

◆ 원 저 ◆

## Carbon fiber 후막형 열전센서 소자를 이용한 적외선 체열진단

송민중 · 동경래 · 김창복 · 최성관 · 박용순

광주보건대학 방사선과

The Method of Thermograph using  
Thermoelectric Sensor Device in the Carbon fiber Thick Films

Min Jong Song · Kyung Rae Dong · Chang Bok Kim · Seong Kwan Choi · Yong Soon Park

Department of Radiological Technology, Gwangju Health College University

## Abstract

Thick films of carbon fiber were prepared by a heating element of plan shape made in Darin co., We have investigated surface morphology of the specimen depending on heat-treatment temperatures. Scanning electron microscope(SEM) image of carbon fiber thick films of the specimen heat treated shows a grain growth at 1200 °C and becomes a poly-crystallization at 1350 °C. The variation of resistivity at the thermally annealed specimen above 600 °C depends on type of the substrates. It may be due to a variation of film thickness and a difference of interfacial phenomena. A heating element of features was affected significantly by skin blood and quantity of heat of the body physiological function. After radiation of farinfrared for plate heating element, the function of biometric physiological is considered of skin blood flow and calorie which greatly affects on individuals. Electromagnetic wave was not influence on the body.

**Key Words** : Carbon fiber thick films, Scanning electron microscope, Farinfrared, Thermograph

## I. 서 론

반도체 소자의 이용은 공학 및 의공학 분야에서 급격히 증가한 추세에 있다. 더욱이 IT(information technology)와 ET(electronic technology)의 접목으로 컴퓨터 적외선 체열 영상 시스템(Computerize electronic medical

infrared thermographic imaging system)이 개발되어 인체의 모든 질환부위의 미세한 체열변화도 정량적으로 측정할 수 있게 되었다. 탄소섬유가 처음 알려진 것은 약 100년 전 Edison TA 가 대나무 섬유를 탄화하여 전구에 처음으로 필라멘트(Filament)를 사용하였으며, 1959년 셀룰로오스계(Cellulose) 섬유를 공업적으로 사용하였으며, 국내에선 1990년대 생산하여 사용하게 되었다.<sup>1-2</sup> 체열의학 연구의 시작은 B.C 400년, Hippocrates 가 환자의 몸에 진흙을 얇게 도포한 후 빨리 건조되는 부위가 질환이 있다고 추측한 것이 질병진단(체열검사)의 시초이고, 1800년, Wiliam Herschel F가 태양광을 유리프리즘을 통하여 분산시켜 가시광선영역까지 각각의 색에 분광시켜 적외선(Infrared)을 발견하였으며,

Received September 13, 2010/ 1st Revised September 21, 2010/ 2nd Revised October 4, 2010/ Accepted for Publication October 12, 2010

Corresponding Author: 동경래  
(506-701) 광주광역시 광산구 신창동 683-3번지  
광주보건대학 방사선과

Tel: 062) 958-7668 Fax: 062) 958-7669

E-mail: krdong@hanmail.net

1840년, Herschel JG가 적외선을 이용하여 영상 처리하는 방법을 연구하였으며 이를 Thermograph라고 명명하였다. 1871년, Wunderlich 등은 의학용 온도계를 발명하였으며, 1956년 Lawson 등은 Evaporograph를 이용하여 유방암 조직의 고온상승증(Hyperthermia)을 관찰하였다.<sup>3~4</sup> 1982년 Pochaczewsky와 Wexler 등은 접촉식 액정체열촬영장치(liquid crystal contact thermography : LCT) 를 사용하여 요추간판 탈출증(Lumbosacral disc herniation)을 포함한 신경근 병변진단에 적외선 체열 영상진단 검사가 유용함을 보고하였고<sup>5</sup>, 1985년, Mills 등은 요추강 협착증(Spinal Stenosis) 환자에 있어서 하지를 각 부분별로 구획을 정하여 체열 분포를 측정하였다.<sup>6</sup> 적외선 가열방식은 필라멘트를 이용한 방식과 태양광이나 의료기 등의 건강의료분야인 온열치료기, 찜질기, 온열시트, 매트, 간 분비 촉진, 식물생육촉진 등에 복사가열방식인 면상발열체가 있다.<sup>7</sup>

본 연구는 제조된 탄소섬유 면상 발열체의 시편 미세 구조 분석을 한 후, 의료용 진단기기를 이용하여 원격 적외선을 인체에 복사하여 그 열량을 체열영상진단기로 체열분석과 면상발열체의 인체 유·무해 정도를 판단할 수 있는 전자파 특성을 연구하였다.

## II. 실험

탄소섬유 면상 발열체 구조는 Figure 1과 같으며 Figure 2는 일본 다린사(Darin company)로 부터 구입한 면상발열체 사진으로 이 발열체를 이용하여 제조하였다. 탄소섬유 면상발열체란 특수탄소섬유와 첨가제를 적절히 조성하여 요업방식으로 제조하면, 면상발열체의 단점인 복합기능화를 갖는 소재로 사용이 가능하며 0.78~ 1,000 μm의 적외선을 복사할 수 있는 기능을 강화할 수 있다. 파장에 대한 광자에너지는 자외선에너지보다 낮으며, 분자전자 준위는 여기 되지 않고, 수분(물)의 매질은 적외선에서 투과되어 수분에 의한 흡수가 최대로 된다. 에너지 밀도가 낮은 영역의 적외선은 치료용으로 사용되며, 에너지 밀도가 높은 영역의 적외선은 인체표면에서 복사하여 미약한 적외선을 검출하고 온도분포에 따라 화상의 정도를 판단하는 진단용으로 사용된다.<sup>7</sup> Figure 3은 면상발열체를 Carbon Fiber 후막형 열전센서 소자의 구성비에 의해서 조정할 수 양쪽면에 전극을 부착하고 온도센서를 밀변에 부착한 후 온도제어와 안정성을 고려하기 위하여 바이메탈을 부착한 구조를 나타낸 그림이다.

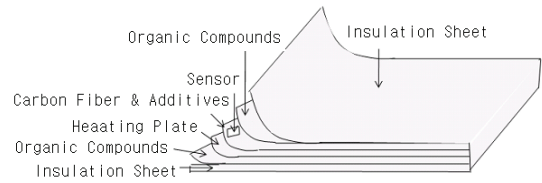


Fig. 1. Structure of Plate Heating Element.

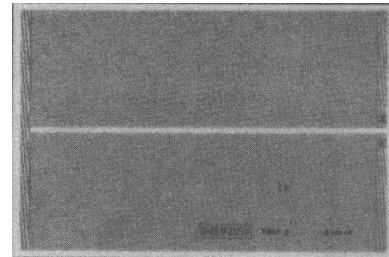


Fig. 2. Photonics of Plate Heating Element.

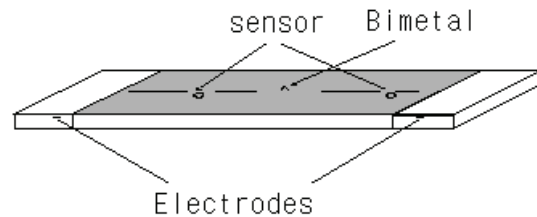


Fig. 3. Structure and Sensor of Plate Heating Element.

적외선 복사특성을 확인하기위한 물리적 특성과 열량을 구하는 식은 아래와 같다.

- 전달열량(Eq. 1)

$$Q=4.88\{\epsilon A\left(\frac{T}{100}\right)^4 - \epsilon_0 A_0\left(\frac{T_0}{100}\right)^4\}[\text{Kcal/h}] \quad (1)$$

- 가열 시스템(면상발열체)의 열효율η(Eq. 2)

$$\eta = Wk/Q_A = (Q_A - Q_k)/Q_A \quad (2)$$

- Q<sub>A</sub>는 가한 열량, Q<sub>k</sub>는 배출 열량 (Eq. 3)

$$Q = 0.24 I^2 R T \quad (3)$$

Figure 4는 인체에서 방출되는 극미량의 적외선을 감지하여 인체의 통증부위 및 질병부위의 미세한 체열 변화에 따른 인체의 이상 유·무와 질병여부를 진단하는 적외선 인체 체열영상진단기(IRIS-5000, Medicores,

Korea)로써 기존 액화질소형태의 적외선 영상촬영기를 이용한 것보다 간편하고 빠르게 영상을 획득할 수 있는 장점이 있다. 적외선 체열영상진단검사법(Method of Infrared Thermograph Images system)은 인체의 피부표면에서 자연적으로 방출하는 극미량의 적외선을 감지하여 인체의 통증부위 및 기타 질병 부위의 미세한 체열변화를 컴퓨터가 컬러영상으로 구현함으로써 신체의 이상 유무를 진단하는 기기이다.<sup>8~9</sup> 환자의 체온은 개인의 생리 상태를 나타내는 중요한 정보로 진단과 치료 정보로 활용한다. 따라서 높은 열로 인해 온도감지 효소와 단백질이 파괴되어 호흡작용, 발한작용, 피부혈류의 증가로 나타나기 때문에 의공학적 측면에서 체열 영상진단기, 열량측정계(Calorimetry) 등이 연구되고 있다.<sup>10</sup> Figure 5와 6은 정상상태 생리기능을 인체의 체온분포를 통하여 좌우 대칭을 기준으로 하여 비대칭적(Asymmetry)체온 분포를 Color monitor로 영상을 재현할 수 있는 그림이다. 이는 통증의 객관적 진단근거로 신경이나 혈관 기능 이상, 아킬레스건 막질(Membranous)에 병원균이 모여 있어 병적 변화를 일으키는 자리, 국소혈류 이상 분포, 자율신경계 이상을 알 수 있는 체온분포, 상·하부의 각 부위별 표준 피부 온도를 수치화 한 것이다.<sup>11~12</sup>



Fig. 4. Farinfrared Thermograph Images system

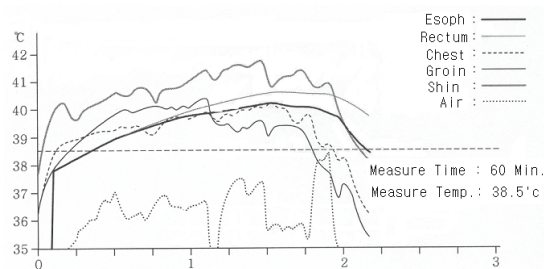


Fig. 5. Characteristics of Temperature in Human body

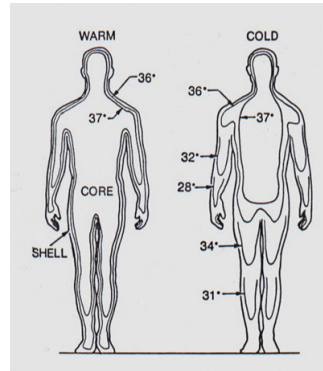


Fig. 6. Distribution of Body Temperature in Human body

### III. 결과 및 고찰

Figure 7은 복합원소로 구성되어 있는 물질은 각 원소의 Melting point의 온도가 다르므로 열전센서 소자 재

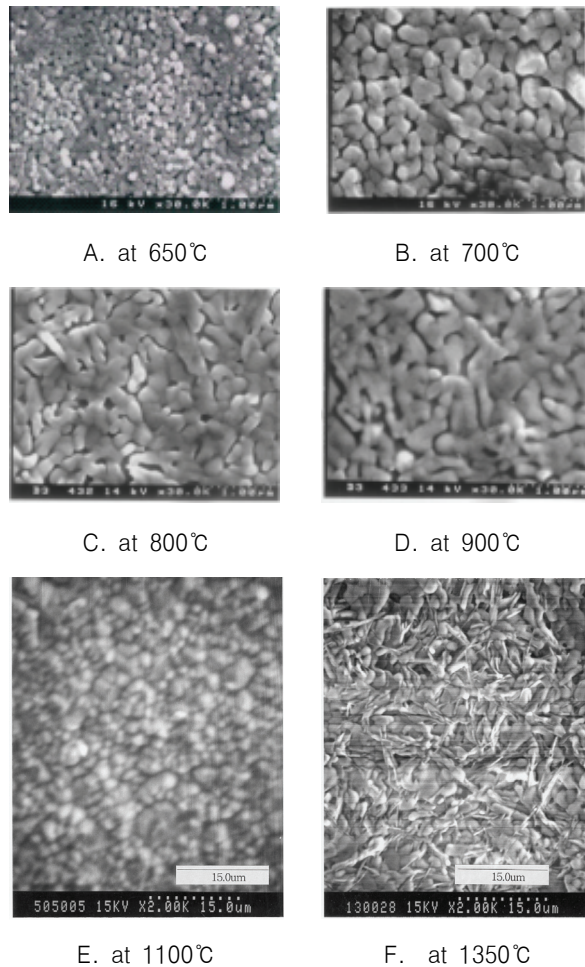


Fig. 7. SEM Photograph in Think Film Specimens

료로서 한정되어 있지 않다. 따라서 원하는 화합물을 mol%로 계산한 후 그에 맞는 조성식을 구한 후 target을 제조하기 위하여 예비 실험을 거쳐 박막의 실험 결과에 반영시키면서 최적 조성 비율을 구하였다. 후막형 시편의 미세구조를 관찰하기위한 전자주사 현미경(scanning electro microstructure : SEM) 사진으로 2 kV의 인가전압, 15 μm의 입자크기, 표면을 Gold Coating한 시편이다. Figure 7 (A)는 650℃, (B)는 700℃, (C)는 800℃, (D)는 900℃, (E)는 1100℃, (F)는 1350℃에서 각각 열처리한 시편으로 물질의 결정화 정도는 결정립의 크기는 D와 E에서 크기가 일정하고 결정화됨을 알 수 있었다.

Figure 8은 적외선 체열진단을 위한 흐름도로써 적외선을 발열하는 면상발열체에 캡슐을 싸서 체온을 일정하게 유지한 상태에서 인체에 적정시간 적외선을 투사한 후 인체의 변화를 확인하기위한 사진이다. Figure 9는 인체에 적외선을 복사하기 전과 후의 체열 분석 사진으로, 9(A)는 복사 전의 인체체열 사진이고, Figure 5(B)는 복사 후 인체체열 사진으로, 복사한 후 5분이 경과한 뒤의 사진이다. 온도는 22~25℃와 습도는 50~60%를 유지하여야만 안정된 상태가 되며, 이 때 영상촬영이 최적의 조건이 된다. 따라서 온도는 23℃에서 측정한 자료이다. 측정대상은 남성 28歳の 건강한 체구였다. 적외선이 신체에 흡수되어 에너지는 열로 변환하였으며, 피 가열물의 종류, 표면의 상황, 파장에 따라서 가열 효율이 다르게 나타남을 알 수 있다.<sup>13~14</sup>

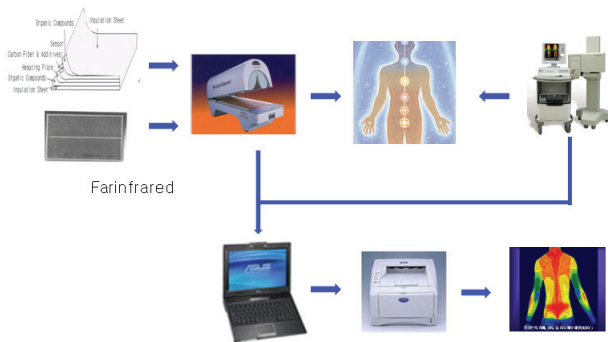
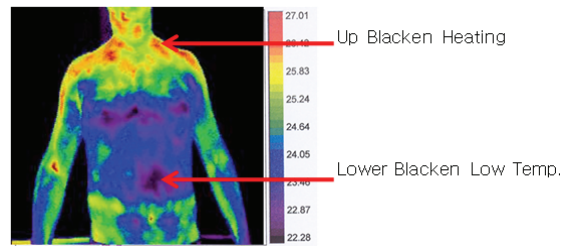
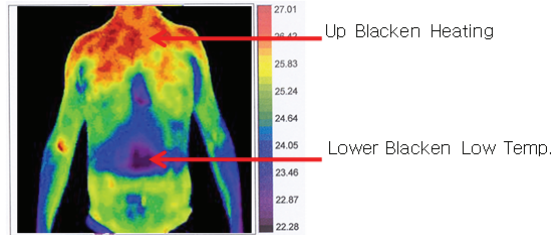


Fig. 8. Flowchart of Thermography



A. Farinfrared Radiation before



B. Farinfrared Radiation after(lated 5 minute)

Fig. 5. Photography of body Temperature in Farinfrared Radiation after and before

고온 부위는 경동맥, 주관절, 배꼽, 겨드랑이 겹침 부분 등이고, 저온 부위는 상완부, 손발 관절부위 등이며, 중온 부위는 복부 부분 등으로 구분되었다. 인체의 열 생성은 안정 시에 오장 육부에서 발열을 70℃ 만들어내며, 운동 시 역작용으로 근육에서 70~80℃을 생성하고, 체액에서 30%를 생성한다.<sup>14</sup> 신체 내 내장기관이 존재 하므로 쉽게 열이 변하지 않고, 장부 열 또한 쉽게 변하지 않는다. 따라서 체표 열은 심부열이라 할 수 있으며, 체열상은 신체 내 체표온도 환경의 항상성을 유지하고자 체내의 열을 발산시켜 주위 환경과 열 교환을 한 결과로 생긴 신체표면온도의 분포도를 나타내고 있다. 이러한 인자를 결정하는 가장 큰 요인은 피부 혈류량이고, 이에 따라 피부에 공급되는 열량이 크게 영향을 미친 것으로 사료 된다. 피부 혈류량을 증감시키는 요인으로 혈압의 변화, 피부혈관의 수축과 확장 등이 있으며, 특히 혈압의 영향은 피부혈관이 확장하고 있을 때 뚜렷이 나타나며, 피부 혈류의 변화가 피부 혈관의 수축, 확장에 의한 것인지는 혈압을 관찰할 필요성이 있었다. 이를 조절하는 요인은 신경성과 체액성 인자(Humoral factor) 을 들 수 있으며, 체액성 인자는 호르몬, 국소의 혈관 확장 물질 그리고, 이온 등이 있다. Table 1은 면상발열체내의 전자파 지수로 Electric Field meter(EMM-4, EnviroMentor, sweden)과 Magnetic

Table 1. Electromagnetic wave index in Plate heating element

Division	Power	Electric field		Division	Power & Temp.	Electric field	
		Magnetic Field				Magnetic Field	
Main s/w	on	0.6~1.8, 1.3 v/m		FAN s/w	on	0.5~1.7, 1.0 v/m	
		0.1~0.2, 0.2 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$				0.1~0.8, 0.3 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	
	off	0.8~1.7, 1.2 v/m			0.2~0.3, 0.3 v/m		
0.0~1.8, 0.1 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$		0.0~0.0, 0.0 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$					
Power s/w	on	0.3~1.8, 0.9 v/m		30 minutes after heating	Top 50	0.0~3.1, 0.3 v/m	
		0.0~0.7, 0.2 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$			Bottom 44	0.0~0.1, 0.0 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	
	off	0.3~1.8, 0.9 v/m			Interior 28		
0.0~0.7, 0.1 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$		40 minutes after heating	Top 86	0.2~0.8, 0.4 v/m			
on	0.4~0.4, 0.4 v/m		Bottom 84	0.0~1.0, 0.1 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$			
	0.0~0.4, 0.2 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$		Interior 50				
Farinfrared Lamp	on	0.2~0.3, 0.3 v/m		5 minutes after removal	Top 54	0.3~0.6, 0.4 v/m	
		0.0~0.0, 0.0 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$			Bottom 59	0.0~0.1, 0.1 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	
	off				Interior 46		

Note) The distance of the external power cord 0.1 cm

Field Logger(ML-1, EnviroMentor, Sweden)을 이용하여 전계와 자계(최소~최대, 평균)를 측정하였다. 전기가 흐르는 곳은 어디서나 발생하는 속성이 있기 때문에 전자파는 필연적으로 발생한다. 주파수가 높을수록 전자파의 에너지는 커지나 거리 반비례하여 감쇄율은 작아진다.<sup>15</sup> 전자파는 전자파양립성(EMC), 전자파장해(EMI), 그리고 전자파내성(EMS)로 구분되며, 전자파와 생체와의 상호작용은 인체에 흡수된 전자파 에너지에 의한 열작용, 전자계에 의해 인체 내에 유도된 전류에 의한 자극작용, 미약한 전자계의 장기간 누적효과에 의한 비열작용, 그리고 전자계에 의해 대전된 물체와의 접촉이나 스파크방전 등 간접작용에 의한 충격 및 화상 등을 들 수 있다. 그러나 WTR기관의 방출량은 최대노출량을 말하며, 단위는 전자파 인체흡수율(specific absorption rate : SAR)보다는  $\text{W}/\text{cm}^2$ 로 나타내므로 측정결과와 전자파가 인체에 어떠한 영향도 미치지 않았다.

#### IV. 결론

제조된 탄소섬유 면상 발열체를 이용하여 의료용 물리치료 기기를 제조하여 적외선을 방사하여 방사량을 체열진단기로 측정함과 동시에 제조된 시편의 미세구조, 적외선 가열 분석 등을 측정한 결과 다음과 같은 특성을 얻었다.

1. 전자현미경사진으로 물질의 결정화 정도를 확인한 결과 결정립의 크기가 일정하고 결정화됨을 알 수 있었다.
2. 적외선 체열 진단기로 측정한 결과 원적외선 방사량에 따른 에너지의 흡수율에 따라 체열량이 변화함을 알 수 있었다. 이는 화학변화, 온도계수의 영향, 단백질 구조의 변화, 생체 지질막 등에 의한 영향과, 시간에 따라 신경계~내분비계(호르몬)의 반응진행정도, 생체고분자의 불가역 변화, 급격한 탄화나 증발에 의한 구조적 변화(기질적 변화)를 수반함을 알 수 있다.

3. 면상발열체로 적외선을 복사한 후, 복사 전·후 신체의 표면온도를 검사한 결과 생체생리기능에 대한 인자로 피부의 혈류량과 열량에 의해 크게 영향을 미치는 것을 사료된다.
4. 원적외선 방사체에 관한 구조는 열을 가진 물체 또는 인체가 적외선을 방사하면 열을 흡수함과 동시에 발열 작용으로 인체는 각 부위에 따라 열에 대한 고유의 진동수를 가지며 원적외선의 진동수와 일치하면 공진, 공명 운동을 함을 알 수 있었다.
5. 면상발열체 전원부위가 인체에 미치는 전자파의 영향을 전계와 자계로 구분하여 확인한 결과 인체에 영향을 미치지 않은 낮은 값을 얻었다.

### 참고문헌

1. Song MJ. Development of Thermal Sensor Devices in the BaTiO<sub>3</sub> Systems. Proceeding of 2003 Spring Symposium on Electrets and its Application Technics; Seoul, Korea. Korea university of technology and Education; 2003.
2. 송민중, 김태완. 원적외선 실무기술. 서울: 북스힐; 2006.
3. 森 英俊. “サーモグラフィによる経絡經穴 現況の研”, Biomedical Thermology, 1987; 7: 217-28.
4. 西條一止 森 英俊. “健康成人男子の全身 皮膚溫 分布の季節變動”, Biomedical Thermology, 1986; 16: 430-45.
5. 森 英俊, 西條一止. “熱畫像 検査診斷基準の 設定にむけて(3)”. Biomedical Thermology, 1994; 14: 131-49.
6. 뉴에라스시리즈 編輯 委員會篇, “半導體セラミクスとその應用”, 뉴에라스(7), 學獻社, 1990; 228-32.
7. 김충혁, 송민중, 박춘배, 이준웅. 원적외선 방사와 응용(I). Journal of the KIEEME, 1992; 41: 17-25.
8. Youn SH, Hong CS. A Study of Mixed - Mode Interlaminar Fracture Toughness of Graphite / Epoxy Composite. Journal of the KSME 1986; 41: 198-207.
9. Mendelson M. Average Grain in Polycrystalline Ceramic. J Am Ceramic Society 1984; 52: 443-446.
10. Durig JP. Chemical, Biological, and Industrial Application of Infrared Spectroscopy. NY: John Wiley & Sons; 1985.
11. Megaw HD. Crystal Structure of Barium Titanate Oxide and Other Double Oxide of the Perovskite Type. Physical Society 1946; 58: 132-152.
12. 西條一止, 森 英俊. Decreased heart rate by acupuncture stimulation in humans via facilitation cardiac vagal activity and suppression of cardiac sympathetic nerve. Neuroscience Letters 1997; 227: 165-8.
13. Jia QX, Shi ZQ, Yi J, Anderson WA. Effect of Barrier Layer on BaTiO<sub>3</sub> Thin Film Capacitors on Si Substrates. J Electronic Material 1994; 23: 53-6.
14. Medcore. IRIS-500, Digital Infrared Imaging System manual. Manual; 2006.
15. Sheng Y, Wilson E, Yan-Fei L. A Novel EMI Filter Design Method for Switching Power Suppliers. IEEE Trans on Power Electronics 2004; 19: 1668-78.