

저surge 진공 차단기용 Te 전극 제조 Production of Te Electrode for Low Surge Vacuum Circuit Breaker

김봉서*, 우병철, 변우봉, 이희웅
한국전기연구소 전기재료연구부 도전재료연구팀

Kim Bong-Seo*, Woo Byung-Chul, Byun Woo-Bong, Lee Hee-Woong
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

As electrode materials like as Cu-Pb, Cu-Bi, WC-Ag, W-Ag for vacuum circuit breaker have high chopping current or bad insulation-recovery characteristics, it can affect induction machinery like as transformer and motor. To produce low surge electrode material, it have been suggested Co-Ag-Te electrode which were infiltrated with Ag-Te intermetallic compound into sintered Co matrix in vacuum.

In this paper, we would like to represent that production method and microstructure of Co-Ag-Te electrode material in each condition. The microstructure and characteristics of Ag-Te intermetallic compound and Co-(Ag-Te) electrode were investigated by using optical microscope, SEM, XRD, EPMA.

I. 서 론

송변전 선로에서 많이 사용되고 있는 진공 차단기(vacuum circuit breaker)는 소형 고성능이

며, 보수와 점검이 용이하고, 무공해 등 여러 가지 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 진공 중에서는 아크의 소호성이 강하고, 절연의 회복이 빠르고, 특히 소전류를 차단하는 경우에 있어서는 전극사이의 입자 밀도가 진공 중으로의 확산에 의해 급속히 감소하기 때문에, 아크를 안정하게 유지할 수 없게 되어 전류가 영점으로 향하기 전에 강제적으로 재단되는 전류재단현상이 일어나게 된다. 이와 같은 급격한 전류의 변화는 변압기나 모터와 같은 유도성 기기에 악영향을 미치고 절연파괴가 일어날 위험이 있다. 유도성 기기에 대한 악영향을 줄이기 위해 써지 감쇄기(surge absorber)가 콘덴서 등에 병용되고 있지만, 써지 감쇄기 부착공간의 불필요와 신뢰성 향상 측면으로부터 써지 감쇄기가 필요하지 않는 저써지 진공차단기가 요구되고 있다.

진공차단기용 전극재료로 사용되고 있는 재료로는 Cu-Bi, Cu-Pb계와 W-Ag, WC-Ag계가 있다. 그러나 이러한 기존의 전극재료에 있어서 Cu-Bi와 Cu-Pb재료는 대전류차단을 반복하게 되면 전극표층부에 Bi와 Pb 등이 증발, 비산하여 결핍하게 되어 재단전류가 증가하게 된다. 높은 차단성능을 필요로 하지 않는 전극재료인 W-Ag와 WC-Wg는 저써지 특성을 나타내지만, W와 WC가 열전자방출이 용이하여 절연회

복성이 나쁘고, 대용량화에 어려움이 있다. 이와 같은 이유로 인해 재단전류가 작고, 차단성능이 우수하면서 대전류차단이 우수한 성능을 가지고 있는 재료가 요구되고 있다.

본 발표에서는, 고용점 금속인 Co를 skeleton으로 하여 저용점 금속인 Ag-Te합금을 Ag-Te 금속간 화합물의 형태로 용침하여 진공차단기용 접점의 전극으로 제조하였다. 이와 같이 제조된 재료를 전기적인 시험을 하기 전의 기초 단계로 제조 방법 및 금속 조직학적인 측면에서의 기초 특성을 검토하였다.

II. 실험 방법

분말의 평균 입자 밀도가 $50\mu\text{m}$ 인 고순도 Co분말을 graphite 도가니에서 가압과 성형을 하지 않은 상태로 tap충진하여 H_2 분위기에서 $900^\circ\text{C} \sim 1050^\circ\text{C}$ 의 범위에서 2시간 동안 소결하여 Co skeleton을 제조하였다. 이와 같이 제조된 Co skeleton의 소결온도에 따른 skeleton의 충진율을 조사하기 위해 밀도를 측정하였고, 또한 900°C 에서 소결한 Co skeleton을 여러 압력으로 재가압 ($0.3 \sim 2.5\text{ton}/\text{cm}^2$)하여 제조된 skeleton의 밀도를 측정하였다. 이와 같이 여러 압력 범위에서 Co skeleton을 재가압한 것은 skeleton의 밀도에 따라 용침되는 Ag-Te합금의 양이 달라지고 이 합금의 양에 의해 재료적인 특성이 달라질 뿐만 아니라, 추후 진행될 전기적 특성에도 큰 영향을 미쳐 여러 특성들이 변화되기 때문이다.

Ag-10wt%Te 합금을 Co skeleton에 용침하기 위해 흑연 도가니를 사용하여 H_2 분위기로 1000°C 에서 1시간 동안 유지하면서 용침시켰다.

각 단계별로 제조된 시편의 조직관찰을 위해 주사전자현미경(SEM)과 광학현미경을 사용하였고, 용해된 Ag-Te합금과 Co-(Ag-Te) 전극재료의 제조시 생성된 상(phase)의 해석을 위해 X-선 회절기(XRD)를 이용하였다. 또한 용해된 Ag-Te합금의 성분 분석을 위해 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectrometer)를 이용하였다. 그림 1에 Co-(Ag-Te) 전극 제조방법의 개략도를 나타내었다.

III. 결과 및 토의

1. Co skeleton

그림 2는 H_2 분위기에서 900°C , 2시간 동안 소결한 Co skeleton의 형상을 나타낸 것으로, 그림

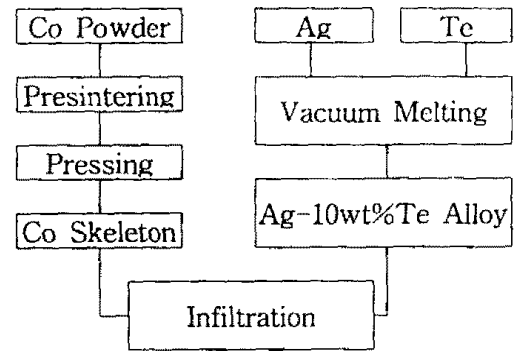


Fig. 1 Schematic diagram of the impregnation process.

에서 알 수 있듯이 tap상태로 흑연 도가니에 충전하여 소결하였기 때문에 가압, 성형으로 일어나는 분말의 소성변형 등은 관찰되지 않았으며 Co입자와 입자가 소결에 의한 반응에 의해 입자간의 결합력이 강하지 않았다. 또한 입자의 형상은 구형이 아니라 약 $10 \sim 15\mu\text{m}$ 정도의 작은 입자가 결합되어 있는 것과 같은 상태로 되어 있음을 알 수 있었다. 또한 그림 3에서는 Co skeleton의 소결 후의 XRD결과를 나타낸 것으로 수소 분위기 중에서의 소결에 의해 완전 환원되어 순수한 Co 단상(phase)만이 존재함을 알 수 있었다.

그리고 소결온도에 따른 skeleton의 소결상태를 조사하기 위해 소결온도를 900°C , 950°C , 1000°C , 1050°C 에서 소결하여 밀도를 측정하였으며, 이 결과를 그림 4 (a)에 나타내었다. $50\mu\text{m}$ 정도의 입도를 사용하는 경우, 입도가 매우 크기 때문에 기공율의 조절이 어려워지게 되어 용침재료의 양을 정확히 조절하기가 힘들게 된다. 용침되는 재료의 양을 조절하기 위해 900°C 에서 소결후 $0.3, 0.6, 1.0, 1.3, 1.6, 2.0, 2.5\text{ton}/\text{cm}^2$ 의 압력으로 재가압하여 밀도를 측정한 결과를 그림 4 (b)에 나타내었다. 소결온도가 증가함에 따라 Co skeleton의 밀도도 증가하지만, 그 증가의 양은 크지 않은 것으로 나타났다. 900°C 에서 소결한 경우에는 밀도가 약 50% 정도였고, 1050°C 인 경우에는 53%로 소결온도를 증가시킴으로서 밀도의 큰 향상은 기대할 수 없는 것으로 나타났다. 소결후 재가압에 의한 밀도의 증가는 $1\text{ton}/\text{cm}^2$ 에서는 58.4%였고, $2.5\text{ton}/\text{cm}^2$ 에서는 약 64%의 밀도를 나타내어 소결온도를 변화시키는 것보다 소결후 재가압하는 것이 효과적으로 밀도를 증가시킬 수 있었다.

2. Ag-Te합금

Co skeleton에 용침시킬 Ag-Te합금의 용해는 진공중에서 고주파 유도로를 사용하였으며, Ag와 Te의 비중 차이에 의한 편식과 Te의 산화를 방지하기 위해서이다. 용해된 Ag-Te합금의 EDS 성분 분석결과 Ag가 90.94wt%, Te가 9.06wt%로 조사되었다. 초기 조성은 90:10이었으나 진공 고주파 용해시 저융점 금속인 Te의 증발로 인해 조성의 변화가 조금 발생하게 되었다.

그림 5에 광학현미경을 이용해서 진공 용해된 Ag-Te합금의 조직 사진을 나타내었고, 이 조직은 2부분으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 밝은 부분은 Ag영역이고, 어두운 부분은 Ag와 Te의 금속간 화합물인 Ag_2Te 로, XRD와 EDS로 확인할 수 있었다. 그림 6에 XRD결과를 나타내었다.

3. Co-(Ag-Te) 용침

900°C에서 소결한 Co skeleton을 여러 압력에서 재가압하여 Co skeleton의 밀도를 증가시켜 15% 정도까지의 밀도 향상을 이루었고, 각각의 시편에 대해 1000°C에서 1시간 동안 Ag-10wt%Te를 용침시켜 Co-(Ag-Te)전극을 제조하였다.

그림 7에는 소결후 재가압하지 않은 시편(a)과 1.6ton/cm²로 재가압한 시편(b)의 조직을 나타내었다. 재가압한 시편에서는 Co skeleton 사이의 간격이 조밀하고 입자 사이에 용침되어 있는 Ag-Te합금의 양도 적어지게 된다. 그림 7의 두가지 시편 모두 Ag-Te 용침이 이루어지고, 공공 등의 결함은 거의 존재하지 않는다. 그러나 Co skeleton과 용침재 사이에서는 결함이 많지 않으나 skeleton으로 사용된 Co 분말 입자의 초기상태가 그림 2와 같이 작은 입자가 결합되어 있기 때문에 이 부분에서 작은 결함을 발견할 수 있었다. 이와 같은 문제는 원재료의 선택시 구형의 분말을 사용하면 해결할 수 있을 것으로 생각된다.

그림 8에 1.0ton/cm²로 가압한 시편의 조직과 선분석(line profile)과 점분석(dot mapping)을 나타낸 것으로 그림 (a)에서 검은 색을 표시되어 있는 부분이 Co skeleton으로 회색의 밝은 부분이 Ag_2Te 이고, 옅은 회색의 불균일 부분이 Ag 영역이다. 이와 같이 3개의 상으로 구성된 Co-(Ag-Te)는 분석은 EDS를 이용하였으며 특히 Ag_2Te 부분의 분석결과는 원자비가 2:1로 나타났으며 정확한 화학양론적 특성을 가지고 있었으며, 이것은 금속간화합물인 Ag_2Te 의 전형적

인 특성이다. 또 Co 분말 입자의 형상은 초기의 상태보다 많이 변형되어 있음을 알 수 있고 이것은 재가압에 의한 기계적 변형과 Ag-Te용탕에서의 소량 침식에 의한 것으로 생각된다. 또한 Ag-Te부분은 Ag 정출부분이 존재하고, Te는 단체로서는 존재하지 않는다.

그림 9에는 가압하지 않은 시편과 2.5ton/cm²로 가압한 시편의 XRD 결과를 나타낸 것으로 재가압한 시편의 경우에는 Co skeleton의 밀도가 높아 Ag-Te가 용침될 수 있는 양이 상대적으로 제한되어 Ag나 Ag_2Te 의 X-선 강도가 작아지게 된다. 이러한 결과로부터 Co-(Ag-Te)용침재는 Co, Ag, Ag_2Te 의 혼상으로 존재함을 알 수 있다. 또 Ag와 Te의 원자비는 2:1이고 Ag-Te용침재의 상온에서의 평형상은 Ag+ Ag_2Te 상(phase)이기 때문에 진공용해로 제조된 상의 존재는 평형상태도와 잘 일치하고 있다.

IV. 결 론

Co skeleton에 Ag-Te합금을 용침법에 의해, 진공차단기용 Co-(Ag-Te)전극을 제조하여 전극의 재료적 측면에서의 기초적인 특성을 조사한 결과 다음과 같았다.

(1) Co 분말을 skeleton으로 사용하여 소결하는 경우 소결온도와 소결후 재가압에 의해 Co skeleton의 밀도를 변화시킬 수 있고, 소결온도보다 재가압을 하는 것이 밀도 향상에 효과적이다.

(2) Ag-10wt%Te합금을 진공 고주파 용해하면 Ag와 Ag_2Te 로 존재하고, 단체 Te는 존재하지 않는다. Ag_2Te 금속간화합물은 원자비가 2:1로 화학양론비를 나타내고 있다.

(3) Co skeleton에 Ag-10wt%Te합금의 용침성은 우수하고, 용침된 재료는 Co를 matrix로 하고, Ag 및 Ag_2Te 의 3상이 존재한다.



Fig. 2 SEM micrograph of Co skeleton sintered at 900°C, 2hr, H₂ atmosphere

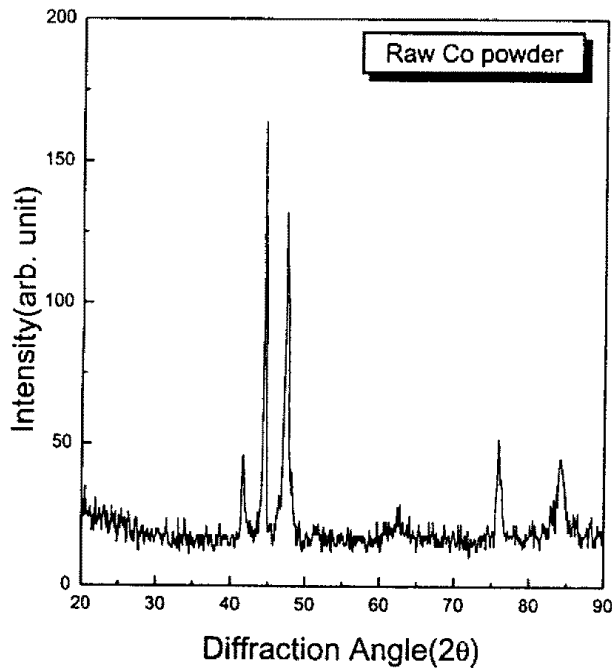


Fig. 3 XRD pattern of Co skeleton



Fig. 5 Micrograph of Ag-Te alloy

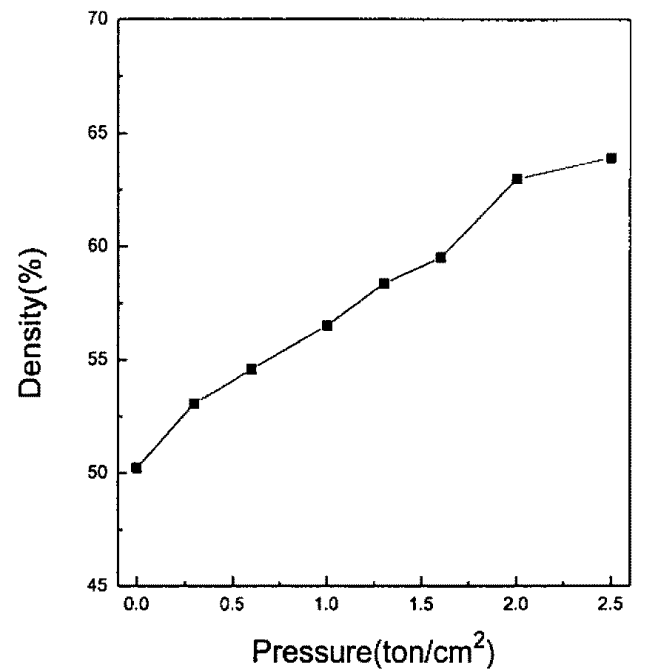
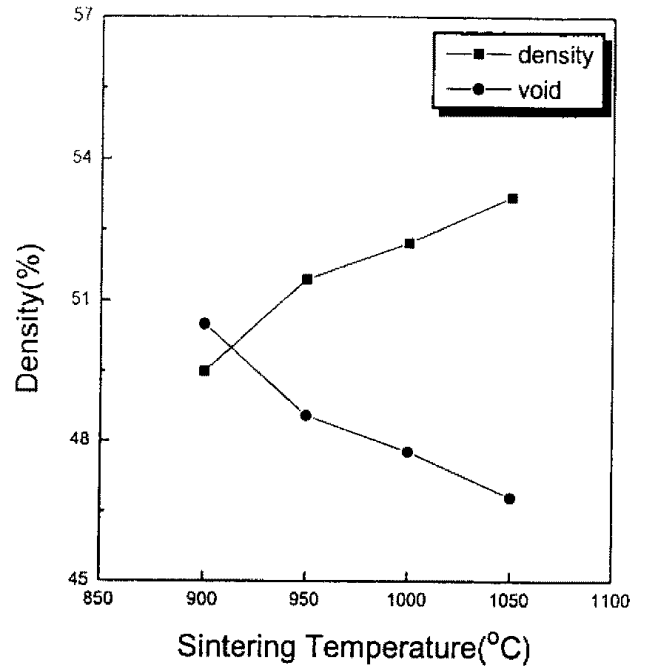


Fig. 4 Change of density with sintering temperature and repressing pressure

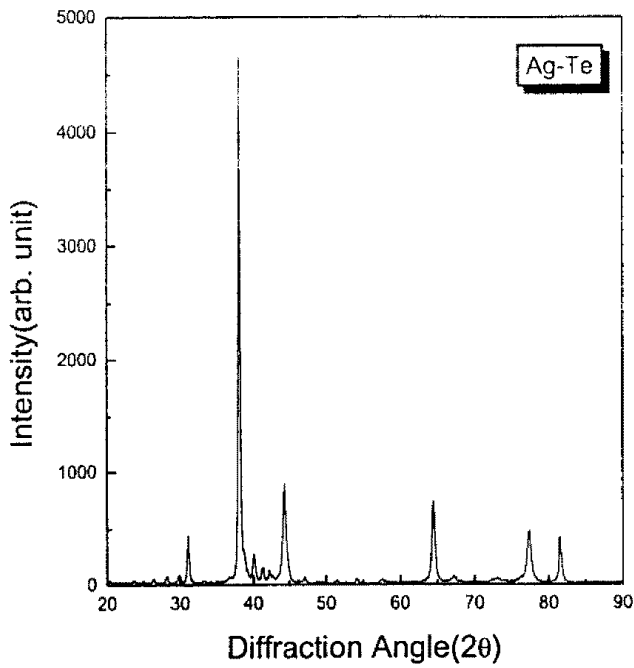
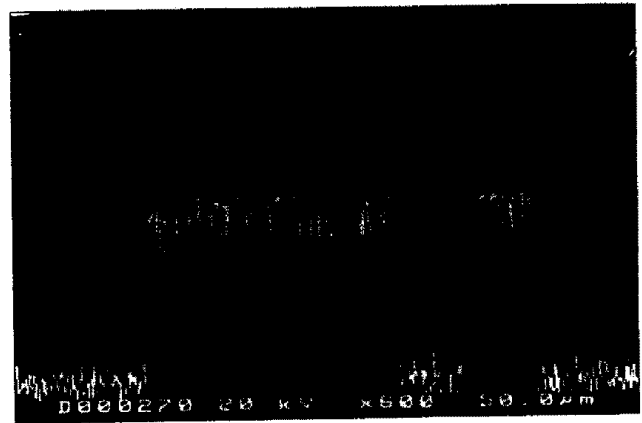
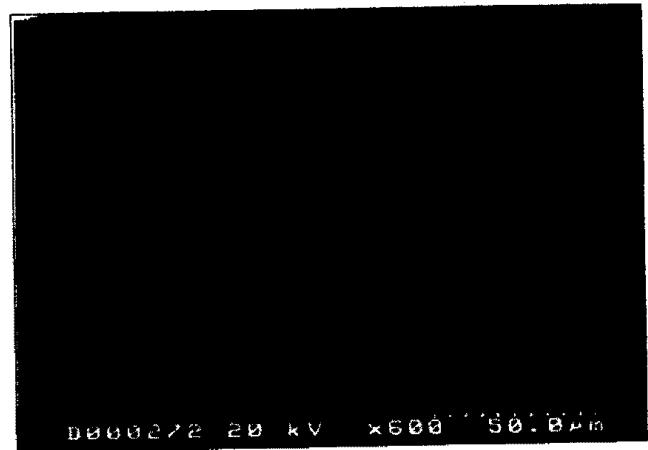


Fig. 6 XRD pattern of Ag-Te alloy



(a)



(b)

Fig. 8 Microanalysis of Co-(Ag-Te) alloy(1.0ton/cm²)
(a) Line Profile (b) Dot Map

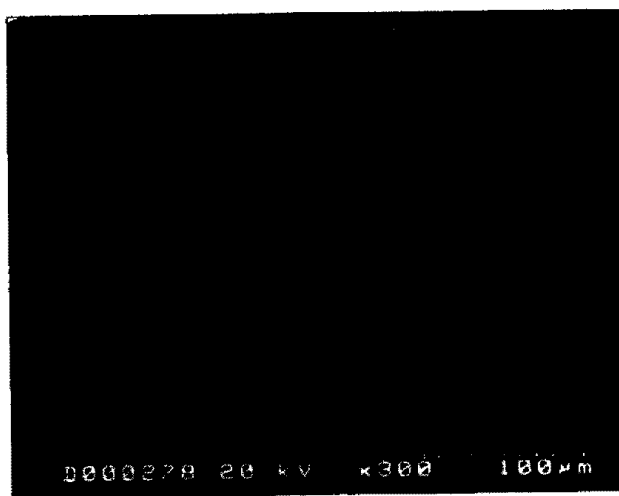
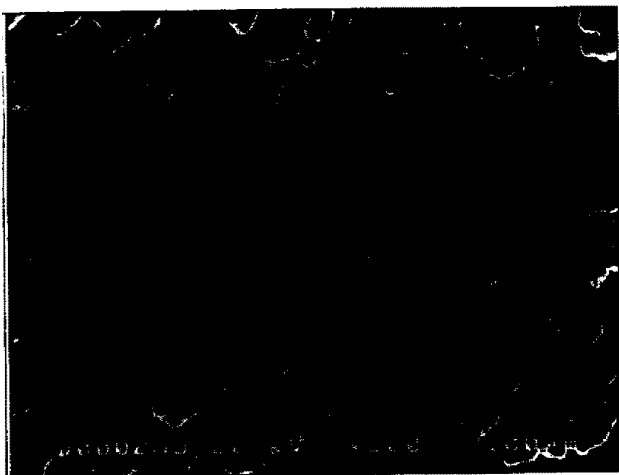
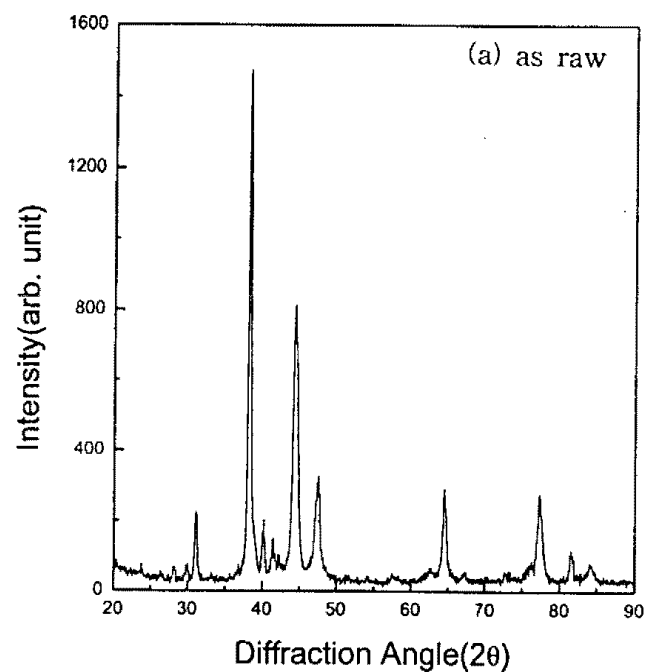


Fig. 7 SEM micrographs of Co-(Ag-Te)
(a) as raw (b) 1.6ton/cm²



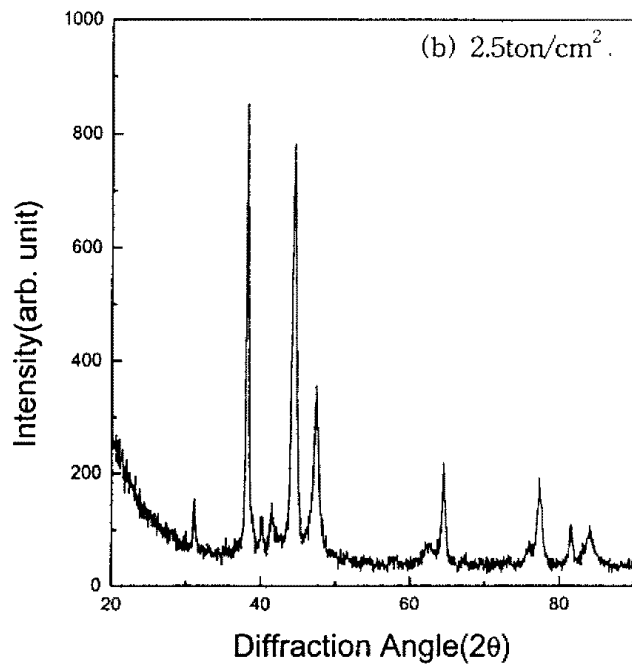


Fig. 9 XRD patterns of Co-(Ag-Te)