

금속 접촉 저항에 대한 RF 식각 조건의 영향

論 文

51C-4-2

Effect of RF Etch Conditions on Metal Contact Resistance

金 度 宇* · 鄭 哲 謨* · 丘 庚 完** · 王 鎮 錫***

(Do-Woo Kim · Cheol-Mo Jeong · Kyung-Wan Koo · Jin-Suk Wang)

Abstract - The resistances of metal2 contact to metall and poly Si are checked by various RF etch conditions in terms of pre-cleaning. The changes of resistance are evaluated by statistical analysis method(SAS) for the AC bias power, coil power and RF target. The contact area on poly Si is shown by TEM image and the distributions of contact resistance according to RF etch target and RTP are investigated. The RTP groups have larger variations than normal RF etch targets. When the RF etch target becomes lower and coil power becomes higher, the resistances of metal2 contact to metall and poly Si have lower contact resistance. But the condition of AC bias power did not satisfied low metal2 contacts resistance for metall and poly Si simultaneously. The R-square of ststistical analysis was 0.98 for resistances of metal2 contact to poly Si and 0.87 for resistances of metal2 contact to metall.

Key Words : metal contact resistance, RF etch conditions, barrier metal, RTP

1. 서 론

반도체 소자가 고집적화 되어감에 따라 셀 크기는 감소하고, [1] 이에 따라서 금속 배선층의 수는 증가하고 있다. 상부 배선층과 하부 배선층과의 연결은 중간 접촉 식각을 통해 메탈 막을 증착하여 접촉을 하는데, 이에 따르는 문제점은 높은 단차로 인한 하부층과의 접촉에 있어 높은 접촉 저항으로 인해 소자 특성의 저하 및 속도 지연 등 소자의 신뢰성에 관련한 많은 문제점을 야기하고 있다. [2-7] 본 논문에서는 제 2 금속 접촉이 하부 층인 poly Si과 제 1 금속(W) 배선 위에 동시에 형성되어질 때의 접촉저항에 대해 RF 식각 조건이 미치는 영향에 대해 기술하였다. 소자에서 최적화된 접촉 저항을 얻기 위해 poly Si에 대한 제 2 금속 접촉과 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉의 구조에서 낮은 접촉 저항의 확보는 필수적이며, [8-10] 이에 사용되는 제 2 금속 접촉의 매립의 공정은 선세정(pre-cleaning)을 진행한 후, barrier 금속으로 사용되어지는 이온 금속 플라즈마(IMP) Ti 500Å의 증착, 화학적 증기 증착(CVD) TiN 200Å을 증착한 후 제 2 금속 배선으로 텅스텐(W)을 사용하여 배선 구조를

형성하였다. [4,5,11,12] poly Si에 대한 제 2 금속접촉 저항과 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉의 최적화 된 저항을 확보하기 위해서는 금속의 두께, barrier 금속의 종류 등 여러 조건의 평가에 대한 어려움이 따르며, 우선적으로 barrier 금속을 증착하기 이전의 선세정의 조건으로 RF 식각 조건에 대한 평가가 필수적이다.

본 실험에서는 선세정의 조건으로 RF 식각 조건 변화에 따르는 poly Si과 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉의 최적화 된 저항을 확보하고, 이에 따른 통계적 분석 기법을 통해 각각 저항 특성의 경향을 평가하고 금속 접촉 저항 값의 변화 및 특성을 평가함으로써 안정적인 금속 접촉 저항을 확보하였다.

2. 실 험

본 실험에서 평가한 제 2 금속 접촉은 poly Si과 제 1 금속 쪽을 동시에 식각하여 선세정을 진행하였으며, 선세정 장비는 applied material사의 endura 장비로, Ar gas를 사용하였다. 이후 barrier 금속인 이온 금속 플라즈마(IMP) Ti 500 Å 과 화학적 증기 증착(CVD) TiN 200Å을 순차적으로 증착한 후 제 2 금속을 텅스텐(W)으로 형성하는 공정으로, 선세정을 RF 식각 조건으로 조절하여 각각의 저항을 평가하였다. 우선적으로 poly Si 및 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉의 RTP(Rapid Thermal Processing) 적용 여부에 따른 저항 특성을 살펴보기 위해 접촉을 식각 후 선세정을 RF 식각 타겟 200Å, 300Å, 400Å 로 진행하고 barrier 금속을 증착한 후 RTP를 적용 또는 미적용 하였다. RF 식각 target 물

* 正 會 員 : 하이닉스半導體(株) 先任研究員

** 正 會 員 : 永同大學校 情報電子工學部 教授 · 工博

*** 正 會 員 : 忠南大學校 情報通信工學部 教授 · 工博

接受H字 : 2001年 9月 26日

最終完了 : 2002年 2月 4日

질로는 평판 thermal oxide를 사용하였으며, RTP의 조건은 650°C, 10sec로 진행하였다. 그리고 poly Si에 대한 제 2 금속의 접촉 계면에서의 단면을 분석하기 위해 TEM 분석을 통해 단면 특성을 평가하였다. 또한 poly Si 및 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉저항의 통계적 분석을 위한 인자의 종류로서는 RF 식각 타겟, AC 바이어스 전력(bias power), 코일 전력(coil power)으로서, 이에 poly Si에 대한 제 2 금속 접촉의 저항과 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉의 저항을 특성치로 평가하였다. 인자에 대한 인자수준은 AC 바이어스 전력을 100 ~ 500W, 코일전력을 100 ~ 500W, RF 식각 타겟은 100 ~ 400Å으로 수준을 조절하였다. DC 바이어스 전압은 AC 바이어스 전력과 코일 전력에 의해 결정되며, Ar 플라즈마 충격량과 직진성에 의존한다. 표 1은 통계적 분석을 위해 AC 바이어스 전력, 코일 전력, RF 식각 타겟에 대한 실험 조건들을 나타내었으며 각각의 실험 조건별에 따른 접촉 저항값을 표 2에 나타내었다. 완료된 시료에 대해 제 2 금속 접촉 저항의 변화를 접촉면의 크기 0.24×0.24 μm²에 시 측정 평가하였으며, 선세정의 각 조건에 따른 저항 특성의 경향을 통계적 분석 tool인 SAS(Statistical Analysis System) program을 사용하여 평가하였다. 이 때 적용한 배지법은 box behnken model을 적용하였고, 그 결과를 그림 4와 그림 5에 나타내었다.

표 1 실험 조건
Table 1 Experimental conditions

no	AC bias power [W]	coil power [W]	RF 식각 target [Å]
1	100	100	250
2	100	500	250
3	500	100	250
4	500	500	250
5	300	100	100
6	300	100	400
7	300	500	100
8	300	500	400
9	100	300	100
10	500	300	100
11	100	300	400
12	500	300	400
13	300	300	250

3. 특성분석

그림 1은 poly Si에 대한 제 2 금속의 접촉저항에 대해 선세정을 RF 식각 타겟 200Å, 300Å, 400Å로 진행했을 때와 이에 RTP를 적용했을 때의 접촉 저항을 나타내었다. RF 타겟 식각시에는 타겟이 낮을수록 낮은 저항을 확보할 수

있었으며, RF 식각 타겟을 400Å 적용한 경우는 200, 300Å보다 다소 높은 저항치를 나타내었는데, 이는 RF 세정시 총 산화막의 재증착에 의한 것으로 추정된다. RTP를 적용한 경우에는, RTP를 적용하지 않은 경우보다 전체적인 저항 값의 균일성이 불량하게 측정되었다. 이는 접촉영역에서 Ti 실리사이드의 형성시 균일하게 형성되는 경우에는 낮은 저항 값을 나타내고, thermal stress에 의한 Ti 실리사이드의 불균일 또는 응집현상이 일어나는 경우에는 Ti 실리사이드의 구조화학적 변화 및 접촉 계면의 면적 감소 등에 의해 저항 값이 높아지는 것으로 추정된다.[13-15] 그러나 RTP의 적용 시에, 50%이상의 더 낮은 저항값이 확보되어짐을 알 수 있으며, 더 낮고 균일한 접촉 저항을 얻기 위해서는 RTP공정의 최적화가 필요하다. 그림 2는 RTP를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 poly Si에 대한 제 2 금속 접촉의 TEM사진을 나타내었다. RTP를 적용하지 않은 경우에 대해 RTP를 적용한 경우에 장벽금속 접촉면에서 응집현상이 일어났음을 알 수 있다.

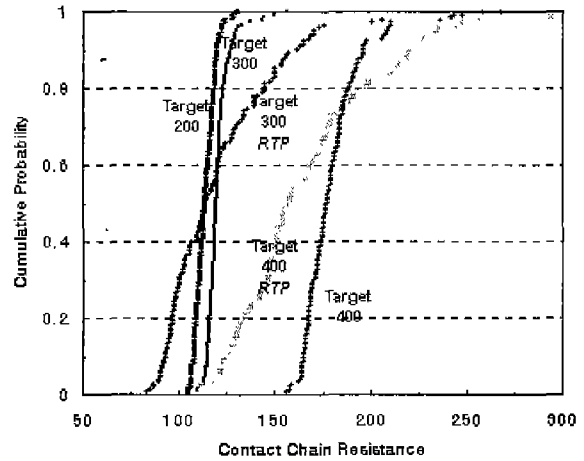
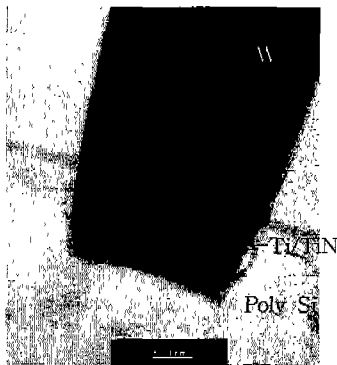


그림 1 RF 식각 타겟 및 RTP에 따른 poly Si에 대한 제 2 금속의 접촉 저항
Fig. 1 Metal2 contact to poly Si contact resistance difference according to RF etch target and RTP



(a) RTP 미적용



b) RTP 적용

그림 2 RTP 적용 여부에 따른 poly Si에 대한 제 2 금속 접촉면의 TEM 사진

Fig. 2 TEM images of metal2 contact to poly Si according to RTP

그림 3은 그림 1의 실험 조건에 따른 제 1 금속에 대한 제 2 금속의 접촉 저항 값을 나타내었다. RF 식각 타겟이 낮을수록, RTP를 적용하지 않은 경우에 다소 낮은 저항 값을 나타내고 있으나, 전반적으로 poly Si에 대한 제 2 금속의 접촉 저항의 변화에 비해 각각의 조건별로 큰 차이를 보여주지 않음을 알 수 있으며 약 4.5 ~ 6.5 ohm 정도의 저항 값을 나타내었다.

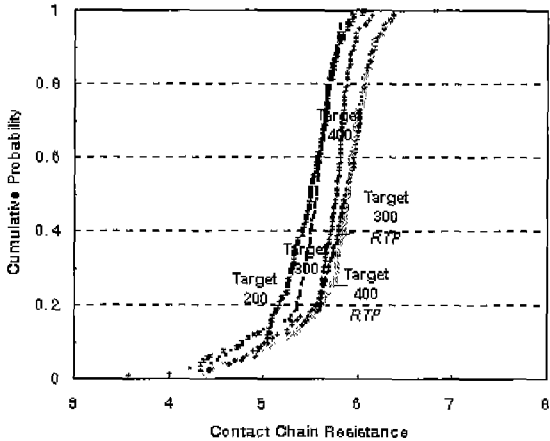


그림 3 RF 식각 타겟 및 RTP에 따른 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉의 접촉 저항

Fig. 3 Metal2 contact to metal1 contact resistance difference according to RF etch target and RTP

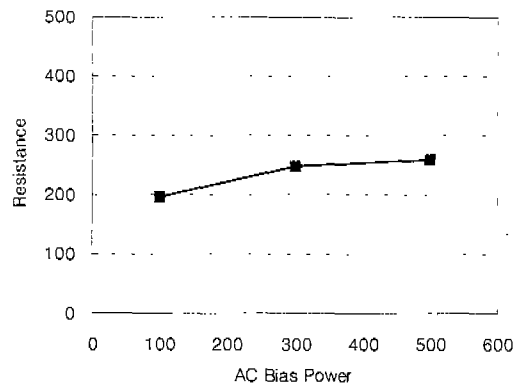
표 2에는 표 1의 실험조건에 대한 각각의 접촉 저항값의 평균값을 나타내었다. poly Si에 대한 제 2 금속의 접촉 저항값은 약 120 ~ 500 ohm 정도로 나타났으며, 제 1 금속에 대한 제 2 금속의 접촉 저항값은 약 7.0 ~ 8.2 ohm 정도를 나타내었다. 이 각각의 값들은 소자의 응용에 있어서 적절한 금속 접촉 저항값이나, poly Si 및 제 1 금속에 대한 제 2 금속의 접촉 저항을 동시에 만족시키고 최적의 공정조건을 찾기 위해 통계적 분석 기법(SAS)을 통해 분석하였다.

그림 4는 표 2의 실험 결과로부터, poly Si에 대한 제 2 금속 접촉(0.24×0.24um²)저항의 실측치들에 대해 최적의 조건들을 찾기 위해 통계적 분석 기법을 이용하여 AC 바이어스 전력, 코일전력, RF 식각 타겟별로 저항 값을 나타내었다. AC 바이어스 전력은 낮을수록, 코일전력은 높을수록 낮은 저항 값을 나타내었으며, 약 200 ~ 300 ohm 정도의 값을 나타내었다. 그리고 RF 식각 타겟에 대해 가장 크게 저항 값이 변화하였으며, 타겟이 낮을수록 낮은 저항 값을 나타내었고 저항 값은 약 100 ~ 400 ohm 정도의 변화를 보여주었다.

표 2 실험 결과

Table 2 Experimental results

no	AC bias power [W]	coil power [W]	RF 식각 target [Å]	poly Si에 대한 제 2 금속의 접촉저항 [ohm]	제 1 금속에 대한 제 2 금속의 접촉저항 [ohm]
1	100	100	250	192.01	7.09
2	100	500	250	226.47	7.36
3	500	100	250	276.22	7.57
4	500	500	250	211.51	6.98
5	300	100	100	141.71	7.19
6	300	100	400	495.61	7.60
7	300	500	100	131.94	7.13
8	300	500	400	235.78	7.22
9	100	300	100	118.38	7.35
10	500	300	100	135.43	7.18
11	100	300	400	250.23	8.15
12	500	300	400	413.96	7.60
13	300	300	250	245.07	7.25



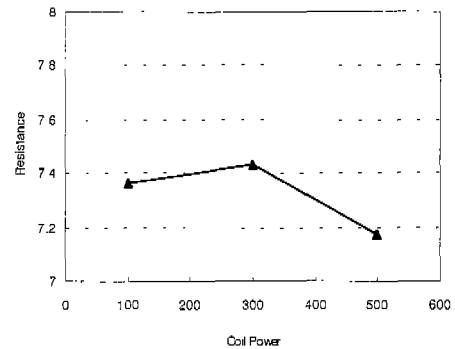
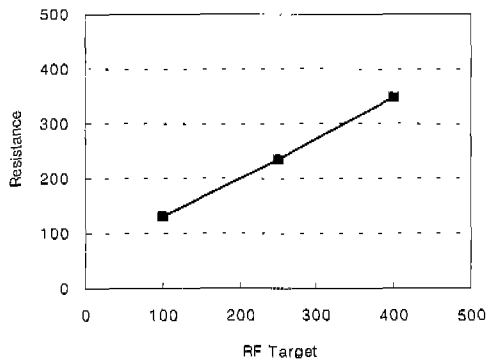
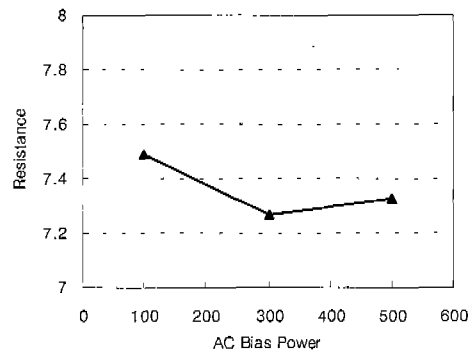
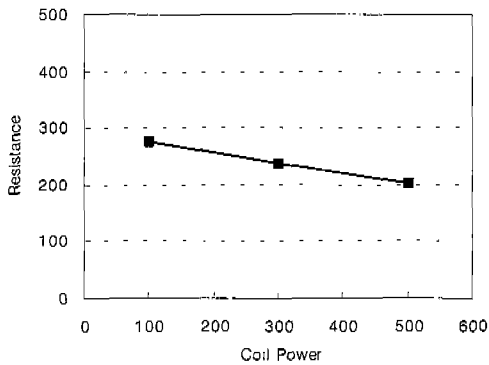


그림 4 RF 식각 조건에 따른 poly Si에 대한 제 2 금속의 접촉 저항

Fig. 4 Metal2 contact to poly Si contact resistance difference according to RF etch conditions

그림 5는 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉(0.24×0.24μm²)저항의 실측치에 대한 통계적 분석 기법을 이용한 AC 바이어스 전력, 코일전력, RF 타겟별에 따른 저항 특성을 나타내었다. AC 바이어스 전력과 코일전력은 높을수록 낮은 저항 값을 나타내었으며, 이 때 약 7.2 ~ 7.5 ohm 정도의 값을 나타내었다. RF 식각 타겟은 타겟이 낮을수록 낮은 저항 값을 나타내었고 저항 값이 약 7.2 ~ 7.6 ohm 정도의 변화를 보여주었다.

그림 4와 그림 5에 대해 공정변수들의 함수에 의한 통계적 분석의 신뢰도는 실제 데이터와 통계적 처리식의 fitness를 이용하여 검증하였다. 즉, 각 식각 특성에 대한 공정변수 또는 공정변수간의 상호작용에 대한 신뢰도는 결정계수(R-square)값으로 나타낼 수 있는데, R-sq.의 범위는 0 ≤ R-sq. ≤ 1로서, 모든 측정값들이 회귀선상에 위치한다면 1이 된다. 소수의 자료로부터 0.7 ~ 0.8이상의 값을 갖으면 그때의 통계적 처리값의 설명력이 높다고 할 수 있다. 이때의 R-sq.의 각 항목들은 AC 바이어스 전력, coil 전력, RF 식각 target 및 이들의 상호작용이다. poly Si에 대한 제 2 금속 접촉저항 값의 분석결과는 0.98의 R-sq.값을 나타내었으며, 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉저항 값의 R-sq.값은 0.87로 양호한 결과를 나타내었다.

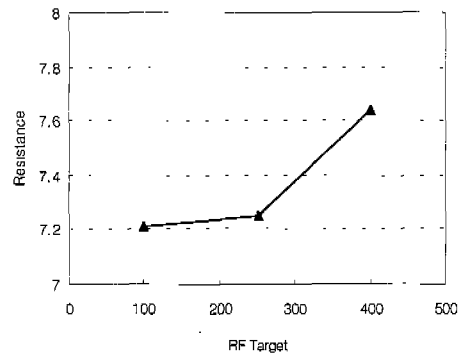


그림 5 RF 식각 조건에 따른 제 1 금속에 대한 제 2 금속의 접촉 저항

Fig. 5 Metal2 contact to metal1 contact resistance difference according to RF etch conditions

4. 결 론

금속 접촉의 최적화 된 저항을 평가하기 위해 선제정의 조건으로 다양한 RF 식각 조건에 변화에 따른 접촉 저항의 변화를 평가해 보았다. RF식각의 조건으로 AC 바이어스 전력, 코일전력, RF 타겟별에 따른 저항 차이를 살펴보고 RTP에 의한 저항 값의 변화 및 TEM분석을 통하여 접촉 계면에서의 현상을 파악하였다. 금속 접촉 저항은 RF 식각 타겟이 낮을수록 낮게 나옴을 알 수 있었으며 RTP에 의한 저항 값의 변화는 Ti 실리사이드의 응집 현상에 의해 전체적인 저항 값의 균일성이 좋지 않게 나타남을 알 수 있었다.

Poly Si 및 제 1 금속에 대한 제 2 금속 접촉 저항 값을 동시에 만족시키기 위해 여러 실험 조건에 대한 실측치를 통계적 분석 기법을 사용하여 평가하였는데, RF 식각 타겟은 낮을수록, 100Å에서 접촉저항이 가장 낮았으며 코일전력은 높을수록 양호한 저항 값을 나타냄을 알 수 있었다. 그리고 AC 바이어스 전력의 조건은 두 경우 모두를 동시에 만족시키지 못함을 알 수 있었다. 통계적 처리에 대한 R-sq 값은 제 2 금속 접촉저항의 poly Si 및 제 1 금속에 대해 각각 0.98, 0.87의 양호한 값을 나타내었다. 본 논문에서는 이러한 실험 조건 및 결과로부터 금속 접촉 저항에 대한 RF 식각 조건의 영향에 대해 알아보고 이에 따른 접촉 저항의 최적화된 조건을 찾을 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] G. A. Dixit et al, "Ion Metal Plasma Deposited Titanium Liners for 0.25/0.18um Multilevel Interconnections", IEDM, p. 357, 1996

[2] H. J. Barth et al, "Integration of a Novel IMP Ti/TiN Barrier with W-Plug Fill for Contact and via Application", Proceedings VMIC, p. 225, 1997

[3] A. Paranjpe et al, J. Vac. Sci. Technol. B 13, p. 2105, 1995

[4] Z. Wang et al, "IMP Ti/IMP TiN and IMP Ti/CVD TiN Liners for W-Plug Metallization Schemes", Proceedings VMIC, p. 258, 1997

[5] G. S. Sandhu et al, "Metalorganic chemical vapor deposition of TiN films for advanced metallization", Appl. Phys. Lett. 62, p. 240, 1993

[6] D. W. Kim et al, "Electrical Characteristics for Metal Contact in ULSI Interconnection Applications", Proceedings VMIC, p. 480, 2000

[7] D. Butler et al, "Integration of a Hi-Fill Ti/TiN Process into a 0.5um W-Plug Metallization Scheme", Proceedings VMIC, p. 156, 1996

[8] S. M. Rosnagel et al, "Metal ion deposition from ionized magnetron sputtering discharge", J. Vac. Sci. Technol. B 12(1), p. 449, 1994

[9] J. P. Dekker et al, "A kinetic study of Titanium Nitride Chemical Vapor Deposition Using Nitrogen, Hydrogen, and Titanium Tetrachloride", J. Electrochem. Soc. 141, p. 787, 1994

[10] H. O. Pierson et al, "Handbook of Chemical Vapor Deposition", Noyes Publications, p. 225, 1992

[11] A. Weber et al, "Low Temperature Deposition of TiN using Tetrakis-Titanium in an Electron Cyclotron Resonance Plasma Process", J. Electrochem. Soc. 141, p. 849, 1994

[12] K. Ikeda et al, "TiN Thin Film Prepared by Chemical Vapor Deposition Method Using Cp₂Ti(N₃)₂", Jpn. J. Appl. Phys. 32, p. 3085, 1993

[13] R. W. Mann et al, "Reduction of the C54-TiSi₂ phase transformation temperature using refractory metal ion implantation", Appl. Phys. Lett. 67, p. 3729, 1995

[14] R. T. Tung et al, "Growth of TiSi₂ from codeposited TiSix layers and interfacial layers", Appl. Phys. Lett. 70, p. 2386, 1997

[15] R. T. Tung, "Surface nucleation of Ti silicides at elevated temperatures", Appl. Phys. Lett. 68, p. 1933, 1996

저 자 소 개



김도우 (金度宇)

1968년 11월 28일생. 1991년 충남대 물리학과 졸업. 1993년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 하이닉스반도체(주) 메모리연구소 선임연구원.

E-mail : kim_dowoo@hanmail.net



구경완 (丘庚完)

1961년 2월 5일생. 1983년 충남대 전자공학과 졸업. 1985년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1989년 현대전자 반도체연구소 선임연구원. 1992년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박). 현재 영동대 정보전자공학부 교수.

E-mail: alarmkoo@youngdong.ac.kr



정철모 (鄭哲謨)

1966년 10월 7일생. 1989년 고려대 화학과 졸업. 1991년 동 대학원 화학과 졸업(석사). 현재 하이닉스반도체(주) 메모리연구소 선임연구원.

E-mail : cmjeong@hotmail.com



왕진석 (王鎭錫)

1945년 6월 23일생. 1971년 연세대 전기공학과 졸업. 1974년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 충남대 정보통신공학부 교수. E-mail : jswang@cnu.ac.kr