

# Long Gap Hump 전극구조를 가진 ac PDP에서의 Xe-Ne 가스의 방전 특성 연구

論 文

58-1-24

## A Study of Discharge Characteristics in Xe-Ne Gas Mixture for ac PDP with Long Gap Hump Electrode

許宗喆\* · 玉政于\*\* · 李敦揆\*\*\* · 李海準§ · 李呖駿§§ · 朴正后†

(Jong-Cheol Heo · Jung-Woo Ok · Don-Kyu Lee · Hae-June Lee · Ho-Jun Lee · Chung-Hoo Park)

**Abstract** - To increase the luminance and luminous efficacy in the discharge for alternating current plasma display panel (ac PDP), the increment of Xe contents and long discharge gap are necessary. However, the driving voltage and the cost of driving circuit increases in the high Xe contents and long discharge path condition. In this paper, a long gap ITO hump electrode (LGH) model for discharge cells of ac PDP is evaluated in the various Xe contents(5~20%). The discharge voltage of LGH structure is lower about 30V than that of ITO reference structure with same main discharge gap. The LGH structure has lower power consumption and higher luminance than those of reference structure, respectively. Also, the luminous efficacy of LGH structure is higher about 20% than that of ITO reference structure in the 20% Xe contents.

**Key Words** : PDP, Gas discharge, Firing voltage, Long discharge gap, Gas, Luminous efficacy

### 1. 서 론

2010년을 전후로하여 전세계적으로 아날로그 방송의 종료와 함께 방송의 완전한 디지털 방송으로의 전환이 이루어질 예정이다. 이에 지상파 방송 및 케이블 방송의 디지털 방송에 적합한 대형 평판 디스플레이에 관한 관심과 수요가 크게 증가하고 있다. 기존의 음극선관(CRT) TV로 디지털 방송의 고화질, 고선명 영상을 감상하기 힘들므로 CRT를 대체할 LCD, PDP, OLED, DLP 등과 같은 새로운 방식의 디스플레이 장치가 등장하게 되었다.

Plasma Display Panel (PDP)은 선명하고 대형 화면으로의 제작이 용이하여 디스플레이 시장에서 주목을 받고 있다 [1]. 하지만 타 디스플레이에 비하여 휘도 및 효율면에서 아직 개선할점이 많아 이를 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다[2-3]. PDP의 휘도와 효율에 영향을 미치는 요소중 하나가 주 방전전극간격이다. 방전전극간격이 길면 두 전극간 전계세기가 약해져 전자가 여기종을 만드는데 에너지를 소비하므로 휘도와 효율이 상승하게 된다[4-6]. 현재 PDP에 채택되고 있는 동작가스는 낮은 기압에서 진공자외선을 많이 방출하는 Xe Gas이다. Xe 가스를 많이 사용할수록 AC-PDP의 휘도와 효율은 상승한다. 하지만 방전전극간격

이 길어지거나 Xe 함유량이 늘어나면 구동전압이 상승하기 때문에 PDP 구동회로의 cost가 증가한다. 이는 다른 디스플레이와의 비교시 가격 경쟁력 저하를 가져 오기 때문에 높은 Xe 함유량에서 낮은 구동전압, 고휘도, 고효율을 만족하는 새로운 전극 구조를 개발할 필요가 있다[7-8].

본 연구에서는 ITO 전극 간격이 긴 160um인 long electrode gap을 가진 구조를 reference 구조로 정하고, reference 구조의 전극사이에 돌기(hump)를 형성하였을 때의 구조를 long gap hump (LGH) 제안하여 4인치 테스트 패널을 제작하여 실험하였다. Xe 함유량을 변화시키면서(5~20%) 동작전압, 전력소모, 휘도, 효율등과 같은 전기광학적 특성 측정을 통해 reference 구조와 제안된 LGH 구조의 전기광학적 특성을 비교하였다.

### 2. 실험 방법

그림 1은 현재 상용화되고 있는 3전극 ac PDP의 방전 셀 구조를 나타내고 있다. PDP패널은 상, 하판 두 장의 유리 기판으로 구성되어 있으며, 상판에는 ITO(Indium Tin Oxide)로 이루어진 방전 유지 전극이 있고, 그 위에 printing 기법과 photolithography 기법을 사용하여 bus전극과 유전층을 형성하였다. 유전층 위에는 방전시 이온 충격으로부터 유전체를 보호하기 위한 MgO 보호층이 E-beam 증착법에 의해 5000Å 이상의 두께로 증착 되어있다. 하판은 방전을 제어하기 위한 Address 전극이 printing 공정을 통해 형성 되어있으며, 전극을 보호하기 위한 유전층인 W/B이 printing 방법을 이용하여 형성되어 있다. 그 위에는 인접 cell 과의 구분을 위해 격벽이 형성되어 있으며, 이 격벽들 사이에 표면 방전에서 발생하는 진공 자외선을 가시광으로 변화하는 R, G, B 삼원색 형광체가 도포되어 있다[9].

\* 正 會 員 : 韓國電氣研究院 高電壓評價室 責任技術員

\*\* 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 博士課程

\*\*\* 正 會 員 : 東義大 專任講師 · 工博

§ 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 理博

§§ 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

† 교신저자, 正會員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

E-mail : parkch@pusan.ac.kr

接受日字 : 2008年 10月 18日

最終完了 : 2008年 11月 4日

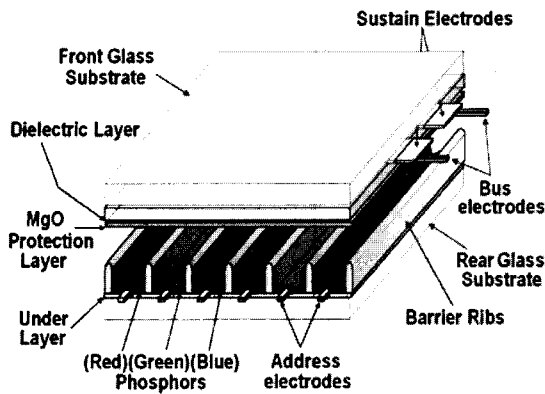


그림 1 AC PDP의 개략도  
Fig. 1 Schematic diagram of AC PDP

그림 2는 이번 연구에서 사용된 test panel내 직사각형 모양의 격벽내부(1개 방전셀)의 전극간격이 160um인 reference 전극구조(이후 Ref 구조로 호칭)와 Ref 구조와 동일한 전극간격에서 돌기가 있는 구조(이후 LGH 구조로 호칭)를 나타낸다. 표 1은 실험에서 사용된 42인치 XGA 해상도를 가진 4인치 테스트 패널의 사양을 보여주고 있다. 테스트 패널의 격벽은 폐쇄형을 사용하였으며 측정시 오차를 줄이기 위하여 Ref 구조와 LGH 구조는 한 패널에 제작하였다.

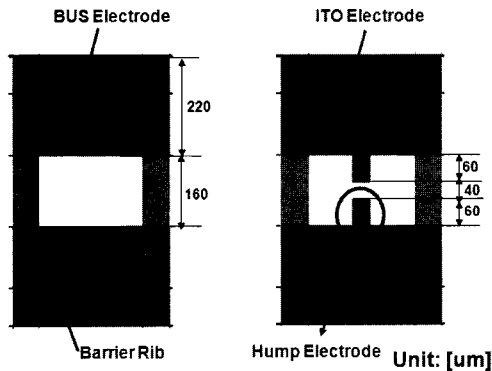


그림 2 Reference (Ref) 구조와 Long Gap Hump (LGH) 구조의 개략적인 모습  
Fig. 2 The schematic diagram of Reference (Ref) structure and long gap hump (LGH) structure

그림 3은 Xe 함유량에 따른 테스트 패널의 전기광학적 특성을 측정하기 위한 실험장치의 개략적인 구성을 나타낸다. 본 실험장치는 최대 4종류의 가스를 혼합할 수 있도록 4개의 control 밸브가 설치되어 있으며, 고진공을 유지할 수 있는 터보펌프가 설치되어 있다. 각 가스는 가스 혼합기에서 수십분간 가스혼합이 이루어지며, connection part의 valve로 패널에 들어가는 가스량을 조절한다. 본 연구에서는 Xe 함유량을 5%, 10%, 15%, 20% 으로 조절해가며 Xe+Ne 이원가스로 실험하였고 이때 전체 가스압력은 400 Torr로 고정하였다.

표 1 4인치 테스트 패널의 사양

Table 1 Specification of 4-inch test panel

Working gas: Ne + Xe(5%, 10%, 15%, 20%) 400Torr			
Front glass		Rear glass	
Width of bus electrode	70μm	Width of address electrode	100μm
Thickness of dielectric layer	30μm	Thickness of white back	20μm
Electrode gap	200μm	Height of barrier rib	130μm
Width of MgO layer	5000Å	Height of phosphor	15μm

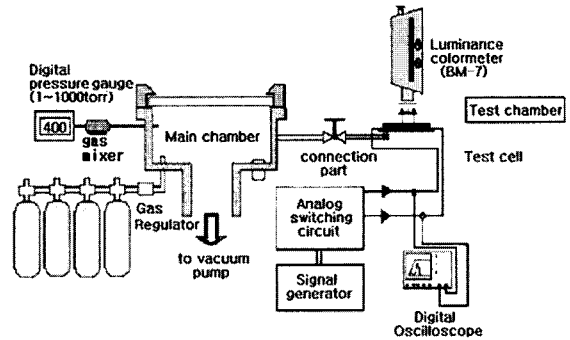


그림 3 Xe+Ne 동작가스를 필요한 조건으로 주입할 수 있는 실험장비  
Fig. 3 The experiment equipment for gas mixture

휘도는 MINOLTA社 CS-1000d 휘도계로 측정하였으며, 오실로스코프(LeCroy LT224)로 전압 및 방전전류를 측정하였다. 광효율  $\eta$  [ $lm/W$ ] 는 소비전력  $P$  [ $W$ ], 휘도  $B$  [ $cd/m^2$ ] 및 PDP 발광면적  $S$  [ $m^2$ ]을 측정하여 다음의 식 (1)을 이용하여 계산하였다[10].

$$\eta = \frac{\pi \times B \times S}{P} \quad [lm/W] \quad (1)$$

그림 4는 일반적인 PDP패널의 정 마진 특성을 나타낸다. 정마진 특성은 writing pulse 및 erasing pulse를 가하지 않은 상태에서 두 방전전극 사이에 유지전압을 점차 증가 혹은 감소할 경우의 점화 혹은 소거 특성을 나타낸다. 방전개시전압  $V_f$ 는 패널의 cell이 모두 OFF 된 상태에서 1개의 cell 이 켜질 때의 전압을 나타내고 방전유지 전압  $V_s$ 는 패널의 cell 이 모두 ON된 상태에서 1개의 cell 이 꺼질 때의 전압을 나타낸다.  $V_{mean}$ 은  $V_f$ 와  $V_s$ 의 중간값을 나타낸다. 본 논문에서는 Voltage margin 내에서 방전전압, 전류, 전력소모, 휘도, 효율 과 같은 전기광학적 특성을 조사하기 위하여 펄스폭은 100μs, Duty ratio 25%인 구형파 펄스를 사용하였다.

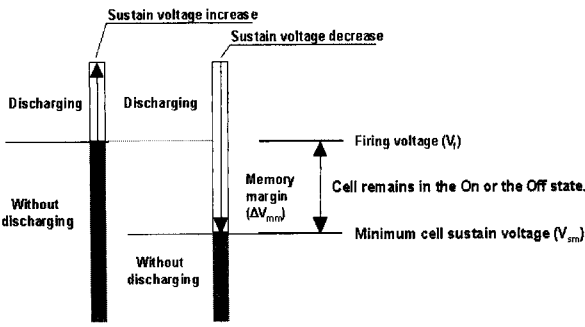


그림 4 PDP 패널 내 cell의 정마진 특성  
Fig. 4 Static characteristics of cells in a PDP

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 방전전압 특성

그림 5는 Xe 함유량에 따른 Ref 구조와 LGH 구조의 방전전압을 나타낸다. 표 2는 LGH 구조와 Ref 구조의 Xe 함유량에 따른 방전전압 상승률 비교를 나타낸다. 표 2에서 보듯이, LGH 구조가 Ref 구조보다 방전전압 상승률이 낮은 것을 볼 수 있다.

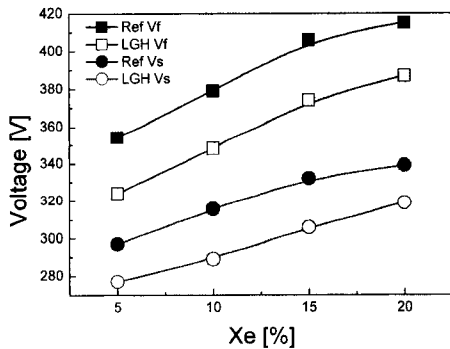


그림 5 방전 전압 특성  
Fig. 5 The characteristics of discharge voltage

표 2 Xe 함유량에 따른 방전전압 상승률  
Table 2 Discharge voltage increment rate as increasing Xe%

	$V_f$ increment rate /Xe 5% increasing	$V_s$ increment rate /Xe 5% increasing
Ref	25.7 V	16.6 V
LGH	24 V	14.9 V

Xe 함유량이 증가할수록 방전전압이 상승하는데, 이는 Xe 함유량이 커질수록 전자와 Xe 원자간의 충돌확율이 높아져서 전자가 Xe 원자의 이온화에너지를 이상의 에너지를 얻

지 못하기 때문이다. LGH 구조는 Xe 10%에서 Ref 구조보다 방전개시전압( $V_f$ )은 31V, 방전유지전압( $V_s$ )은 24V 낮다. LGH 구조에서 voltage margin은 7V감소하나,  $V_{mean}$ 의 경우 평균 27V감소하여 high Xe percentage 에서 LGH 구조가 Ref 구조에 비하여 저전압 구동에서 유리한 이점이 있음을 알 수 있다.

#### 3.2 소비전력 특성

그림 6은 Xe 함유량에 따른 각 구조에서의 전력소비 특성을 나타낸다. 동일전압에서 비교시 각 Xe%별로 LGH 구조는 Ref 구조보다 소비전력이 다소 높아지는데(약 7%), 이는 LGH 구조의 전극면적 증가로 인한 방전 전류의 상승 때문이다. 하지만 동일 Xe%에서 구조별로  $V_{mean}$ 에서 비교시에는 LGH 구조의 전력소모가 Ref 구조에 비하여 약 11% 감소하게 된다. 실제 구동전압을 고려한다면 LGH구조의 전력소모가 Ref 구조에 비하여 낮을 것임을 예상할 수 있다. 또한, Ref 구조는 4.567mW/V, ITO hump 구조는 4.075mW/V의 소비전력 상승율을 나타내었으며, LGH 구조는 Ref 구조보다 소비전력상승률이 10.8% 낮은 것을 볼 수 있다.

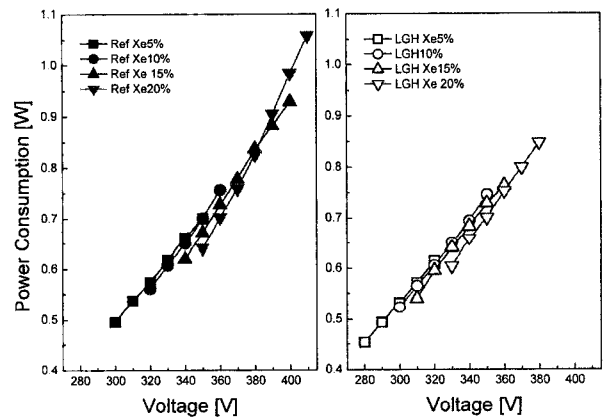


그림 6 소비전력 특성  
Fig. 6 The characteristics of power consumption

#### 3.3 휘도 특성

그림 7은 Xe 함유량에 따른 각 구조에서 휘도 특성을 나타낸다. 일반적으로, Xe 함유량이 커질수록 휘도는 증가하는데, 이는 Xe 함유량이 증가할수록 많은 양의 VUV가 생성되고 이는 가시광의 증가로 직결되기 때문이다. LGH 구조는 Ref 구조에 비하여 동일전압에서 비교시 각 Xe%별로 휘도가 약 17% 증가하였으며, 동일 Xe%에서 구조별로  $V_{mean}$ 에서 비교시에는 거의 동일하였다. 그림 5에서 LGH 구조의  $V_{mean}$  이 Ref 구조에 비하여 약 27V 감소 했던 점을 고려하면, LGH 구조가 저전압에서 높은 휘도 특성을 가지는 것을 알 수 있다. 또한, Ref 구조는 Xe 5% 상승시 휘도가 155.3  $cd/m^2$ 상승하였고, LGH구조는 Xe 5% 상승시 172.1  $cd/m^2$ 상승하여, Xe 5% 상승시 LGH구조의 휘도 상승율이 Ref 구조보다 10.8% 높은 것을 알 수 있었다.

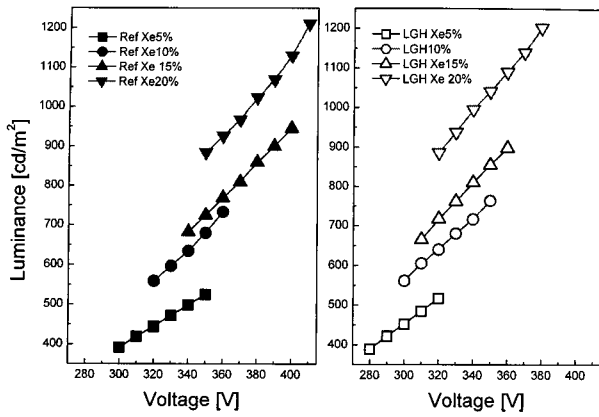


그림 7 휘도 특성  
Fig. 7 The characteristics of luminance

3.4 효율 특성

그림 8은 Xe 함유량에 따른 각 구조에서 효율 특성을 그래프로 나타낸 것이다. LGH 구조는 Ref 구조에 비하여 동일전압에서 비교시 각 Xe%별로 효율이 약 7% 증가하였으며, 동일 Xe%에서는 구조별로  $V_{mean}$ 에서 비교시 효율이 약 13% 증가하였고, Xe 5%일 때 효율 증가량은 11% 이지만 Xe 20%일 때 효율 증가량은 19%로 Xe%가 증가할수록 효율의 증가량은 커짐을 알 수 있다. 또한, Ref 구조는 Xe 5% 증가당 0.0439 lm/W 상승하였고, LGH 구조는 Xe 5% 증가당 0.0576 lm/W 상승하여, LGH 구조는 Ref 구조보다 Xe 5% 상승시 효율상승률이 31.2% 더 높은 것을 알 수 있었다.

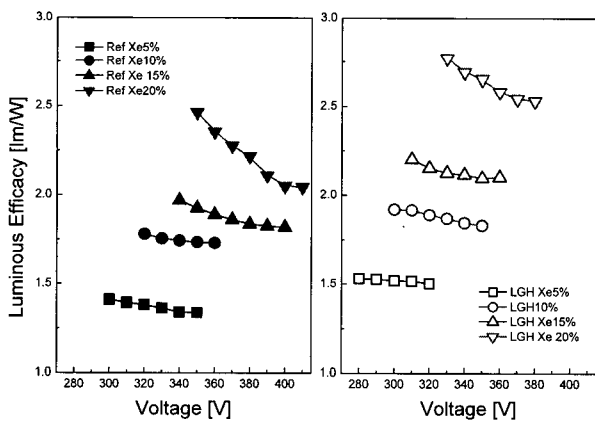


그림 8 효율 특성  
Fig. 8 The characteristics of luminous efficacy

4. 결론

본 연구에서는 기존의 long electrode gap을 가지는 Ref 구조와 동일한 long gap 을 가지면서 돌기전극이 있는 LGH 구조의 방전전압, 전력소모, 휘도, 효율 등의 전기광학적특성을 측정하였다. Xe 10%에서 LGH 구조는 Ref 구조에

비해 방전개시전압은 약 31V, 방전유지전압은 약 24V 낮았으며, 동일전압에 대해서 LGH 구조는 Ref 구조보다 전력소모는 7.1% 높았지만, 휘도는 14.1% 상승하여 최종적인 효율은 6.5% 상승하였다. 또한, Xe 함유량이 증가할수록 LGH 구조는 Ref 구조보다 방전전압과 전력소모의 상승률이 낮았고, 휘도 및 효율 상승률은 큰 특성을 나타내어, Xe 20%에서 LGH 구조의 효율은 Ref 구조에 비하여 약 20%까지 증가하였다.

실험 결과들을 바탕으로, Xe 함유량이 커질수록 제안된 LGH 구조가 Ref 구조보다 저전압에서 전기광학적 특성이 더 우수하다는 사실을 확인할 수 있었으며, 그에 따라서 long electrode gap과 높은 Xe 분압을 사용하는 고효율 PDP에서 제안된 LGH 구조가 유리하다는 사실을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유연구과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] H. Uchiike, T. Hirakawa, Color plasma displays, Proceedings of the IEEE 90, 533-539, 2002.
- [2] J. P. Beouf, "Plasma display panels : Physics, recent developments and key issues." J. Phys. D : Appl. Phys. 36, R53-79, 2003.
- [3] Larry F. weber, "The promise of plasma display for HD-TV", Society for information Display, pp402-405, 2000.
- [4] 윤차근, 발광휘도와 효율개선을 위한 새로운 구조의 교류형 플라즈마표시기 개발에 관한 연구. 서울대학교 공학박사 학위논문, 2001.
- [5] J. W. Ok et al, Appl. Phys. Lett. vol.89, 181501, 2006.
- [6] J. E. H대 et al, Trans. KIEE. Vol. 57, No. 8, AUG, 2008.
- [7] D. K. Lee et al. "A study of discharge characteristics of AC PDP", Japan-Korea joint symposium on ED&HVE, pp157-160, 2003.
- [8] H. S. Uhm et al, Appl. Phys. Lett. vol.80, no.5, R737, 2002.
- [9] J. P. Boeuf, J. Phys. D 36, R53, 2003.
- [10] C. H. Park et al, Trans. KIEE. Vol. 56, No. 9, SEP, 2007.

저 자 소 개



허 종 철 (許宗喆)

1961년 1월 11일생. 1989 경남대 전기공학과 졸업, 1998 창원대 대학원 전기공학과(석사). 2004 부산대 대학원 전기공학과(박사수료). 1989년 ~ 현재 한국전기연구원 고전압평가실 책임기술원  
Tel : 055-280-1518  
Fax : 055-280-1512  
E-mail : jcheo@keri.re.kr



이 해 준 (李海準)

1972년 2월 25일생, 1994년 서울대학교 원자핵공학과 졸업, 1996년 포항공대 물리학과 대학원 석사, 1998년 포항공대 물리학과 박사, 현재 부산대학교 공과대학 전기공학과 부교수  
Tel : 051-510-3516  
Fax : 051-513-0212  
E-mail : haejune@pusan.ac.kr



옥 정 우 (玉政于)

1976년 7월 15일생. 2004년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006~2008년 현재 동 대학원 전기공학과 공학박사과정 재학중  
Tel : 051-510-1544  
Fax : 051-510-1498  
E-mail : jwok@pusan.ac.kr



이 호 준 (李晷駿)

1966 10월 14일생, 1989 서울대 공대 전기공학과 졸업 1991 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1996 서울대공대 대학원 전기공학부 졸업 (공박), 현 부산대 공대 전자전기통신공학부 부교수  
Tel : 051-510-2301  
Fax : 051-513-0212  
E mail : hedo@pusan.ac.kr



이 돈 규 (李敦揆)

1976년 10월 15일생. 2002년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업 (박사). 현재 동의대 전임감사  
Tel : 051-890-2544  
Fax : 051-510-1498  
E-mail : donkyu@deu.ac.kr



박 정 후 (朴正后)

1945년 4월 8일생. 1968년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1974년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1980~1983년 일본 구주대학대학원 졸업 (공박). 현재 부산대 공대 전기공학과 교수.  
Tel : 051-510-2369  
Fax : 051-513-0212  
E mail : parkch@pusan.ac.kr