



압전 트랜스퍼머 기술 동향 및 전망

글 _ 이형규, 강형원 || 전자부품연구원 전자소재패키징연구센터
hklee@keti.re.kr

1. 서론

TV, 핸드폰, PDA, PC, 의료진단장치 등에 필수적으로 디스플레이 장치가 사용된다. 여기에는 브라운관, LCD, PDP, FED방식 등의 디스플레이가 있으며 본 고에서는 LCD에 관련하여 소개하고자 한다. LCD는 핸드폰, PDA, 노트북 PC, 데스크탑 LCD 모니터, LCD TV, 실내 광고용 디스플레이 등에 사용되고 있다. LCD는 자체 발광이 되지 않기 때문에 LCD Panel 배면에 back light CCFL(Cold Cathod Fluorescent Lamp, 냉음극형광등)을 사용하고 있는데, 이를 구동하기 위해서는 고전압 발생장치가 필수적으로 사용된다. 보통 CCFL은 점등시 1500볼트의 고전압이, 동작시 750볼트의 전압이 유지되어야 한다. 노트북은 휴대전원이 8-12볼트의 전원이므로 점등시 100배 정도의 승압전압이 필요하게 된다. 고전압 발생 방식으로는 종래에는 권선형 코일을 사용하였는데, 이는 동작시 높은 발열로 인한 회로부의 연소가능성을

내포하고 있을 뿐 만 아니라 코일 주변에 유도되는 전기장에 의한 전자 노이즈 등의 문제점을 내포하고 있다. 또한 노트북에서는 소형 부품의 필요성이란 측면에서 권선형 코일은 소형화의 한계점을 갖게 된다. 이러한 단점을 없애기 위해 최근 새로운 방식의 변압기가 개발되었는데 이것이 압전 세라믹스를 이용한 트랜스퍼머(이하 압전 트랜스퍼머)이다. Table 1에 권선형 트랜스퍼머와 압전 트랜스퍼머의 장단점을 비교해 놓았다.

2. 압전 트랜스퍼머

압전 트랜스퍼머는 1950년대 C.A.Rosen 이 그 구조 및 구동방식을 제안한 이래 수십 년간 여러 연구자에 의해 개발이 진행되어 왔으나, 압전세라믹 재료의 특성이 부족하여 실용화되지 못하다가 PZT($Pb(Zr,Ti)O_3$) 세라믹의 조성개발이 뒷받침 되어 가능케 되었으며 실제 제품에 적용된 예는 90년도 후반에 일본의 세라믹스 관련 회사들에 의해 제품이 출시되었다.

Rosen type 트랜스퍼머의 기본개념은 Fig. 1과 같이 진동모드가 $\lambda/2$ 기본모드면적진동으로 입력 쪽은 압전체의 두께방향으로 분극되어 있고 출력 쪽은 길이방향으

Table 1. 코일형 트랜스퍼머와 압전세라믹 트랜스퍼머의 비교

	코일형 트랜스퍼머	압전세라믹 트랜스퍼머
주재료	ferrite core, 동선	piezoelectric ceramics
구조	복 잡	간 단
원리	電磁유도	壓電현상
승압비	권선비, 결합계수 (수십배정도)	형상비 전기기계 결합계수 (수백배)
출력 전력	大	小
출력 파형	입력 파형	정현파
주파수 특성	평탄	공진 주파수
電磁 노이즈	有	無
형상	코아 형상	평판
파괴 형태	燒損	破斷
난연성	가연성	불연성

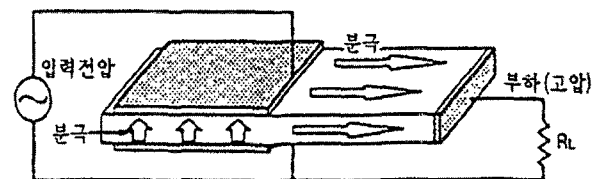


Fig 1. Rosen type 압전 트랜스퍼머 개념도

로 분극되어 있는 형태이다. 이러한 분극구조에서 압전체의 면적진동 공진주파수 부근의 전압을 입력하면 입력부는 전기-기계 변환이 3-1(X-Z) 방향으로, 출력부에서 다시 기계-전기 변환이 3-3(Z-Z) 방향으로 에너지 변환되는 방법으로 승압이 이루어 지게 된다.

$$A_{\infty}^R = \frac{4}{\pi^2} Q_m k_{31} k_{33} \frac{L}{T}$$

A : 승압비
 Qm: 기계적품질계수 K: 전기기계결합계수
 T: 트랜스퍼머 두께 L: 트랜스퍼머 길이

우수한 압전 트랜스퍼머를 갖기 위해서는 재료적인 관점에서 고려해 보면 고전압 하에서 구동시 발열이 작아야 하므로 기계적 품질 계수(Qm, mechanical quality factor)가 높은 재료가 요구되며, 높은 승압비를 얻기 위하여 전기기계 결합계수(k, electro-mechanical coupling constants)가 커야 한다. 또한 변환 효율을 극대화하기 위해서는 전기 및 기계적 손실을 최대한 억제하여야 하며, 장시간 사용하더라도 특성 열화가 작아야하므로 고 신뢰도를 가져야 한다. 따라서 트랜스퍼머로서의 성능을 결정짓는 요소는 Qm, K 등 압전재료의 특성에 좌우되는 부분과 구조에 의해 결정되는 부분으로 나뉘게 된다.

1997년경부터 나무라에서 단판형 압전 트랜스퍼머를 채용한 인버터가 상용화되어 노트북 LCD backlight 구동으로 채용되기 시작하였다. 그러나 압전트랜스퍼머가 단판형으로 승압비가 작아 (7~10배) 압단에 코일트랜스퍼머로 1차 10배정도 승압하고 2차로 단판형 압전트랜스퍼머를 사용하는 2단 승압구조로 되어 완전히 소형화 되지는 못하였다. 트랜스퍼머가 높은 승압비를 갖도록 하기 위해 단판형에서 적층형 압전트랜스의 필요성이 대두하기 시작하였다. Table 2에 단판형과 적층형의 장단점을 비교하여 놓았으며 Fig. 2에 적층 압전트랜스

Table 2. Rosen type transformer의 단판형과 적층형 비교

	단판형	적층형
승압비	~ 10배	40 ~ 200배
제조공정	간단	복잡
제품적용	사용실적 多	사용실적 증가 추세
제조비용	저렴	고가
크기	中	小

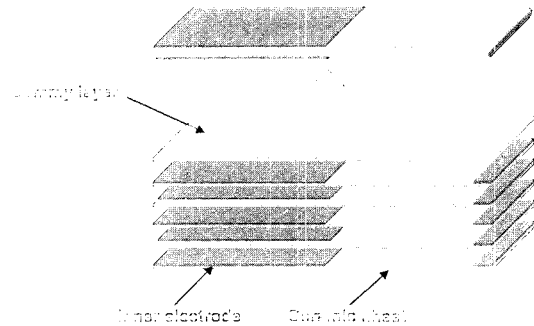


Fig. 2. 적층 압전트랜스퍼머 개념도

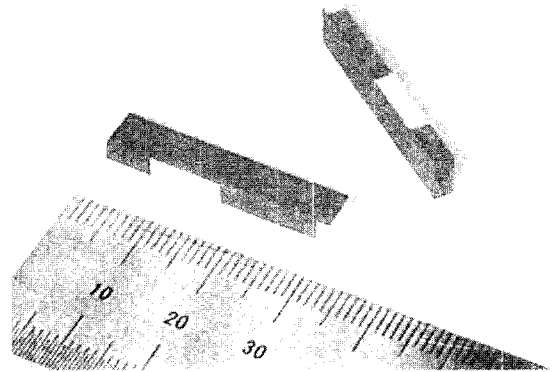


Fig. 3. 적층공정으로 제작된 압전 트랜스퍼머.

퍼머의 개념도를 도시하였으며 Fig. 3은 실제 적층공정으로 제작된 트랜스퍼머이다.

기존 압전체의 경우 적층형 압전트랜스는 세라믹재료의 소결온도가 1100°C~1200°C정도로 높기 때문에 동시 소결을 위해 내부전극을 고온용 Ag-Pd 합금 전극을 사용하게 된다. 그러나 현재 Pd가격은 Ag에 비해 매우 고가이기때문에 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법은 압전세라믹 소재가 1000°C이하에서 소결되는 재료를 개발하는 것이며, 900°C 정도에서 소결하면 내부전극을 값싼 Ag 전극만으로 사용이 가능하고 소결시 환경오염도 없으며 공기 중에서 소결하여도 제품의 안전성이 있어 가격경쟁력과 재현성도 확보할 수 있다. 따라서 적층 압전재료는 순수 Ag 내부 전극과 Co-firing이 가능한 저온 소결용 압전재료의 개발이 이루어야 한다. 제조된 압전 트랜스퍼머는 Fig4에 나타난 바와 같이 트랜스퍼머 입력 측에 power amp.와 signal generator를 연결하여 오실로

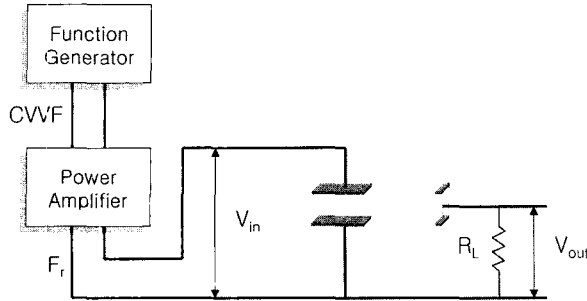


Fig. 4. 적층형 압전트랜스 평가 모식도

스코프상에서 승압비를 측정할 수 있다.

3. 압전 트랜스퍼머 종류

압전 트랜스퍼머의 성능은 앞에서 언급한 바와 같이 재료와 구조에서 결정지어 진다. 구조 설계는 사용하고 자 하는 용도에 맞게 출력에 적당한 적층 세라믹 볼륨을 결정하고 승압비에 맞는 적층수를 고려한다. 적층수가 많으면 승압비가 증가하지만 입력 용량값이 불필요하게 커질 수 있고 내전압에는 약하게 된다.

한편 로젠형 압전 트랜스퍼머도 진동모드에 따라 여러 가지가 있으며 인버터 설계에 따라 승압비, 크기, 지지방식의 장단점을 고려하여 선택조절 할 수 있다. Table 3에 각 구조와 특징을 나타내었다.

압전 트랜스도 실제 동작시 진동을 하게 되므로 부위 별로 변위와 응력의 분포가 있게 되고 응력이 집중되는 곳에서 재료의 파괴강도 이상의 응력이 가해지면 파괴가

Table 3. 로젠형 압전 트랜스퍼머의 구조와 특징

형	진동 모드	구동 방식	특징	주요 생산업체
일차 로젠	$\lambda/2$	편측 구동 중앙 구동	- 가장 짧은 현상 - 대칭 구동 - 1 진동절 - 소형화에 적합	- 村田 제작소 - 日立 금속 - 大真空
이차 로젠	λ	편측 구동	- 표준 Type - 2 진동절	- 다무라 제작소 - 大真空 - 송하 전기 - 메가세라(후지세라)
삼차 로젠	$3\lambda/2$	양측 구동 分極 反轉	- 긴 현상 - 구동방식이 다양 - 3 진동절(지지가 용이함)	- Tokin - NEC - 三井화학

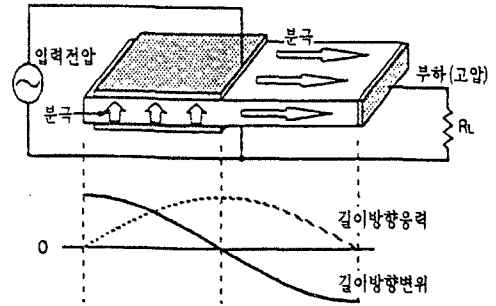


Fig. 5. $\lambda/2$ 모드 로젠형 압전트랜스

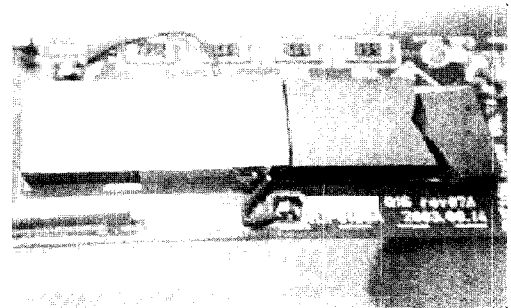


Fig. 6. $\lambda/2$ 모드의 정격전압 이상에서 파괴현상.

일어난다. 코일형 트랜스퍼머는 과부하시 화재의 염려가 있지만 압전 트랜스퍼머는 과부하시 응력이 집중되는 곳에서 파괴가 일어나기 때문에 단락의 위험은 있으나 화재의 염려는 없다. 그러나 파괴가 일어나지 않도록 재료의 설계 및 구조를 고려하여야 한다. Fig. 5는 $\lambda/2$ 모드의 압전 트랜스퍼머에서 응력과 변위 분포를 나타낸 것으로 가운데 부분이 가장 큰 응력이 집중되기 때문에 정격전압 이상의 전압이 인가되면 파괴시 가운데 부분에서 파괴가 일어난다.

Fig. 6은 정격전압 이상에서 파괴현상의 예를 보여주

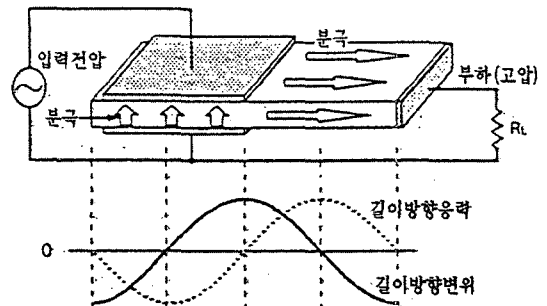


Fig. 7. λ 모드 로젠형 압전트랜스

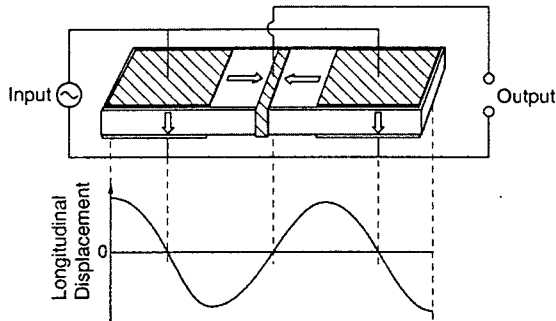


Fig. 8. $3\lambda/2$ 모드 로젠형 압전트랜스의 이중 복합형.

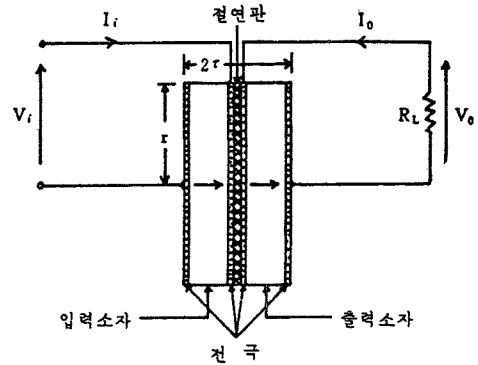


Fig. 9. 단판 접착형 압전트랜스퍼머.

Table 4. 제조사별 단판, 적층형 제품 현황(일본)

업체	Transformer		Inverter	모드
	단판형	적층형		
Panasonic	X	O	X	$\lambda/2$
NEC/Tokin	X	O	O	$\lambda/2, 3\lambda/2$
다무라	O	X	O	λ
히다치	X	O	O	$\lambda/2$ (중앙구동방식)
무라타	X	O	O	$\lambda/2$

고 있다.

Fig. 7, 8은 각기 λ 모드, $3\lambda/2$ 모드의 변위 및 응력분포를 보여주고 있다. λ 모드의 압전 트랜스에서는 $1/4$ 또는 $3/4$ 지점에서 파괴가 일어날 확률이 크고, $3\lambda/2$ 모드의 압전 트랜스에서는 $1/3$ 또는 $2/3$ 지점에서 파괴가 일어날 확률이 크다.

Table 4에 일본 업체별 압전트랜스퍼머의 단판형과 적층형의 제품을 예시하였다. 단판형 압전트랜스퍼머는 다무라에서만 시판되고 초기에 시장선점이 되어 현재도 시장 점유율은 50% 정도를 유지하고 있으나 점차 적층형으로 확대되어 가는 추세이다.

Rosen 형 압전트랜스퍼머는 주로 저전류, 고전압의 승압에 유리한 구조로 설계되어 있으며 그 이외에 DC-DC converter, Ballast용, Adator용의 트랜스퍼머는 저전압 고출력, 안정적 전원공급, 전압강하용 등 그 사용 용도에 따라 적절한 구조로 설계되어 진다.

예를 들면 소형 경량화, 안정적인 전압 공급이 필요한 DC-DC converter 용은 Fig. 9에 도시된 바와 같이 단판 접합형으로 설계된 것이 유리하다. 또한 두께 증진동을 이용하기 때문에 압전소재도 기존 PZT 계열보다 PT(PbTiO₃)계가 경방향으로의 불요진동이 적고, 두께방

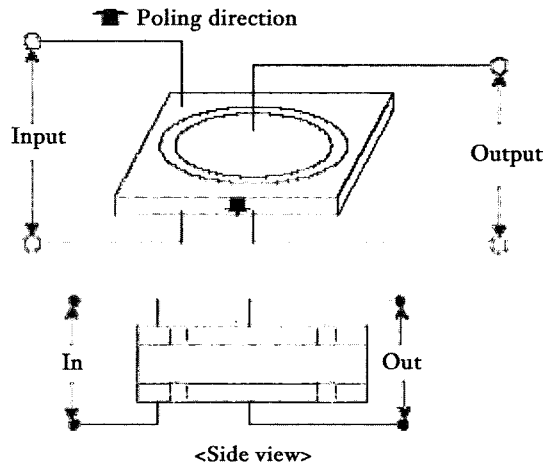


Fig. 10. Ring-Dot형 압전 트랜스퍼머.

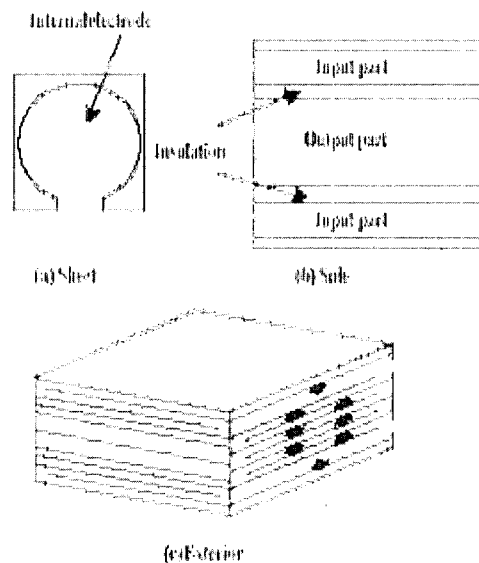


Fig. 11. 전압 강하용 압전 트랜스퍼머.

향 압전계수가 크기 때문에 유리하다. 한편 시동시 높은 방전 전압이 요구되고 점등시 일정 전류 유지가 필요한 Ballast-용은 Fig. 10에 예시된 경방향 진동의 Ring-Dot형 압전 트랜스퍼머로 저전압 고전류에 유리하다.

AC-DC Adaptor-용은 전압 강하용으로 작은 크기, 고전력과 낮은 출력 임피던스(출력 정전용량이 커야함)가 필요한 것으로 적층형으로 rosen형과 반대로 입력이 단판형 출력이 적층형인 트랜스가 유리하며 Fig. 11에 예시하였다.

4. 결 언

노트북 PC의 수요증가와 더불어 노트북의 고품위 고기능화가 진전되고 있어 적층형 압전 트랜스퍼머의 채용이 늘어날 전망이다. 일본, 대만, 중국 등에서도 개발 및 생산에 노력을 하고 있으나 국내의 노트북업체는 현재까지 LCD backlight용 inverter에 기존 코일트랜스퍼머를 사용한 인버터를 채용하고 있는 실정이다. 국내는 아직까지 일본 노트북업체에서 채용하고 있는 압전 트랜스퍼머의 신뢰성 등을 지켜보고 있는 실정이다. 또한 LCD TV가 본격화 되면서 많은 발열문제 등이 예상되는바 압전 인버터의 채용은 필요 불가결한 부품이 될 것으로 전

망된다.

압전 적층 트랜스퍼머용 세라믹재료는 기존의 특성을 만족하면서 저온소결되는 재료의 개발과 Q, K 값이 우수한 재료조성을 찾는 연구가 필요하다.

또한 유럽, 일본 등에서 납규제 제한과 연관되어 PZT 사용의 규제에 대해 일단 유예된 상태이나 궁극적으로 Pb free 재료의 조성개발이 이루어 져야 하나 아직까지 기존 특성과 유사한 특성을 내는 재료가 미개발되어 이분야의 연구도 많이 이루어 져야 할 것 같다.

한편 LCD backlight 용 inverter 이외에 채용되는 또 다른 응용제품으로 어댑터 및 일반 형광등용 ballast 등이 있다. 현재 노트북용 어댑터는 비교적 큰 사이즈를 갖고 있으며 발열 문제도 있어 여기에 압전 트랜스퍼머를 채용한 어댑터를 개발하고 있으며 backlight 용 인버터와는 반대로 감압형이며 고출력(80watt 이상) 트랜스퍼머가 필요하게 된다. 이러한 응용에 개발방향은 로젠형의 입력력을 반대로 해서 감압형 인버터를 개발하는 방향과 로젠형이 아닌 단판 접합형이 가능성을 보이고 있다. 비록 국내의 압전 트랜스퍼머 분야도 시작은 늦었지만 압전 트랜스퍼머 분야의 다양한 응용분야를 찾아내고 개발하여 이 분야의 부품도 수입에 의존하는 현상이 답습되지 않기를 바란다.

● 이 형 규



- 1980년-1984년 연세대학교 세라믹공학 학사
- 1984년-1986년 한국과학기술원 재료공학 석사
- 1986년-1989년 한국과학기술원 재료공학 박사
- 1989년-1992년 삼성반도체 선임연구원
- 1992년-현재 전자부품연구원 수석연구원

● 강 형 원



- 1993년-1997년 연세대학교 전기공학 학사
- 1997년-1999년 연세대학교 전기공학 석사
- 1997년-1999년 한국과학기술연구원 학생연구원
- 1999년-2002년 삼화콘덴서공업(주) 연구원
- 2002년-2004년 대우일렉트로닉스 주임연구원
- 2004년- 현재 전자부품연구원 연구원