

오존 발생량 제어기술에 관한 연구

(A Study on the Control Technology of Ozone Generations)

조국희* · 조문수

(Kook-Hee Cho · Moon-Soo Cho)

요 약

기존의 오존 발생 시스템과 차별화하기 위해 연속적으로 오존 농도 발생 특성을 분석하여 오존발생량을 실시간으로 제어가 가능하도록 하였다.

파이렉스 방전관의 수집부에서는 랩뷰 프로그램을 사용하여 방전관의 오존 농도 및 유량을 측정하여 저장한다. 그리고 조절부에서는 정리된 데이터를 이용해 오존 발생량을 조절한다. 따라서 오존 발생량을 환경에 따라 투입하여 에너지 효율을 증가시키고자 하였다.

Abstract

Ozone concentration and flow rate of discharge tube were measured using LabVIEW program in data acquisition part and it was saved. In addition, quantities of ozone generation was adjusted by the collected data, which was performed at control part. Therefore, energy efficiency was improved by suppling quantities of ozone generation according to environmental conditions.

Key Words : Ozone, Pyrex Glass Discharge Tube, Power Supply, Generation, Labview

1. 서 론

선진국에서 오존은 강력한 산화제로서 탈색, 탈취, 산화, 소독 등의 여러 방면에 활용하고 있으며 특히, 환경보호산업에 널리 사용되고 있다. 오존을 이용한 오염원 제거기술은 현재 많은 공정에서 사용되고 있고 실질적인 효과를 보고 있다. 그러나 기존의 오존 발생기는 설비가 크고 에너지 소모가 많으며 고농도

오존발생 또한 문제점이 많다.

따라서 본 논문에서는 기존의 오존 발생 시스템과 차별화하기 위해 연속적으로 오존 농도 발생 특성을 분석하여 오존발생량을 실시간으로 제어가 가능하도록 하였다. 오존발생량을 환경변화에 따라 적절하게 투입한다면, 산업폐수처리, 대기정화 및 고도정수 처리 등의 여러 분야에서 에너지 손실을 경감시킬 수 있으므로 효과적이라 할 수 있다[1-3].

본 논문에서는 랩뷰 프로그램(Labview program)을 사용하여 펄스 전원장치 내부의 트랜스 1차측 전압 및 전류를 DC전압(0~10[V])으로 각각 제어하여 오존을 발생하게 하였고, 공급가스의 유량을 랩뷰

* 주저자 : 한국전기연구원 전기물리그룹 책임연구원
Tel : 055-280-1577, Fax : 055-280-1490

E-mail : khcho@keri.re.kr
접수일자 : 2006년 8월 16일
1차심사 : 2006년 8월 24일
심사완료 : 2006년 9월 8일

프로그램으로 유량 제어기(Mass flow controller)를 이용하여 오존농도를 실시간으로 측정하였다. 그리고 측정된 데이터는 오존 발생량을 기준으로 전압, 전류, 유량 및 오존 농도로 데이터 쉬트를 구성하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 장치

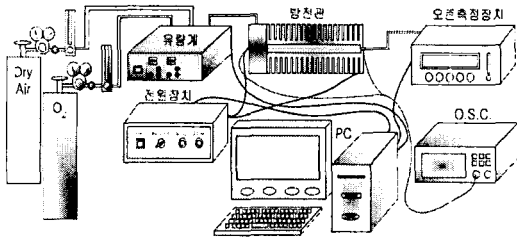


그림 1. 실험 장치 개략도
Fig. 1. The experimental schematics

그림 1은 파이렉스 방전관의 오존 농도를 측정하기 위한 실험 장치 개략도를 나타낸 것이다. 공급 가스는 산소를 사용하였으며 유량 제어기는 DFC 4000 Series (FC-280SAV-4S, O₂/N₂/20 lpm), 오존 측정용 모니터는 HI-X(IN USA), 오실로스코프는 TDS 3014 (Tektronix)를 사용하였다.

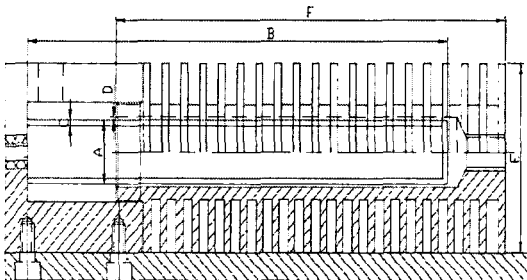
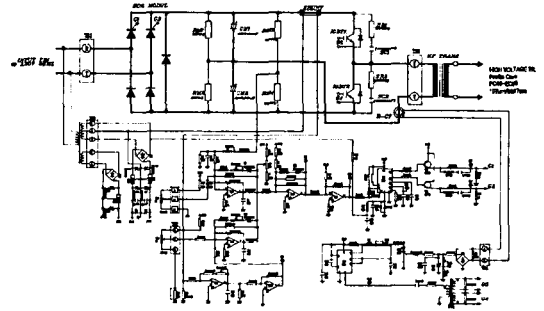


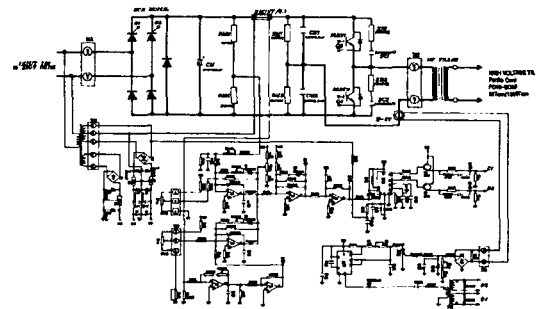
그림 2. 방전관 구조
Fig. 2. The structure of discharge tube

그림 2는 실험에 사용된 파이렉스 방전관 구조를 나타낸다. 총 3개의 파이렉스 방전관을 제작하여 실험하였다.

첫 번째 파이렉스 글라스는 외부 지름(A) 30[Ø], 길이(B) 225[mm], 두께(C) 2[mm]이며, 방전관의 갭 간격(D)은 1[mm]이고 외부 지름(E)은 68[Ø], 길이(F)는 230[mm]이다. 두 번째 파이렉스 글라스는 외부 지름(A) 40[Ø], 길이(B) 245[mm], 두께(C) 2.5[mm]이며, 방전관의 갭 간격(D)은 1[mm]이고 외부 지름(E)은 78[Ø], 길이(F)는 240[mm]이다. 세 번째 파이렉스 글라스는 외부 지름(A) 50[Ø], 길이(B) 245[mm], 두께(C) 2.5[mm]이며, 방전관의 갭 간격(D)은 1[mm]이고 외부 지름(E)은 88[Ø], 길이(F)는 240[mm]이다.



(a) 전원 장치 도면 I



(b) 전원 장치 도면 II

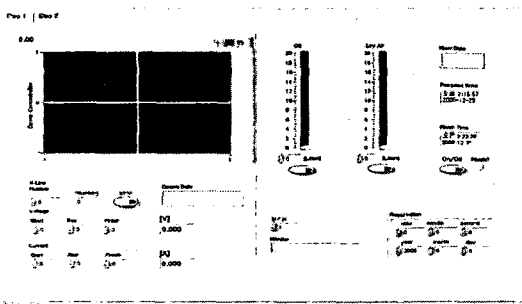
그림 3. 전원 장치 도면
Fig. 3. The design of power supply

그림 3은 그림 2에서 제작된 방전관에 사용된 자동제어 전원 장치 I, II의 도면을 나타낸 것이다. 전원장치 I의 입력전원은 단상 AC 220[V] 60[Hz]이고, 출력전원의 최대치는 Peak-Peak가 약 10~12[kV]이고 주파수는 약 10~11[kHz]이다. 전원장치 II의 입력전원은 단상 AC 220[V] 60[Hz]이고, 출력

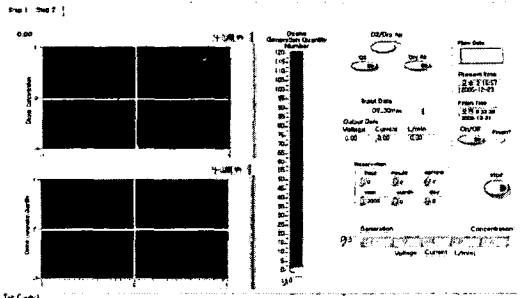
오존 발생량 제어기술에 관한 연구

전원의 최대치는 Peak-Peak가 약 10~20[kV]이고 주파수는 약 10~13[kHz]이다. 전원장치II는 파형과 전압 상승의 선형성을 개선하기 위해 하프 브리지의 보조캐패시터를 수정하였다.

2.2 실험 방법



(a) 방전관 데이터 수집부



(b) 오존 발생량 제어부

그림 4. 랩뷰 프로그램 판넬
Fig. 4. LabVIEW program panel

오존농도를 컴퓨터에서 실시간으로 제어 및 측정하기 위해 랩뷰 프로그램을 사용하였다. 그림 4는 파이렉스 방전관의 오존 측정을 위해 랩뷰를 사용한 제어부를 나타낸 것으로 (a)는 파이렉스 방전관의 데이터 수집부이며, (b)는 (a)를 사용하여 수집된 데이터를 이용하여 오존발생량을 제어할 수 있도록 프로그래밍 한 제어부이다. 각 방전관 별로 (a)수집부에서 각 방전관의 전압 및 전류의 변화에 따른 오존농도의 특성을 파악하여 실질적인 데이터를 수집한 후, (b)제어부에서 방전관에 따라 수집된 데이터를 사용하여 오존 발생량을 조절하고자 한다.

2.3 실험 결과

2.3.1 전원 장치 I 의 결과

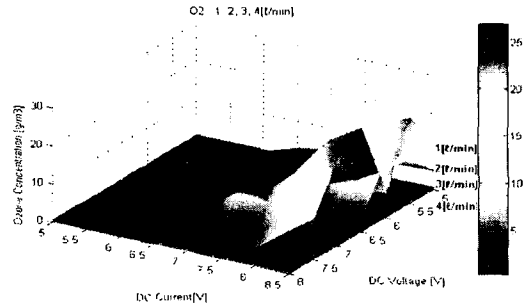


그림 5. 30(Ø) 방전관 오존농도
Fig. 5. Ozone concentration of discharge tube(30(Ø))

그림 5는 30(Ø) 파이렉스 방전관에 산소 유량 1, 2, 3, 4[l/min]을 각각 공급하여 전압측 DC 제어 전압을 5~8[V]까지 0.5[V]씩 변화를 줄 때, 각각의 전압측 DC 제어 값에 대해 전류측 DC 제어 값을 5~8.5[V]까지 0.5[V]씩 총 56번의 변화를 주었을 때 측정 오존농도의 변화를 3D 입체로 나타낸 그림이다. 그림에서 보면 1[l/min]일 때 오존 농도가 가장 높으며 2[l/min], 3[l/min], 4[l/min]순으로 오존농도가 적어짐을 알 수 있다. 유량이 클수록 방전관에서 체류시간이 짧기 때문에 오존의 생성이 낮게 되는 것으로 사료된다. 한편 56번의 측정된 데이터 값이 저장된다.

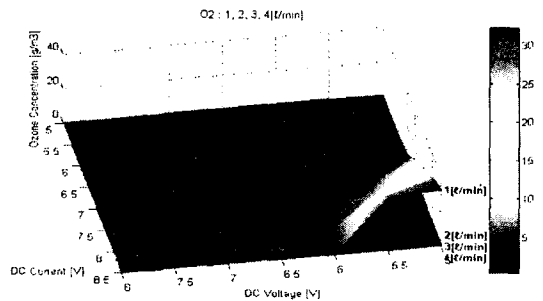


그림 6. 40(Ø) 방전관 오존농도
Fig. 6. Ozone concentration of discharge tube(40(Ø))

그림 6은 40[Ø] 파이렉스 방전관에 그림 5와 같은 조건으로 측정하여 나타낸 그림이다. 그림에서 보면 1[ℓ/min]일 때 오존 농도가 높지만 2[ℓ/min], 3[ℓ/min], 4[ℓ/min]에서는 오존농도가 거의 발생하지 않음을 알 수 있다. 이는 파이렉스 방전관의 직경이 커져 방전관에서의 에너지가 적어져 원활한 오존 생성이 힘들기 때문으로 사료된다.

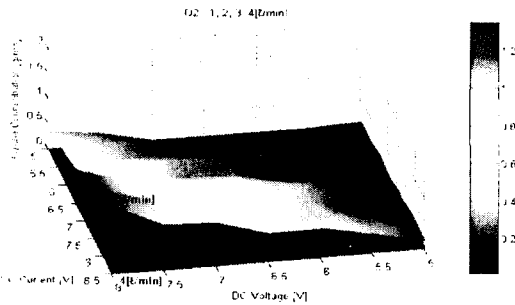


그림 7. 50[Ø] 방전관 오존농도
Fig. 7. Ozone concentration of discharge tube(50[Ø])

그림 7은 50[Ø] 파이렉스 방전관에 그림 5와 같은 조건으로 측정하여 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 그림 6과 같은 결과가 나타났다.

표 1에 전원 장치 I 에 대한 각 방전관 오존 농도의 각 평균치 중 최대값을 나타내었다.

표 1. 방전관의 오존 농도(전원장치 I)
Table 1. Ozone concentration of discharge tube (power supply I)

방전관	산소			
	1[ℓ/min]	2[ℓ/min]	3[ℓ/min]	4[ℓ/min]
30[Ø]	27[g/m ³]	16[g/m ³]	0.4[g/m ³]	0.3[g/m ³]
40[Ø]	36[g/m ³]	0.85[g/m ³]	0.09[g/m ³]	0.03[g/m ³]
50[Ø]	1.3[g/m ³]	0.1[g/m ³]	0.1[g/m ³]	0.03[g/m ³]

2.3.2 전원 장치Ⅱ의 결과

그림 8은 그림 5와 같은 방법으로 개선된 전원장치를 이용하여 나타낸 그림이다. 그림에서의 점선을 보면 DC Voltage가 6[V]까지 증가하다가 그 이후에

는 줄어드는 경향을 보인다. 이는 무성방전에 의해 생성되는 오존은 생성된 오존의 농도가 높아질수록 오존의 분해반응도 활발하게 진행되어 고농도 오존 생성이 곤란하게 되며, 오존 방전관 갭 사이의 열에 의해 농도가 낮아진 것으로 사료된다.

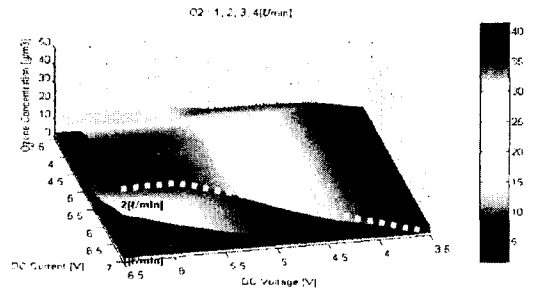


그림 8. 30[Ø] 방전관 오존농도
Fig. 8. Ozone concentration of discharge tube(30[Ø])

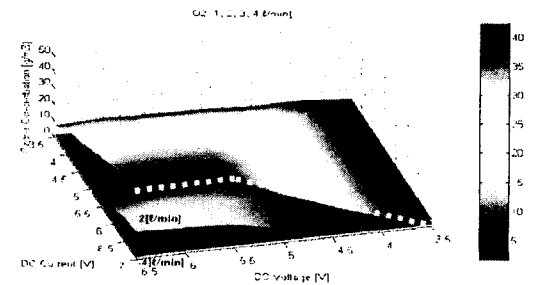


그림 9. 40[Ø] 파이렉스 방전관 오존농도 변화
Fig. 9. Ozone concentration of discharge tube(40[Ø])

그림 9는 40[Ø] 파이렉스 방전관에 그림 8과 같은 조건으로 측정하여 나타낸 그림이다. 점선을 살펴보면 전류축 변화에 대해서는 오존농도의 기울기가 비슷하나 전압축 변화에서 5.5[V]이상으로 가면 오존 생성 농도 기울기가 포화되는 것으로 나타났다. 이는 그림 8과 같이 열에 의해 오존의 분해가 커지기 때문에 나타나는 것으로 사료된다.

그림 10은 50[Ø] 파이렉스 방전관에 그림 8과 같은 조건으로 측정하여 나타낸 그림이다. 그림 9와 달리 전압축 변화에서 5[V]이상으로 가면 오존 생성 농도 기울기가 포화되는 것으로 나타났다. 이는 파이렉스 방전관의 직경이 커져 방전관에서의 에너지

오존 발생량 제어기술에 관한 연구

가 적어져 원활한 오존 생성이 힘들기 때문에 사
료된다.

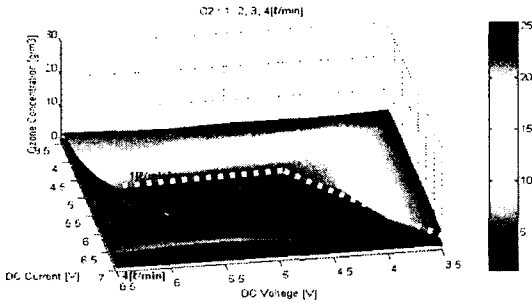


그림 10. 50[Ø] 파이렉스 방전관 오존농도 변화
Fig. 10. Ozone concentration of discharge tube
(50[Ø])

표 2에 전원 장치Ⅱ에 대한 각 방전관 오존 농도의
각 평균치 중 최대값을 나타내었다.

표 2. 방전관의 오존 농도(전원장치 Ⅱ)
Table 2. Ozone concentration of discharge tube
(power supply Ⅱ)

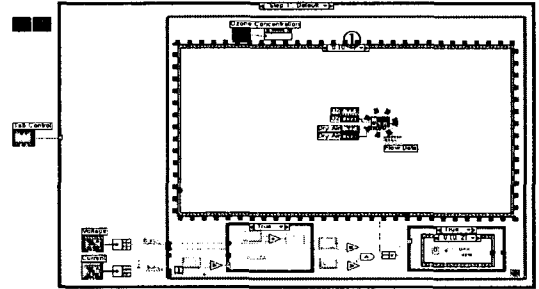
방전관 \ 산소	1[ℓ/min]	2[ℓ/min]	3[ℓ/min]	4[ℓ/min]
	30[Ø]	42[g/m ³]	25[g/m ³]	5.5[g/m ³]
40[Ø]	43[g/m ³]	18[g/m ³]	3.7[g/m ³]	1.6[g/m ³]
50[Ø]	25[g/m ³]	7[g/m ³]	2.3[g/m ³]	1.4[g/m ³]

3. 결과 및 고찰

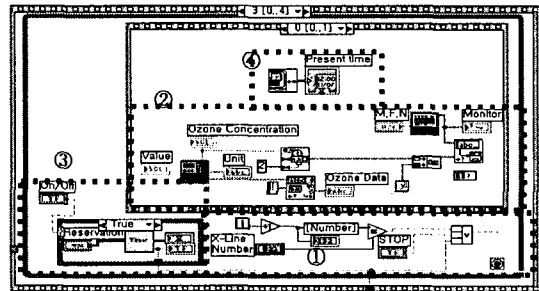
3.1 방전관 데이터 수집부

그림 11은 방전관 데이터 수집부인 그림 4의 (a)의
프로그램의 일부분을 나타낸 것으로, (a) Block
Diagram에서 ①은 원료 가스인 산소와 건조공기의
On/Off 및 유량을 제어하는 역할을 하며, (b) Block
Diagram에서 ①은 오존농도의 측정 횟수를 지정하
는 부분이고, ②는 오존농도를 측정하고 그래프화
시키며 데이터 베이스화한다. ③은 타이머부분으로
지정된 시간에 동작이 멈추도록 하는 부분이며, ④

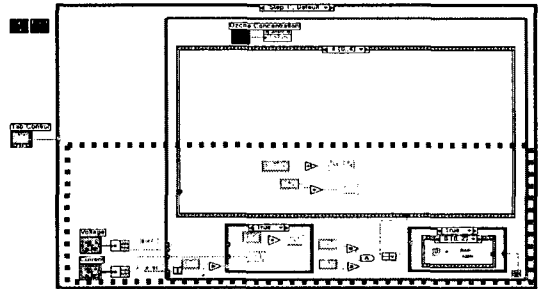
는 현재 시간을 출력하는 부분이다. (c)는 전원장치
제어부로서 전압과 전류를 입력측에서 각각 DC 0~
10[V]로 제어하여 출력 전압을 조절한다.



(a) Block Diagram



(b) Block Diagram



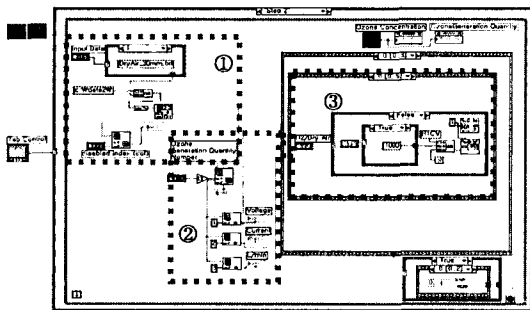
(c) Block Diagram

그림 11. 방전관 데이터 수집 Block Diagram
Fig. 11. Block Diagram for data collection of
discharge tube

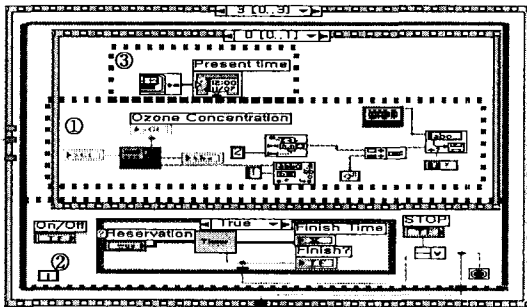
3.2 오존 발생량 제어부

그림 12는 수집된 데이터의 오존발생량 제어부인
그림 4의 (b)의 프로그램을 일부분 나타낸 것으로,
(a)의 ①은 방전관 데이터 수집부에서 수집후 오존

발생량으로 정리된 데이터를 불러와서 그래프화 시키는 부분이고, ②는 ①에서 데이터를 받아 전압, 전류, 유량으로 각각 데이터를 전송한다. ③은 산소 또는 건조공기를 선택하여 유량을 조절하도록 한다. (b)에서 ①은 오존농도를 측정하고 그래프화 시키면서 데이터 베이스화하며, ②는 타이머부분으로 지정된 시간에 동작이 멈추도록 하는 부분이며, ③은 현재 시간을 출력하는 부분이다.



(a) Block Diagram



(b) Block Diagram

그림 12. 오존발생량 제어 Block Diagram
Fig. 12. Block Diagram for control of Ozone generation quantity

4. 결론

랩뷰 프로그램(Labview program)을 사용하여 연속적인 오존발생량 제어가 가능하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 측정 범위 및 증가분을 입력하여 정확한 제어 및 결과를 획득
- 랩뷰 프로그램을 사용하여 제어부에 실시간 그

래프화 및 데이터베이스를 구축

- 오존 발생 데이터베이스 구축시 공급 가스 종류 및 유량, 인가전압 및 전류 등을 조절
- 컴퓨터에서 디지털 신호로 인가전압 및 유량을 제어하여 필요로 하는 오존발생량 생성
- 전원장치에 따라 오존 농도 및 발생량의 차이가 크게 나타나므로 방전관에 적합한 전원장치의 연구가 필요할 것으로 사료됨

따라서 오존발생량 제어 기술을 활용한다면 유량 제어부와 출력 전원이 자동 제어되고, 각 방전관의 특성에 맞춰 요구되는 오존발생량을 투입하여 에너지 손실을 감소시키고 전극 수명을 최대화시킨다.

References

- (1) Yukiharu Nomoto et al., "Improvement of Ozone Yield by a Silent-Surface Hybrid Discharge Ozonizer", IEEE 1995, Transactions on industry applications, Vol. 31, No. 6, pp. 1458 - 1462, November/December, 1995.
- (2) Moo Been Chang, "Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharges", Ozone Science and Engineering, Vol. 19, pp. 241~254, 1997.
- (3) R. Feng, G.S.P. Castle, S. Jayaram, "Automated system for power Measurement in the silent discharge", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 34, No. 3, pp. 563 - 570, 1998.

◇ 저자소개 ◇

조국희 (趙國熙)

1960년 1월 13일생. 1987년 숭실대 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국전기연구원 산업전기연구단 전기물리 연구그룹 책임연구원 수석 연구 팀장.

Tel : 055-280-1577
Fax : 055-280-1490
E-mail : khcho@keri.re.kr

조문수 (趙紋秀)

1974년 5월 4일생. 2001년 경성대 전기전자공학전공 졸업. 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전기연구원 산업전기연구단 전기물리 연구그룹 연구원.

Tel : 055-280-1467
Fax : 055-280-1490
E-mail : jms012@hanmail.net