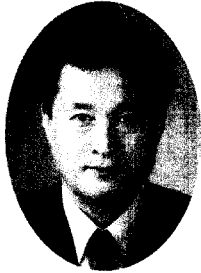


일본에서의 ZnO소자의 개발과 사용분야



김익모

현대중공업 마복리연구소
전력전자연구실 책임연구원

1. 서 언

본인은 전기재료를 전공하는 사람이 아니다. 그러나 피뢰기를 사용하는 입장에서 피뢰기 개발과 그 개발로 인한 파급효과등에 감명을 받은 바 있어 이 글을 쓴다.

우연한 기회에 일본이라는 조직 사회 속에 10여년을 살았다는 것과 그곳에서의 산 한 한국인으로서의 의무로 생각하고, 또한 어려운 IMF 시대를 극복하기 위해 우리나라에서도 ZnO 소자개발과 유사한 발명이 있기를 염원하면서 이 글을 쓴다

이 글을 읽는 독자에게 먼저 양해를 구하고 싶은 것은 이 글은 전문지식을 알려주기 위한 것이 아니고 피뢰기 개발과 사용분야의 광범위 함 그리고 그 개발성과의 경제적인 효과에 관한 것을 가벼운 마음으로 읽어주었으면 한다.

2. 개발역사

산화아연의 비선형 소자(전압-전류특성이 옴의 법칙을 따르지 않는 소자)는 일본에서 1968년 마츠시다 전기에서 마츠오카 그룹이 세계에서 처음으로 개발하였다. ZnO에 Bi₂O₃, CoO, MnO, Sb₂O₃, Cr₂O₃ 등 첨가물을 넣어서 고온으로 소결한 것이 ZnO 소자였다. 전압전류특성이 비선형 특성과 써지흡수 성능을 가지고 있다. 처음에는 TV의 써지 흡수 소자로서 사용하였다고 한다. 이런 특성을 활용하여 현재, 각종의 전자기기, 전력시설에 써지 흡수나 전압안정화의 목적으로 널리 사용되고 있다.

ZnO 소자가 일본에서 개발된 후 그의 기초연구 및 응용연구와 더불어 실용화되어 각 방면에 적극적으로 응용되어 왔으며, 그 간에 산업계에 준 충격은 굉장한 것이 었으므로, 근래에 보기 드문 성공을 거둔 개발성과로 평가 받고 있다.

ZnO 비선형 소자 개발, 실용화의 제일의 의의는 싼 재료이면서, 많은 양이 존재하는 ZnO을 대상으로 세라믹 고유의 특징인 입계 현상을 적극적으로 활용하는데 성공하여 "세라믹이라도 가능하다"에서 "세라믹이기 때문에 가능하다"는 것으로 발전시킨 것이다.

기초연구에서부터 응용 연구에 대하여 많은 연구자, 기술자의 관심을 불러일으켜 1985년까지 세계의 학회 학술 잡지에 대하여 약 760건의 연구발표, 논문투고가 되었으며, 그 후에도 활발한 연구활동이 진행되었다.

(1) 기초연구

ZnO 비선형소자의 기초연구는 도전기구, 미세구조 및 생성반응 기구에 대한 것으로 크게 나눌수 있다.

(a) 도전기구

ZnO 바리스타의 비선형성에 대하여는 현상발견 당시에서부터 연구자의 흥미를 불러 일으켜서 여러 종류의 도전기구 모델이 제창되었다.

1971년에 최초의 모델로서는, 깊은 트랩을 갖고있는 입계층에 있어서 공간전하제한전류(SCLC) 기구가 제안되었다. 이 모델은 비선형성의 크기나 첨가물 효과는 잘 설명되었지만, 전압-전류특성의 온도 의존성을 정량적으로 설명하는 데는 난점이 있었다. 1975년에 이상의 난점을 해결할 수 있는 모델로서 터널기구에 의한 모델이 제안되었다. 또한 그 후 더욱더 연구가 진전되어 입계층을 2개의 쇼트키 형성벽이 둘러싸고 있는 모델이 제안되어 ZnO 비선형소자에 보여지는 특이한 펄스 응답성이나 열화현상을 설명하는 일이 가능해졌다. 완전히 해명되었다고는 말할 수 없으며, 그 이후에도 보다 정밀한 논의가 전개되어졌다.

(b) 미세구조와 생성 반응기구

ZnO 비선형소자의 미세구조와 생성반응 기구에 관하여서도 많은 연구 발표가 있었다.

1969년에 ZnO-Bi₂O₃계의 소결체의 비선형성이 입계의 Bi₂O₃ 편질층에 기인하는 것이 해명되었고 1978년에는 복합첨가물에 관하여는 결정상태와 미세구조가 해명되

었다.

한편, 소결체의 생성반응기구의 연구도 동시에 진행되어, Bi_2O_3 , CoO , MnO , Sb_2O_3 , Cr_2O_3 을 포함한 복잡한 계에서 생성반응 프로세스도 해명되게 되었다. 그 결과에 의하면 ZnO 와 첨가물 또는 첨가물 서로 상호간에 일단 중간생성물인 바이로그로아상과 준안정적인 스퍼널상을 형성하여 고온에서 Bi_2O_3 주성분상과 안정된 스퍼널상으로 변화한다는 기구이다.

(2) 응용기구

ZnO 비선형소자는 이미 말한 대로 써지흡수나 전압안정화에 아주 적합한 특성을 갖고 있다. 그리하여 그 적용분야는 저압에서 고압, 저에너지에서 고에너지로 넓은 범위에 걸쳐있다. 이처럼 여러 분야에 이르는 ZnO 비선형소자의 응용개발은 항상 시장의 니즈에 부응하면서 착실히 진행되어 왔으며 그 경과를 그림 1에 나타낸다.

1968년에 TV 수상기의 수직편향회로의 보호에 이용되어진 100~400V의 바리스타가 실용화되었고, 그 기술은 저압용, 고압용으로 확대되었으며, 그 후 써지흡수 성능의 개량으로 1972년에는 일반회로의 써지흡수를 목적으로 써지업서버가 개발되었다. 이 기술도 그 경우와 같이 저압용, 고압용으로 적용범위가 넓어졌으며, 그 후 새 니즈에 대응하여 개발이 진행되어 1976년대에 피뢰기용소자, 고에너지용 써지업서버, 자동차용 써지업서버 등이 계속하여 실용화되었다.

(3) 업계에 준 충격

(i) 써버흡수기 업계의 변혁

ZnO 비선형소자의 개발실용화는 종래의 써지흡수기 업계에 일대 변혁을 가져왔다고 말할 수 있다.

이전까지는 써지흡수기라고 말하면 SiC 또는 Se 바리스타, Si 제나다이오드, 갭이 있는 피로기

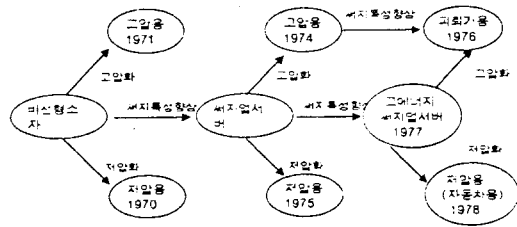


그림 1. ZnO 비선형 소자의 개발 경위

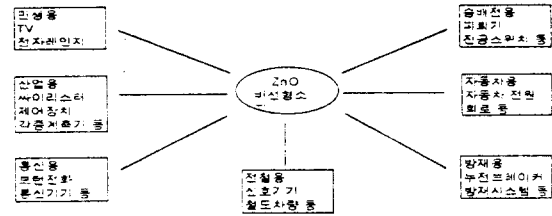


그림 2. ZnO 비선형 소자의 응용 분야

등이 있었지만, 이것들 소자는 어 느 것들 도 누설전류, 제한전압, 써지전류내량 등 방전응답의 면에서 문제점이 있었다. 그것에 대하여 ZnO 비선형소자는 이런 문제점을 한번에 모두 해결하는 것으로서 전자기기의 반도체화의 시류에 편승하여, 비약적으로 그 수요를 확대해 오고 있다. 그 결과로서 지금은 써지흡수기라고 하면 먼저 ZnO 비선형소자를 들 수 있을 정도로 업계에서의 지위는 확고부동한 것이다. 한편 적용 기술면에서도 ZnO 비선형소자의 출현후 다방면에서 써지대책 실적을 쌓아가면서, 기술축적이 진전되어, 써지흡수기로서 기반을 일층 견고하게 하고 있다.

(ii) 전자기기의 반도체화에 공헌 전자기기의 반도체화는 기기의 소형경량화, 다기능화, 고신뢰화를 목적으로 가전기기, 통신기기, 산업기기 분야 등 다방면에 있어서 비약적으로 진행되어 오고 있다. 그러나 이런 반도체소자는 써지전압에 민감하면서 약하기 때문에

오동작이나 파괴되는 일이 적지 않게 일어나고 있다. 그렇기 때문에 전자기기에는 반도체 보호에 적합한 써지흡수기 적용이 불가피한 것이다. 다른 말로 하면 충분한 써지대책 없이는 전자기기의 반도체화는 불가능 하다고도 말할 수 있다. 이렇게 전자기기의 반도체화의 흐름에 맞고 방전응답이 빠르며, 제한전압을 낮게 억제할 수 있고 동시에 큰 써지전류내량을 겸하여 갖고있는 ZnO 비선형소자는 최적의 써지흡수기로 생각하는 것이 가능하다.

ZnO 비선형소자의 개발실용화는 이상의 관점에서 전자기기의 반도체화에 크게 공헌하였으며, 그의 적용분야는 연쇄적으로 넓어지고, 지금의 ZnO 비선형소자는 그림 2에 나타내는 것처럼 발전소에서 일반가정까지 전단계, 전분야에 응용이 되어지고 있다. 그래서 이러한 분야에서 ZnO 비선형소자는 전자기기의 반도체화의 촉진에 기여함과 동시에 신뢰성 향상, 수리비용의 저감, 설계의 코스

트다운에도 크게 기여하고 있다.

(iii) 전력용 피뢰기의 갭리스화
ZnO 비선형소자는 고전압화가 되어 가면서 써지전류내량이 향상되어, ZnO 비선형소자가 전력용 피뢰기로서 사용되게 되어 오랫동안 현안문제였던 피뢰기 갭을 없애는 일이 가능하게 되었다.

ZnO 비선형소자를 사용하는 갭이 없는 피뢰기는 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

- (a) 방전시간 지연이 없으므로 보호성능이 향상
- (b) 써지처리능력이 크다.
- (c) 내오손특성 향상
- (d) 소형경량이기 때문에 애자용 피뢰기에 대하여 내진성이 향상되어 설치가 간단
- (e) 가스절연개폐장치용 피뢰기로는 설치면적이 축소

이상의 이유로 인하여 ZnO형 피뢰기는 발·변전소 뿐만 아니라 송배전계통에도 널리 채용되어 사용되고 있다. 1975년에는 신설의

약 1%가 ZnO형 피뢰기였던 것이 1981년에 80%로 성장하고 1984년부터는 100%에 가까운 율로 ZnO형 피뢰기를 전력계통에 사용되게 되었다. 이런 경향은 미국, 일본의 유력한 피뢰기 메이커가 각각 ZnO 비선형소자 기술을 도입하여, 피뢰기에의 적용을 적극적으로 추진하였기 때문이며, 일본에서는 UHV급의 1000KV용 피뢰기로 개발되어 설치되었다.

4. 결 언

이상 ZnO 비선형소자의 개발경위와 일본에서 사용상황, 각 분야에 미친 영향과 충격에 대하여 설명하였다. 개발당시부터 개발담당자들이 의도적으로 ZnO라는 소재를 선택하여 수 만번의 제작시험을 통하여 찾아낸 것이 ZnO 비선형소자이다.

개발 담당자들은 이런 말을 남겼다고 한다. “발명이라는 것은 평범한 사람이 모여서, 극히 소박

하게 발상하여, 그리고 방대한 양의 실험을 질리지 않고 해가면 탄생한다. 수재, 천재만 발명을 한다는 것은 게으른 사람의 발상에 지나지 않는다.”

이 작은 ZnO 비선형소자가 일본에서 발명되어 일본의 전자, 전기산업에 준 충격은 아주 컸으며, 경제적으로 오늘의 일본의 부를 형성하는 한 기둥의 역할을 차지하였다는 것은 틀림없는 사실이다.

참 고 문 헌

1. M.Matsuoka : Jpn. J. Appl. Phys., 10, 1971.
2. L. M. Levinson and H. R. Philipp : J. Appl. Phys., 46, P. 1332, 1975
3. K. Eda : IEEE REVIEW, 1989

< 조한구 박사 >