

# 카본 발열체의 온도 및 전기적 특성에 관한 연구 A Study on the Temperature and Electrical Characteristics of Carbon Heater

金鎭花(김진화) · 심규진 · 공태우 · 정호민 · 정한식

Z. H. Jin, K. J. Shim, T. W. Kong, H. M. Jeong and H. S. Chung

**Key Words** : Film Heater(필름 발열체), Mica Heater(운모 발열체), Quartz Heater(석영관 발열체), Rod Heater(봉상 발열체), Far Infrared Ray(원적외선)

**Abstract** : This paper aims to study several type heaters which are mica heater, film heater, quartz heater and rod heater and to get an tempereturel and electrical characteristics. These four type heaters have a merit in many fields than present electric heater with nichrome wire. Carbon and mica plate heater have higher heat efficiency and less electromagnetic waves. Also it has been reported that far infrared ray emission from this heater is good for our health. Additionally heating element is thin and lighter plate. For these reasons, they will be widely used to various application such as room-heating or manufacturing goods. Experimental result confirmed that when 220V current authorized, the temperature, electric current, electric power and the resistance rise to stationary state in early stage . Moreover, the temperatures and electric characteristics show a good stability.

## 1. 서 론

에너지는 인간생활을 보다 효율적이고 안락하게 삶의 질을 향상시켜주는데 필수 불가결한 것이나, 에너지 자원의 한계성으로 에너지 자원의 고갈이 예상되며 에너지 과다 사용으로 대기오염, 지구 온난화, 오존층의 파괴 등 환경오염이 심각하다.

세계적으로 에너지 자원의 고갈에 따라 절약부분에 많은 투자를 하고 있는바 미래 지향적으로 에너지 절약 제품의 개발이 국가 경제와 사업의 번영을 가져올 것이다. 이러한 흐름에 맞춰 최근 부각되고 있는 원적외선 발열체는 일반적으로 사용하고 있는 전기 발열체보다 20%~40%의 전력을 감소하는 제품으로 국내 및 전 세계에 보급 시 전기 에너지 절약 및 경제적 파급효과가 클 것으로 예상된다.[1, 2]

국내 발열체시장의 10%만 공급 시에도 매출금액

이 수백억에서 수천억의 수입대체효과와 응용제품 개발로 수출이 기대된다. 국내 발열체 시장규모는 가전 분야 발열체가 대략 200억원 정도이고 주택 난방용 발열체 시장은 500억원 정도가 예상되며, 발열체를 이용한 폭넓은 응용제품 개발로 그 시장 규모는 수천억원 이상으로 세계시장 규모를 감안할 때 원적외선 발열체 기술의 고부가가치성과 부품·소재 산업에서의 중요성이 부각되고 있다. 최근 발열체 분야의 문헌이나 특허 실용신안에 원적외선 발열체나 원적외선을 이용한 면상발열체에 관한 것이 많다. 그러나 국내에서 원적외선 면상발열체 원천기술을 확보한 기업은 몇몇 기업에 국한되어 있으며, 발열소자나 제조기술을 일본이나 미국에 의존하고 있는 실정으로 면상발열체 소재의 수입에 따른 무역역조현상이 발생하고 관련 기업들의 영세성과 제품의 신뢰성 부족으로 기술 및 해외경쟁력 수준이 뒤떨어진 상태이다.[3, 4]

발열체 종류는 다양하지만 본 연구에는 운모판, 필름, 석영관, 탄소를 주성분으로 한 봉상발열체를 실험대상으로 하고 발열체의 전기적인 특성과 온도의 변화에 대하여 검증 해보고자 한다.

접수일 : 2005년 11월 26일  
金鎭花(책임저자) : 경상대학교 대학원  
E-mail : jinhuakim2001@yahoo.com.cn Tel. 055-646-4766  
심규진, 공태우 : 경상대학교 대학원  
정호민, 정한식 : 경상대학교 기계항공공학부

## 2. 발열체의 소재

발열체의 소재로는 금속발열체, 비금속발열체, 기타발열체로 나눌 수 있다. 초기 발열체의 주류는 Fe-Cr-Al계, Ni-Cr계, 고융점 금속(백금, Mo, W, Ta 등)의 금속발열체를 이용한 봉상형 히터가 가장 많았으며 MgO 등의 무기 절연물을 충전한 금속관의 표면에 원적외선 방사물질을 표면처리 한 것이다. 비금속발열체 재질은 탄화규소, 폴리브덴 실리사이드, 란탄 크로마이트, 탄소, 지르코니아 등이 이용된다. 기타발열체로는 세라믹스재질과 탄산바륨, 후막저항 등을 이용한 직접 통전형 발열체가 이용된다.

일본에서는 운모의 표면에 도전성 도료를 도금하고, 그 위에 원적외선을 방사하는 세라믹스를 도금하여 도전성 도료에 통전하는 방식의 면상원적외선 방사체가 개발되고 있다. 그리고 국내에서도 운모판 등의 세라믹재질을 절연물로 사용하여 사용온도가 300℃ 이상이 가능한 제품 개발이 진행되고 있다. [5~8]

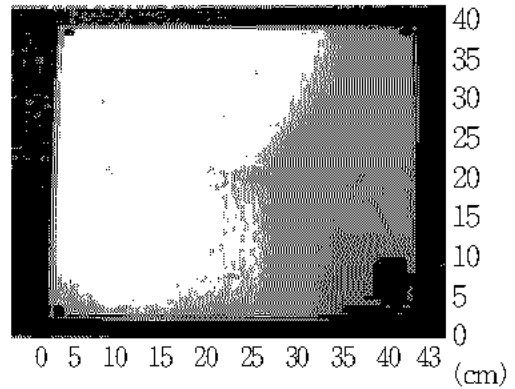
## 3. 발열체 개발동향

에너지 절약 차원에서 최근 탄소 재료를 이용한 제품이 기존의 금속 제품 보다 전기적 특성이 우수하게 나오고 있으며 계속적으로 연구되고 있는 실정이다. 탄소 재료는 높은 전기 전도성, 내열성, 내식성, 내마모성 및 유효성 등과 같은 전기적 물리적으로 우수한 특성을 가지고 있기 때문에 광범위하게 널리 사용되고 있다. 카본 발열체는 제조 공정에 따라서 발열 온도가 크게 변화하며 특히 전기적 특성도 아주 상이하게 된다.

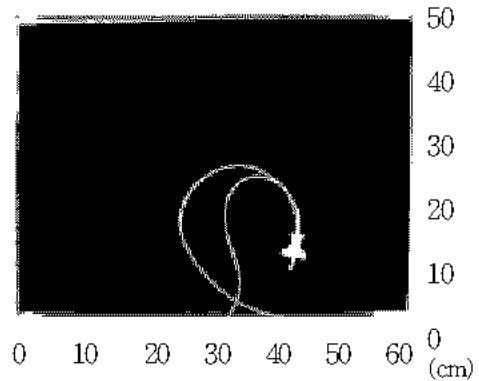
카본 발열체는 기존에 나오고 있는 니크롬선을 사용한 전열제품보다 여러 면에서 유용한 장점을 가지고 있다. 니크롬선을 사용한 전열제품보다 효율이 우수하고 기존의 전열기에서 나오는 전자파 감소와 천연재료로부터의 인체에 유용한 원적외선이 방출된다고 보고되고 있다.

이에 많은 국가에서는 탄소, 이규화 폴리브덴 등을 이용하여 고온발열체의 제조가 이루어지고 있다. 특히 일본에서는 탄소 입자에 여러 가지의 분말을 소결 후 촉진제를 사용한 발열체의 제조와 함께 발열체에 관한 연구가 진행되고 있다.[9, 10]

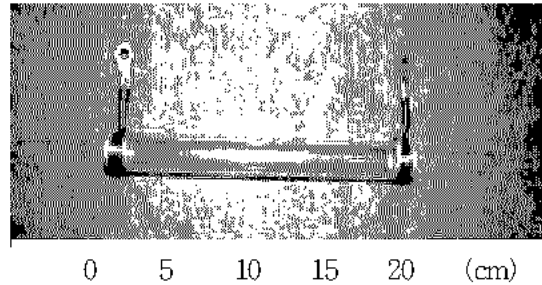
## 4. 발열체 모델



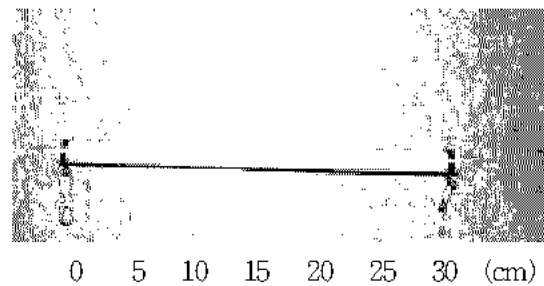
(a) Mica heater [43cm×40cm]



(b) Film heater [60cm×50cm]



(c) Quartz heater [L:20cm,D:2cm]



(d) Rod heater [L:30cm, D:1.2cm]

Fig. 1 Tested heater models

Fig. 1은 본 실험에 사용된 발열체로서 얇은 판 모양인 (a)운모발열체[43cm×40cm]와 (b)필름발열체 [60cm×50cm], 환봉형인 (c)석영관발열체[L:20cm, D:2cm]와(d)봉상발열체[L:30cm, D:1.2cm]이다

Table 1 Application for each heater.

발열체 종류	용도
운모 발열체	벽면부착 실내 난방용
필름 발열체	가정용 바닥 난방용
석영관 발열체	온수, 고온 난방
봉상 발열체	사우나, 고온난방, 실험기자재

Table 1은 본 실험에 사용된 발열체의 사용 용도를 설명한 것이다. 필름 발열체는 일반 가정용 난방용으로 바닥에 부착되어 사용되며, 운모 발열체는 필름 발열체와는 달리 실내 벽면에 부착하여 난방 기능을 한다. 봉상발열체는 대중목욕탕의 사우나, 산업용 고온 난방, 실험실의 고온을 요구하는 장비에 사용된다. 석영관 발열체는 물을 끓이거나 고온 난방에 적합하다.

5. 실험장치 및 실험방법

Fig. 2는 본 실험의 전체적인 구성을 나타낸 사진이다. 실험을 위해서 사용된 장치로는 사진 좌측부터 컴퓨터, Data Logger, Power Meter, Power Supply, 그리고 열화상 카메라가 사용되었다.

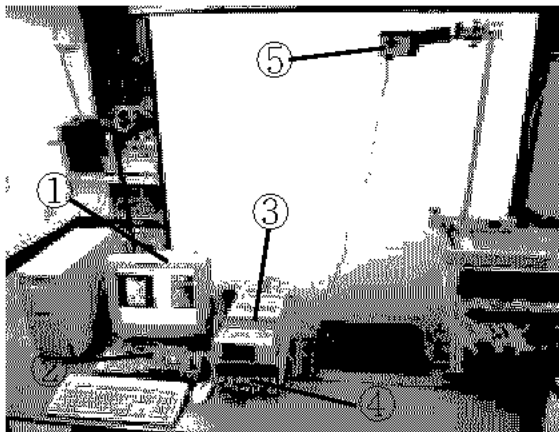


Fig. 2 Photograph of experimental Apparatus

발열체에 특정전압을 Power Supply가 공급하고, 여기에서 조정된 전압이 Power Meter를 통해서 발

열체에 공급된다. 이때 Power Meter는 발열체에 공급 되는 전압(V), 전류(A), 전력(W)을 표시한다. K-type 열전대를 통하여 Data Logger를 거쳐 컴퓨터에 데이터가 저장된다. 또한 열화상 카메라에 의해 발열체의 온도 변화 및 온도분포를 관찰한다. 장비 모델명 및 제조사는 아래 Table2에 표시한바와 같다.

Table 2 Model of experimental Apparatus

번호	장비	모델명	제조사
②	Data Logger	DA100	YOKOGAWA
③	Power Meter	WT200	YOKOGAWA
④	Power Supply	GP-4303TP	LG
⑤	열화상 카메라	IRI 1011	GET

본 실험에서는 발열체에 AC 220V의 전압을 Power Supply로부터 공급하고 각 측정 부분별 온도를 측정하였다. 동시에 Power Meter에서 출력되는 전압, 전류, 측정하고 이로부터 전력과 저항의 값을 도출하였다. 측정시간은 3시간으로 하였고 4초에 한 번씩 데이터를 기록하였다.

발열체의 온도측정은 K-type 열전대를 사용했으며 측정시 바닥에서 올라오는 냉기 차단을 위하여 단열재 위에 발열체를 놓고 발열 단면은 대기에 노출되어 있는 상태로 실험을 진행하였다. 석영관 및 봉상발열체는 단열재표면 상위 30cm 위치의 대기 중에 실험을 진행하였다.

6. 실험 결과 및 고찰

Fig. 3은 운모발열체, 필름발열체, 석영관발열체, 봉상발열체 총 4종류의 발열체를 3시간 동안 측정 한 후 온도변화를 비교한 것이다.

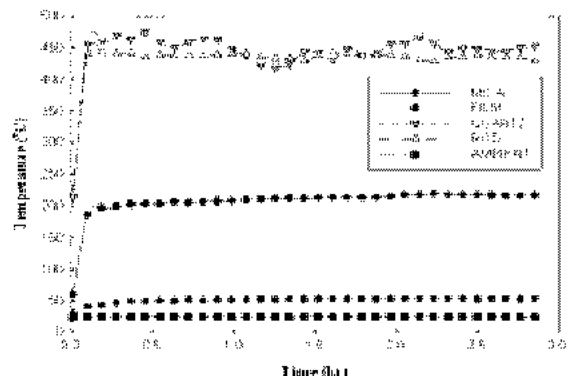


Fig. 3 Temperature distribution

가장 높은 온도분포를 나타내는 석영관발열체는 평균온도는 446.9°C이며 다른 3종류의 발열체 온도분포보다는 불안정하다는 것을 관찰할 수 있다. 봉상발열체의 평균온도는 434.3°C, 운모발열체는 208.5°C이며 필름발열체는 50.8°C로써 4종류의 발열체중 가장 안정된 온도분포를 나타내고 있다. 특정전압이 인가된 후 몇 분 지난 뒤 온도분포는 거의 안정적임을 알 수 있다. Ambient는 실험 중 대기온도로써 24°C~25°C로 일정하게 나타났다. Fig. 4~7은 AC 220V의 전압을 발열체에 공급 후 1시간 30분이 경과한 운모발열체와 필름발열체의 열화상 이미지이다.

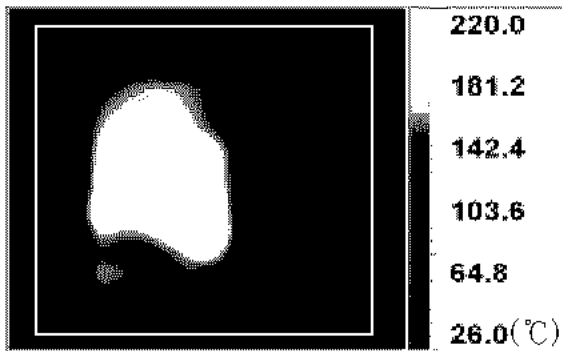


Fig. 4 Thermal image of Mica Heater

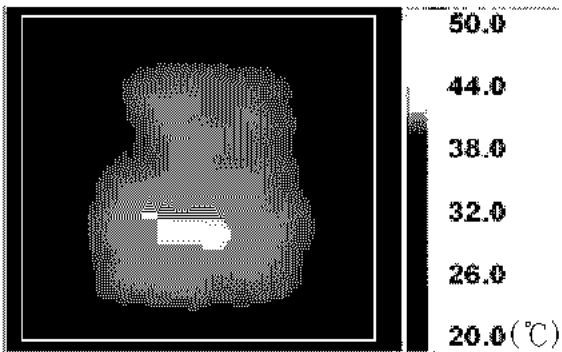


Fig. 5 Thermal image of Film Heater

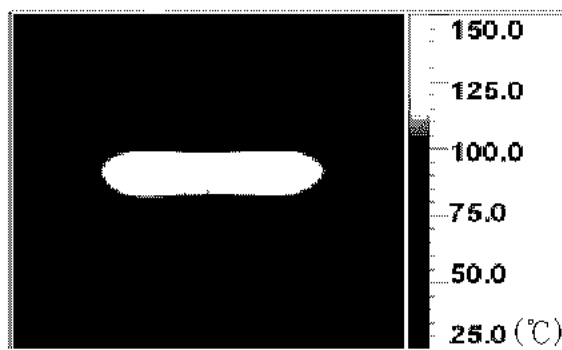


Fig. 6 Thermal image of Quartz Heater

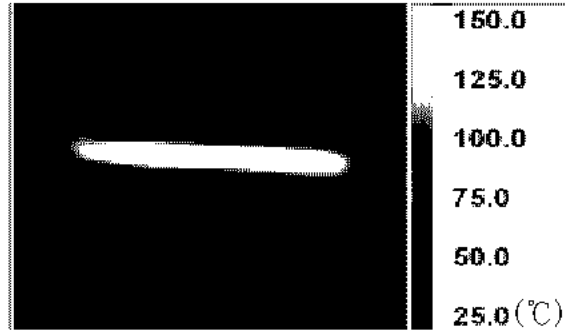


Fig. 7 Thermal image of Rod Heater

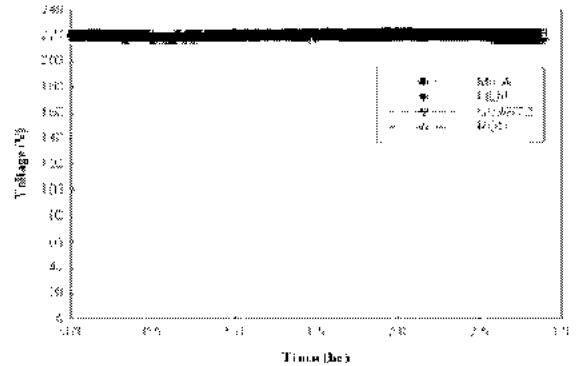


Fig. 8 Input voltage distribution

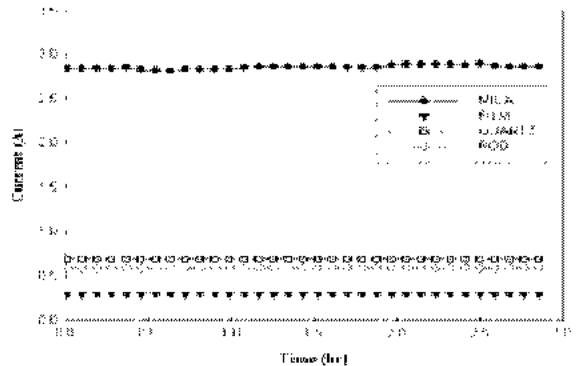


Fig. 9 Current distribution

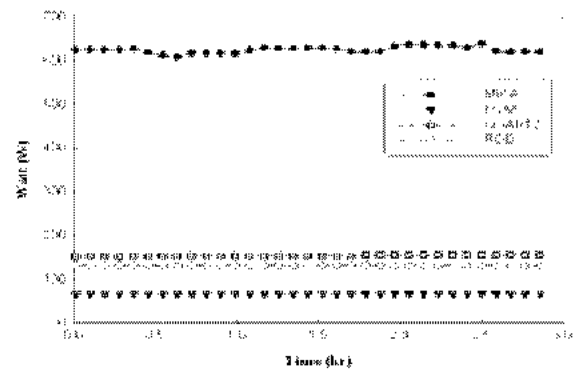


Fig. 10 Electric power distribution

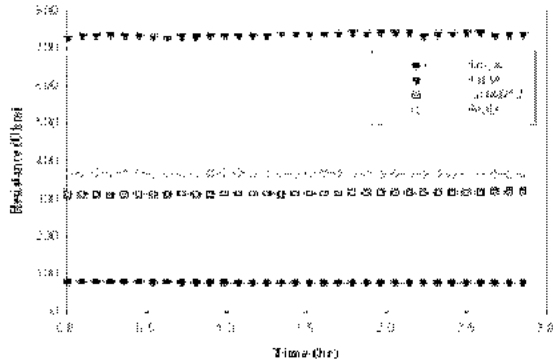


Fig. 11 Resistance distribution

운모발열체는 평균온도가 235.9℃, 필름발열체는 평균온도가 235.9℃, 석영관 발열체는 평균온도가 446.9℃, 봉상 발열체는 평균온도가 434.3℃로 발열면 전체가 고른 열분포를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

Fig.8~11은 4종류 발열체에 AC 220V 전압을 공급하는 동안 전압, 전류, 전력, 저항을 측정한 그래프이다. 일반적으로 발열체는 저항[Ω] 값의 일정한 정도에 따라 발열체의 성능이 좌우된다. 저항의 불규칙을 나타낸다면 안정치 못한 전기적 성향으로 제품의 결함을 나타낸다.

Table 2는 본 연구에 사용된 4종류의 발열체의 전기적 특성인 전압(V), 전류(A), 전력(W), 저항(Ω)의 평균값과 최대, 최소값을 나타내고 있다.

Table 3은 각종의 발열체의 발열성능을 나타내고 있다.

Table 2 Electrical characteristics of each heater

		Voltage [V]	Current [A]	Watt [W]	Resistance[Ω]
Mica	Average	218.4	2.86	623.8	76.5
	Max	221.6	2.91	644.9	77.5
	Min	215.5	2.81	607.0	75.3
Film	Average	220.8	0.29	66.2	736.1
	Max	223.4	0.30	67.0	744.7
	Min	217.7	0.28	65.3	725.7
Quartz	Average	220.8	0.70	154.5	315.4
	Max	224.4	0.71	157.1	320.6
	Min	217.7	0.69	152.4	311.0
Rod	Average	219.2	0.60	131.5	365.3
	Max	221.3	0.62	132.8	368.8
	Min	216.4	0.59	129.8	360.7

Table 3 Caloric per unit area

	Size [m]	Watt [W]	Caloric (W/m <sup>2</sup> )
Mica	0.43× 0.4	623.8	3626.74
Film	0.6× 0.5	66.2	220.66
Quartz	0.2 , 0.02	154.5	12295.08
Rod	0.3 , 0.012	131.5	11627.50

## 7. 결 론

본 연구에서는 면상발열체와 봉상발열체의 온도 및 전기적인 특성에 관한 연구 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 4종류 카본 발열체에 동일한 AC 220V의 전압을 공급하여 실험한 결과 모든 제품이 시간이 증가함에 따라 온도, 전압, 전류, 전력 그리고 안정적으로 나타나서 사용 가능한 제품으로 사료된다.
- (2) 가장 높은 온도분포를 나타내는 석영관 발열체는 평균온도는 446.9℃이며 다른 발열체보다는 다소 온도 편차가 나타남을 알 수 있다. 봉상발열체의 평균온도는 434.3℃, 운모발열체는 208.5℃이며 필름발열체는 50.8℃로 나타나고 있다.
- (3) 석영관 발열체 전압 편차율이 3%로 4종류의 발열체 중에 높게 나타났고 봉상 발열체의 전압 편차율이 2.2%로 가장 낮은 편차 값이 나타났다.
- (4) 운모발열체의 평균전류 값이 2.86A로 가장 높고 필름 발열체의 평균전류 값이 0.29A로 가장 낮다.
- (5) 전력소모량을 나타내는 전력[W]은 운모발열체가 평균 623.8W로 가장 높은 수치를 나타내었고 봉상발열체가 131.5W, 석영관발열체 154.5 W, 필름발열체는 66.2W로 가장 낮은 전력량이 측정되었다.
- (6) 발열체의 성능을 좌우하는 저항[Ω] 값은 저항이 가장 작은 운모발열체가 저항 편차 값 2.2Ω으로 아주 안정한 저항분포를 나타내었다. 저항의 불규칙을 나타낸다면 안정치 못한 전기적 성향으로 제품의 결함의 원인이 될 수도 있다.

## 후 기

본 연구는 제13차년도 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업과 NURI 사업단의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Bea. K. Y., "A study on the Thermal and Fluid Flow Characteristics of Warm Air Circulator with Carbon Heater", 경상대학교 박사학위논문, 2004.
2. 이후인, "이규화폴리브덴 고온 발열체의 전기적 특성 및 제조에 관한 연구", 한국전기전 자재료학회, pp. 605-608, 2001.
3. 이해광, "원적외선 온열효과의 평가시스템에 관한 연구", 연세대학교 박사학위논문, 2005.
4. 남궁정, 최승욱, "에너지 절약형 고온 카본 발열체", 포항산업과학연구원 기술동향분석보고서, 2005.
5. 최규석, "Carbon-Black 표면에의 폴리머 그래프 트화", 한국고분자학회, 고분자과학기술2.2, pp. 71-80, 1991.
6. 산업기술정보원 "340℃고온을 발생하는 면상발열체", 신기술/산업기술정보원, pp. 105-106, 1991.
7. F. El-Tantawy, K. Kamada and H. Ohnabe, "In situ network structure, electrical and thermal properties of conductive epoxy resin/carbon black composites for electrical heater applications", Materials Letters, Vol. 56, No.1-2, pp. 112-126, 2002.
8. 서영석, "탄소섬유사 발열선을 이용한 원적외선 방사 면상발열체", 특허실용, 10-2003-0001324, 2003.
9. 김영호, "전도성고분자를 이용한 면상발열체", 특허실용, 10-2001-0045409, 2001.
10. 이명일, "고저항 카본사를 이용한 면상발열체", 특허실용, 20-2001-0038200, 2001.