가로 증착된 페라이트(페라이트/유리 2/SiO₂)를 접합하여 유리 1/SiO₂/유리 2의 계면 구조를 형성하였다. 이 경우 그림 6(b)에 나타난 결과와 같이 SiO₂의 증착속도가 느릴 때에는 유리 1에서만 기포가 형성되고 증착속도가 증가하게 되면 SiO₂층을 중심으로 유리 1과 유리 2의 양쪽에서 모두 기포가 관찰되었다. 위의 모델로 이 결과를 해석해 보면 유리 2위에 SiO₂가 증착될 때에는 미세한 SiO₂분자의 흡착에 의하여 접합이 일어나는 것이므로 증착속도가 작을 경우에는 유리 2의 요철에 충분한 충전이 이루어진다. 그러나 유리 1은 bulk SiO₂와 bulk 유리와의 접합이므로 각각의 요철이 완전히 충전되기 어렵고 따라서 기포발생의 가능성이 커지게 된다. 그리고 증착속도가 빠르게 되면 유리 2의 요철에도 SiO₂의 불완전한 충전이 이루어져서 유리 1과 2에 모두 기포가 발생한 것으로 판단된다. 결론적으로 위의 결과에서 기포 형태의 결합 발생 원인이 본 연구에서 제안한 모델로서 잘 설명될 수 있음을 알 수 있다.

지금까지의 결과를 바탕으로 기포가 발생치 않는 조건을 선정하여 페라이트 기판과 유리 용착 기판에 SiO₂증착층을 입힌 후 유리를 용착시켜 기포 생성유무를 관찰한 결과를 그림 7에 나타내었다. 이때 실제 VCR헤드 제조공정과 동일한 공정에서의 실험을 위하여, SiO₂증착층의 입혀진 유리용착 기판과 SiO₂증착층이 없는 유리용착 기판을 접합하는 공정으로

실험하였다. SiO₂증착조건으로 먼저 각 기판들을 0.05 μ m 알루미늄 분말로 최대한 정면 연마를 한 후, 깨끗이 세척시켜 수분을 완전히 건조 시킨 후, 10% O₂분압을 갖는 Ar plasma 상태하에서 sputtering을 시켰다. 이러한 공정하에서의 실험에서는 그림 7에서 알 수 있듯이 기판이 ferrite이든 유리용착 시편이든 모두 기포가 전혀 발생치 않았다. 따라서 기판의 표면조도 및 SiO₂증착층의 증착속도를 조절하여 SiO₂증착층의 표면조도를 작게 하면 그 위에 유리가 용착될 때 기포가 생성되지 않음을 알 수 있다.

4. 결 론

Mn-Zn ferrite 단결정을 가공하여 VCR헤드로의 제조공정시 접합유리 부위내에 발생하는 기포는 헤드 gap형성용 SiO₂박막층에 의해 생성되는 것으로 나타났다. 기포 생성 원인은 유리 용착시 SiO₂박막층의 표면에 존재하는 요철에 유리의 불충분한 충전에 의해서 발생하는 것으로 나타났다. 그러므로 이러한 기포생성을 억제시키기 위해서는 기판을 최대한 정면 연마 시키고 SiO₂증착속도를 조절하여 최종 SiO₂증착층의 표면조도를 작게 해야 한다.

기판을 0.05 μ m 알루미늄 분말로 최대한 정면연마 시키고, 10% O₂의 Ar plasma 상태로 조절된 증착속도로 SiO₂를 증착시킨 경우 기판 재질에 상관 없이 유리를 용착시켰을 때 기포가 전혀 발생치 않았다.

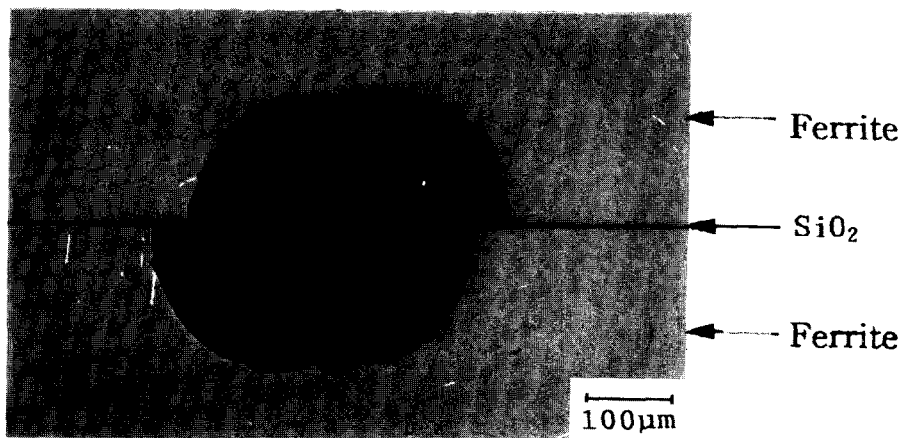


Fig. 7. Photograph of bubble-free glass bonding

참 고 문 헌

1. M. Sugimoto, Japan J. Appl. Phys., 5, 557 (1966).
2. M. Sugimoto, Crystal Growth, Vol. 1, pp. 125-139, Springer-Verlag, 1978.
3. H. Fujimori, K.Hirose, J.Zhang, H.Horita, I.Sato and H.Sagawara, J.Appl. Phys., 55, 1769(1984).
4. M. Senda and Y.Nagai, J. Appl. Phys., 65 (2), 3135(1989).
5. Y. Motomura, T.Tatsumi, H.Urai and M. Aoyama, IEEE trans. Magn. Mag-26(5), 2327(1990).
6. K. Takahashi, K. Ihara, S.Muraoka, H. Yohda, E. Sawai and N. Kaminaka, IEEE trans. Magn., Mag-23(5), 2928(1987).
7. K. Kugimiya, Ceramic bulletin, 69(4), 696 (1990).
8. K. Ohta and N. Kobayashi, Japan J. Appl. Phys., Vol. 3, No. 10, 576(1964).
9. 장성도 · 홍국선 · 제해준 · 홍성현 · 안정환, 과학기술처 연구보고서, UCN773-4461-1, 1992.
10. G.S. Bales and A. Zangwill, J. Vac. Sic. Technol., A9(1), 145(1991).
11. P. Meakin, P.Ramanlal, L.M. Sander and R.C. Ball, Phys. REv., 34(6), 5091(1986)
12. A. Mazor, P.J. Srolovitz, P.S. Hagen and B.G. Bukiet, Phys. Rev. Lett., 60(5), 424 (1988)