

## Design for Adhesive Carbon Heating Element X-ray Table with an Attached Heating Device

Jongnam Song<sup>\*,\*\*</sup>, Eungkon Kim<sup>\*</sup>

*Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University<sup>\*</sup>,*

*Dept. of Radiology, Dongshin University<sup>\*\*</sup>*

## 가열장치를 구비한 부착형 탄소발열체 X선 촬영대 고안

송종남<sup>\*,\*\*</sup>, 김응곤<sup>\*</sup>

순천대학교 컴퓨터공학과<sup>\*</sup>, 동신대학교 방사선학과<sup>\*\*</sup>

### Abstract

The purpose of this study is to warm up the conventional X-ray table by inventing and design for X-ray table with an attached heating device using less unloaded X-ray, CNT (carbon nano tube) heating element. Configuration of the product design for adhesive carbon heating element X-ray is composed of a conventional X-ray table, carbon nano tube planar heating element, an electrode line, flame resisting protective film, and the bottom film. Characteristics and advantages of this invented product is to provide gentle feeling, the sense of security, and eliminating anxiety to the patient wearing a patient gown and feel the cool air while receiving the test. Thus we are strongly recommend to use this device in the clinical situation.

Key Words : X-ray Imaging Apparatus, Carbon Heating Element, Diagnosis Table

### 요약

본 연구의 목적은 기존에 사용 중인 X선 발생장치의 촬영대를 따뜻하게 가열하면서도 X선 감약이 적은 탄소나노튜브(carbon nano tube, CNT) 발열체를 사용하여 가열장치를 구비한 X선 발생장치용 부착형 촬영대의 고안 및 설계를 하고자 한다. 고안된 제품의 구성은 부착형 탄소발열체 촬영대로서 기존 X선 촬영대, 탄소나노튜브 면상발열체, 전극선, 난연 처방된 보호필름과 바닥필름으로 구성되어 있다. 본 고안 제품의 특징과 장점은 냉기(冷氣)를 느끼는 촬영대에서 환의를 착용하고 검사를 받는 환자에게 온화한 느낌과 안전감을 제공하고 심적인 불안감을 해소하여 검사에 도움을 줄 수 있기 때문에 임상 적용을 적극 권장하는 바이다.

중심단어: X선 촬영장치, 탄소발열체, 진단촬영대

## I. INTRODUCTION

### 1. 개발배경 및 목적

의료용 X선 장치의 구성은 한국표준협회 KSA 4021에 규정된 근거에 따라 X선 발생장치, X선 기계장치, X선 영상장치 및 관련기와 이들 부속품을 총칭하여 X선 장치라고 하며 관전압이 10 kV에서 400 kV까지의 장치가 의료용 X선 장치에 포함된다. X선 발생장치는 X선관에 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환시키는 장치로서 X선원장치, X선 고전압 발생장치와 이들 부속품의 조합으로 구성되어 있다. X선 기계장치는 X선을 이용하여 진단 또는 치료하기 위해 사용하는 X선 투시촬영대, X선 촬영대, X선관과 테이블을 지지하는 장치, X선 치료대를 총칭한다<sup>[1]-[2]</sup>. X선 촬영대는 X선 진단을 위하여 왜곡이 발생하지 않는 장소의 제공과 인체를 고정시킬 수 있고 의료용 영상장치를 장착하여 X선 촬영 또는 X선 투시를 하는 장치로서 형광판식 투시 촬영대, X선 TV식 투시 촬영대, 특수 투시 촬영대로 구성되어 있다. 지지장치는 인체의 위치를 고정시키는 수단이 없이 X선관장치나 X선 영상장치 등을 지지하는 장치로서 천정식, 바닥식, 벽걸이식 지지장치로 구성되어 있다<sup>[3]</sup>. 이러한 종래의 X선 촬영장치는 X선 발생장치, X선 기계장치 및 X선 촬영대에 대한 구조를 개선하려는 연구들이 이루어지고 있으며 피검자가 직접 신체를 접촉하게 되는 진단테이블 즉 촬영대에 대한 불만이 발생하여 이를 개선하기 위한 시도가 진행되었지만 별다른 성과를 이루지 못하였다.

환자는 X선 감약에 대한 문제로 인해 진단에 방해가 되는 악세사리를 제거하고 탈의를 한 다음 환자복(patient uniform)으로 갈아입기 때문에 피부가 직접 촬영대에 접촉된다. 특히 얇은 환자복을 입은 상태로 검사를 진행하는 겨울과 같은 차가운 날씨에는 불쾌한 기분을 유발하여 검사에 지장을 초래하고 있다. 하지만 모든 X선 촬영대의 하부에는 X선 영상을 관찰하거나 기록하는 X선 영상장치가 있어 촬영대에 히터구조를 설치할 경우 필연적으로 X선 감약에 영향을 미치게 되는 딜레마를 갖게 되어 이를 해결하기 위한 연구들이 진행되어 왔으나 지금까지도 이를 완벽하게 해

결할 수 없어 영상이라도 완전하게 획득하기 위해 피검자의 불편을 감수하는 상황이 수십 년간 반복되어 왔다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방법으로 본 연구의 목적은 진단테이블 즉 촬영대를 따뜻하게 가열하면서도 X선 감약에 영향을 미치지 않는 탄소나노튜브(carbon nano tube, CNT) 발열소재인 발열체를 사용하여 가열장치를 구비한 X선 촬영장치용 촬영대의 고안 및 설계를 하고자 한다.

### 2. 연구동향

탄소발열체는 탄소가 전기저항에 의해 발열하는 것을 이용하여 만든 가열체를 말하는데, 과거에는 탄소가 전기 저항이 작은 전도체로 알려져 있어 발열체로서 이용할 수 없다고 여겨 왔으나, 최근에는 천연계 섬유를 진공온수로 탄화시켜 마이크로 단위의 기포를 갖는 탄소섬유로 형성할 경우 높은 수준의 저항값을 갖는 것으로 밝혀지면서 발열체로써 사용되기 시작했다. 최근의 전기히터에는 종래에 사용된 니켈 크롬 합금으로 이루어진 발열체에 비교하여 복사열 효율이 상대적으로 높은 것으로 입증된 탄소발열체의 사용이 늘고 있다.

탄소발열체의 개발에 대한 선행된 연구를 보면 최기연 등<sup>[4]</sup>은 기존의 텅스텐 소재(시즈히터) 발열체에 비해 발열속도가 빠른 탄소 소재의 발열체인 탄소합사를 이용한 관상형 발열체(탄소발열봉)와 선상형 발열체를 이용한 다용도 발열시트를 개발하였다. 이는 탄소발열봉을 이용한 탄소보일러의 에너지 절감 시험 결과 기름보일러 대비 68% 정도로 보일러, 난로, 열풍기 등 난방기기에 적용될 수 있고, 다용도 탄소발열시트는 실증시험을 거치면 제설용, 지중난방용, 근권난방용, 농작물 건조용, 건축용 바닥 난방등 다용도로 활용할 수 있다고 하였다. 또한 이인수 등<sup>[5]</sup>은 탄소발열체를 이용한 고효율 에너지 절감형 관상용 수족관 히터를 제안하여 에너지소비 및 환경오염문제에 큰 장점을 가지고 있다고 하였고 제안한 탄소발열체 히터가 기존 일반 히터에 비해 20.6%의 에너지 절감을 할 수 있었다고 하였다. 배강열 등<sup>[6]</sup>은 입상탄소 발열체의 열원을 이용한 온풍기의 적용에 관한 연구에서

기존의 시즈히터와 비교하여 발열체의 저항값은 20~25% 감소하였지만 탄소발열체의 효율은 97.7%이고, 시즈히터의 열효율은 87.1%로 탄소발열체가 약 10%정도의 높은 효율을 나타내서 각종 산업현장에서 사용 가능성을 확인하였다고 하였다.

국내에서 촬영대에 관한 연구 및 개발은 김익환<sup>[7]</sup>에 의한 전후진 및 회전동작이 가능한 테이블을 가지는 의료용 진단기기를 개발하였지만 가열장치를 구비하는 X선 촬영장치의 진단테이블에 대한 선행연구는 전혀 진행이 되지 않은 상태이다.

## II. MATERIALS AND METHOD

### 1. 고안 제품의 구성

본 연구를 통해 개발할 수 있는 제품의 종류로는 기존의 X선 촬영장치와 촬영대를 이용할 수 있는 부착형 탄소발열 촬영대와 새롭게 X선 촬영장치와 촬영대를 고안하여 제작할 수 있는 매립형 탄소발열 촬영대로 나눌 수 있다.

본 연구의 고안에서는 부착형 탄소발열 촬영대로서 제품의 구성은 기존 X선 촬영대, 탄소발열체, 전극선, 난연 처방된 보호필름과 바닥필름으로 구성되어 있다. 연구의 고안을 위해 가장 큰 문제점과 관심이 X선의 감약이었다. 이에 술자는 가열장치를 구비하면서도 X선 감약에 전혀 문제가 발생하지 않는 소재를 연구하던 중 탄소나노튜브 면상발열체를 접하게 되어 본 연구의 소재로 채택을 하였다.

사용된 탄소발열체는 탄소나노튜브(carbon nano tube, CNT)용액을 이용한 면상발열체를 적용함으로써, 기존의 카본 페이스트에서 발생된 온도 상승에 따른 저항 증가로 판상의 합성수지재의 형상 변화와 국부적인 저항 변화로 화재가 발생하는 문제점이 없다는 특징을 가지고 있다. 또한 자체 탄소나노튜브의 PTC(position temperature coefficient) 효과를 이용해 초기 온도 상승 후 균형적인 온도가 유지되게 만들었다.

전극선은 구리박막판과 은(silver) 페이스트로 구성하여 은 음전극과 양전극이 엇갈리도록 서로 교호하게 형성되어 탄소발열체에 전기를 전달하게 된다. 설

치 시 전극선의 위치 배열은 금속성분으로 구성되어 있기 때문에 X선의 감약에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 이유로 X선이 조사되는 조사야에서 최대한 벗어나는 위치에 배치하였다.

보호필름과 바닥필름의 구성은 양방향으로 연신된(이축연신) 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) 필름 또는 오리엔티드 폴리스티렌(OPS) 필름으로 두께는 100 $\mu$ m 이하이다. 이축 연신 PET나 이축 연신 OPS를 기재로 사용하여 160 $^{\circ}$ C까지 발열되는 제품의 용도로 이용하였고, 또한 바닥필름층에 난연 처방을 별도로 하여 난연 3급도를 확보하여 사용하였다<sup>[8]</sup>.

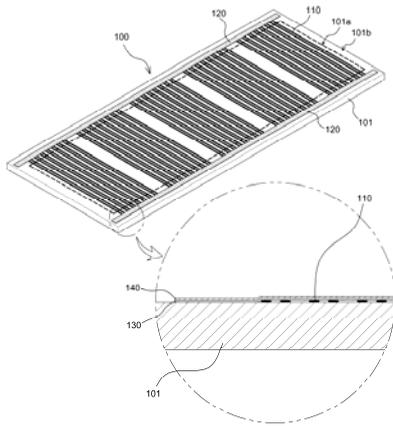
### 2. 고안 과정

기존의 X선 촬영대를 이용하여 테이블의 표면 중간부, 즉 X선이 조사하는 부분으로 피검자가 위치하는 부분에 일정 간격으로 탄소발열체를 가로로 배치하고, 상기 탄소발열체의 양측에 세로로 전극선이 연결되도록 하되 전극선은 X선이 조사하는 부분을 벗어나는 위치에 형성되도록 설계하였다. 그리고 피검자의 안전을 위해 탄소발열체와 전극선을 난연 처방된 보호필름을 사용하여 전체적으로 커버하도록 구성하였고 바닥필름을 사용하여 촬영대의 표면에 접착하도록 설계하였다.

## III. RESULT

### 1. 부착형 탄소발열체 촬영대의 사시도

가열장치를 구비한 X선 촬영장치용 촬영대를 보여 주는 사시도의 결과로써 100은 촬영대를 의미하고 101a는 테이블(100)의 표면 중간부를 의미하며 X선이 통과하는 부분에 일정하게 탄소발열체(110)을 배치하고 탄소발열체의 양측에서 세로, 즉 길이방향으로 전극선(120)이 연결되도록 하여 X선이 조사하는 부분을 벗어나는 위치(110b)에 형성되도록 하였다[Fig. 1].

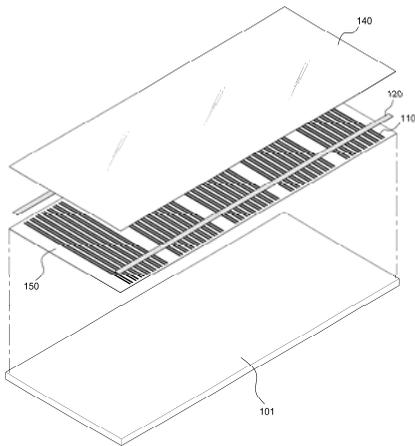


\* 100: 개발된 탄소발열체 촬영대, 101: 기존 촬영대, 101a: X선 조사 부위, 101b: X선이 조사외의 부위, 110: 탄소발열체, 120: 전극선, 130: 접착제, 140: 보호필름

Fig. 1. Isometric projection of carbon heating elements diagnosis table.

## 2. 작동상태를 보기 위한 분해 사시도

Fig. 2는 고안한 제품의 다른 설계의 예를 보여주는 사시도로써 가열장치를 구비한 X선 촬영장치용 촬영대의 작동상태를 확인하기 위해 분해한 모습이다. 여기에서 추가적으로 150은 바닥필름을 의미하고 있다.



\* 101: 기존 촬영대, 110: 탄소발열체, 120: 전극선, 140: 보호필름, 150: 바닥필름

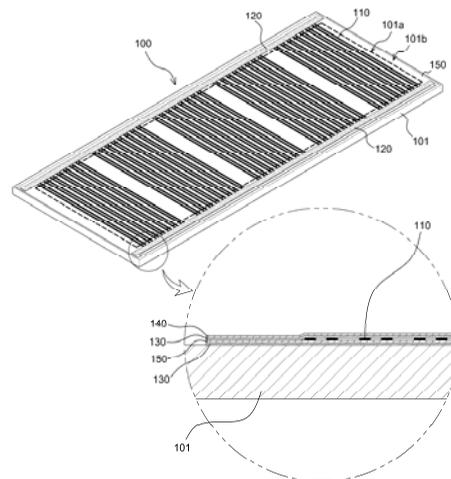
Fig. 2. Decomposition isometric projection of carbon heating elements diagnosis table.

## 3. 부착형 탄소발열체 촬영대의 결합된 사시도

Fig. 3은 기존 촬영대에 일정하게 탄소발열체를 배열하고 전극선을 연결한 다음 보호필름과 바닥필름을 부착한 최종 부착형 탄소발열체 촬영대의 사시도이다.

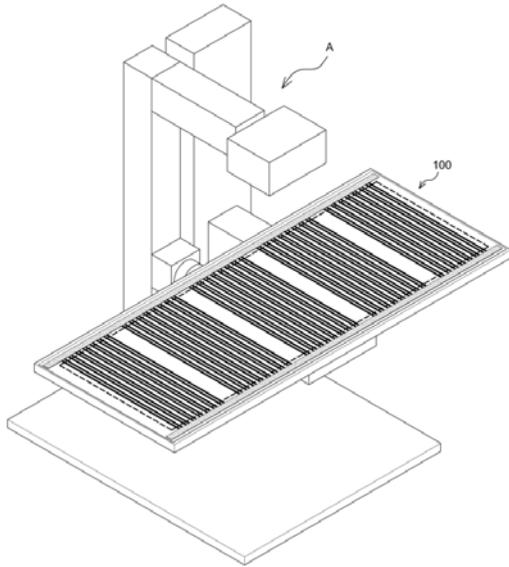
## 4. 부착형 탄소발열체 촬영대의 실제 사용 상태에 대한 참고도

Fig. 4는 기존에 사용하던 촬영대를 이용하여 가열장치를 구비한 탄소발열체를 부착형태로 설치한 X선 장치와 결합한 참고도이고 Fig. 5는 가열장치를 구비한 탄소발열체를 장비에 부착하여 촬영대와 결합한 X선 발생장치의 최종 실물영상이다.



\* 100: 개발된 탄소발열체 촬영대, 101: 기존 촬영대, 101a: X선 조사 부위, 101b: X선이 조사외의 부위, 110: 탄소발열체, 120: 전극선, 130: 접착제, 140: 보호필름, 150: 바닥필름

Fig. 3. Coupling isometric projection of carbon heating elements diagnosis table.



\* A: 기존의 X선 발생장치, 100: 개발된 탄소발열체 촬영대

Fig. 4. Reference drawing of carbon heating elements diagnosis table.



Fig. 5. carbon heating elements diagnosis table and X-ray equipment.

#### IV. DISCUSSION

대표적인 발열소재는 형태에 따라 선상과 면상으로 구분되는데 선상형태는 니크롬선을 이용한 전기온돌 판넬과 면에서 발열되는 면상발열체로 나눌 수가 있다. 면상발열체는 기존의 선상발열과 비교했을 때 가

장 큰 장점은 열효율이 높다는 것이다. 동일면적을 대비했을 때 같은 에너지가 투입된다면, 목표온도에 도달하는 시간은 면상발열을 이용하는 것이 더 짧고 선상발열은 열선이 지나가지 않는 부분은 열선에서 열이 전도될 시간이 필요하다.

면상발열체의 종류에는 금속박판을 이용한 것, 발열도료라는 카본블랙을 이용한 것, 탄소섬유를 이용한 것, 탄소나노튜브(CNT) 등이 있다. 탄소나노튜브는 1985년에 Kroto와 Smalley가 탄소 동소체(allotrope)의 하나로 탄소원자가 60개나 모인 Fullerene를 처음으로 발견하여 또 다른 탄소동소체가 존재할 수 있음을 암시한 이래 최근에는 분말형태로 탄소나노튜브를 합성하는 기상합성법이 개발되었으며, 이는 탄소나노튜브를 대량으로 합성할 수 있는 방법으로서 복합체에 적용이 가능하여 탄소나노튜브의 상용화에 가장 근접한 합성법으로 알려져 있다.

지금까지 알려진 탄소동소체로서 다이아몬드, 흑연, 플러렌, 탄소나노튜브가 존재하며, 다이아몬드가 탄소 원자 4개와 sp<sup>3</sup> 결합을 하여 정4면체를 이루는 반면, 탄소나노튜브는 흑연면(graphite sheet)이 나노크기의 직경으로 실린더형태를 취하고 있다. 하나의 탄소원자는 3개의 다른 탄소원자와 sp<sup>2</sup> 결합의 육각형 벌집무늬를 이루며, 이 튜브의 직경이 대략 수 nm 정도로 극히 작기 때문에 나노튜브라고 부르게 되었다<sup>[9]</sup>. 추가적으로 탄소나노튜브는 탄소 6개로 이루어진 육각형들이 서로 연결되어 관 모양을 이루고 있는 신소재로서, 형태는 탄소 6개로 이루어진 육각형 모양이 서로 연결되어 관 모양을 이루고 있다. 관의 지름이 Fig. 7과 같이 수 내지 수십 나노미터에 불과하여 탄소나노튜브라고 일컬어지게 되었다. 탄소나노튜브는 전기 전도도가 구리와 비슷하고, 열전도율은 자연계에서 가장 뛰어난 다이아몬드와 같으며, 강도는 철강보다 100배나 뛰어나다. 탄소섬유는 1%만 변형시켜도 끊어지는 반면 탄소나노튜브는 15%가 변형되어도 견딜 수 있다. Fig. 6은 탄소나노튜브와 탄소나노섬유의 모식도이고 Fig. 7은 탄소나노튜브의 섬유 높이에 차이를 나타내는 주사전자현미경(SEM)의 측면 영상을 보여주고 있다 [10]-[11].

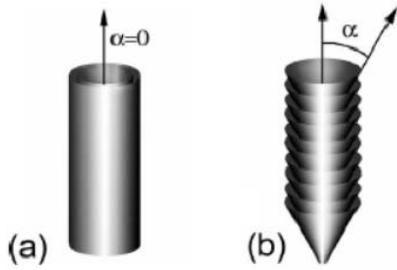


Fig. 6. Mimetic diagram of carbon nano tube(a) and carbon nano fiber(b).

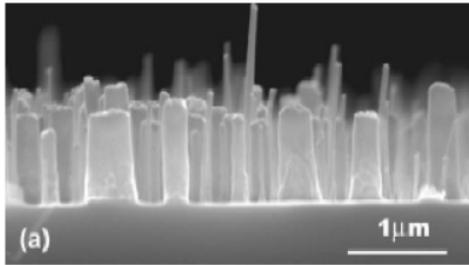


Fig. 7. Scanning electron microscope image of carbon nano tube.

본 연구를 위한 개발된 고안 제품은 부착형 탄소발열 촬영대로서 기존부터 사용 중에 있는 X선 장비를 활용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 구성으로는 기존 X선 촬영대, 탄소발열체, 전극선, 난연 처방된 보호 필름과 바닥필름으로 구성되어 있으며 공기층이 발생하지 않도록 부착을 하는 것이 최대의 관건이 될 수 있다. 탄소자체는 K-흡수단이 0.28 KeV이고 공기인 산소는 0.53 KeV으로 산소보다 무려 2배 이상이 적다고 할 수 있다. 이와 같이 탄소는 X선 감약에 문제가 되지 않는지만 공기층은 X선 영상형성과정에서 감약에 영향을 준다고 볼 수 있다. 특히 피사체와 필름간의 거리가 증가하여 불선예도가 증가하여 화질이 떨어질 수 있기 때문에 부착은 아주 중요한 문제 중에 하나라고 볼 수 있다<sup>[3][12]</sup>.

부착형 탄소발열체 X선 촬영대의 고안에서 중점을 두고 해결할 문제점은 바닥필름을 기존의 X선 촬영에 부착하는 점이다. 바닥필름과 기존 X선 촬영대 사이에서 공기층이 발생하면 X선의 흡수가 증가하여 광자량의 감소를 초래하며 양자노이즈(quantum noise)가 불선

예도가 증가하여 화질에 영향을 미치게 된다<sup>[13]</sup>. 이러한 영향은 급기야 SNR과 CNR에도 영향을 초래하여 고안된 탄소발열체 X선 촬영대가 무용지물이 될 수 있기 때문에 선결되어야 할 부분이라고 생각된다.

## V. CONCLUSION

탄소발열체를 이용하여 가열장치를 구비한 부착형 X선 촬영대를 고안하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫 번째로, 기존의 X선 촬영대는 환자가 환의를 입고 검사를 할 때 스텐레스나 철판 된 촬영대 위에 눕거나 신체를 접촉할 때 차가운 느낌을 유발하여 검사에 어려움이 발생하였지만 가열장치를 구비한 X선 촬영대는 환자에게 온화한 느낌과 안전감을 제공하고 심적인 불안감을 해소하여 검사에 도움을 줄 수 있다.

두 번째로, 기존의 X선 발생장치를 이용할 수 있어 추가적인 장비의 설치 없이 X선 촬영대에 부착하여 사용이 가능하다는 장점이 있다.

세 번째로, 본 고안 및 실험은 향후에도 지속적으로 진행 중에 있는 과제로 X선 감약에 대한 실험과 환자의 만족도를 분석하여 제품에 대한 신뢰도와 반응을 예의주시할 필요가 있다고 사료된다.

## Reference

- [1] G. S. Kwan, K. G. Kim et al., "Medical Radiography Machinery", Dai-Hak Pub., pp.27-30, 2008.
- [2] S. S. Kang, D. K. Kweon, et al., "The Latest Radiography Machinery", Chung-Gu Pub., pp.28-pp36, 2008.
- [3] S. S. Park, G. S. Kim, K. S. Lee, et al., Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology", Dai-Hak Pub., pp.129-142, 2000.
- [4] G. Y. Choi, Y. S. Shin, T. Y. Kweon, S. J. Kang, "에너지 절약형 탄소발열체 개발 실증연구", GyongSangBuk-Do Agricultural Research & Extension Services, 2008.
- [5] I. S. Lee, K. H. Lee, "Development of high efficiency heater using carbon heating material"
- [6] K. Y. Bae, K. S. Lee, T. W. Kong, H. S. Chung, H. Y. Jeong and H. T. Chung, "A Study on Application Warm Air

- 
- Circulator by Using the Carbon Heating Element with Partial Type" Journal of the Korea Society for Power System Engineering, Vol.7, No.4, pp.31-37, 2003.
- [7] I. H. Kim, "Diagnosis Apparatus for Medical Treatment with Forward and Backward Table Capable of Rotating", Korea Intellectual Property Office, 2020060029637, 2008.
- [8] S. H. Yue, Y. B. Jung, J. B. Kim, "Carbon Nano Tube Heating Seat" Korea Intellectual Property Office, WO2010095844 A2, 2010.
- [9] I. S. Jeong, E. J. Kim, W. S. Kim, "기능성 탄소나노튜브 복합체의 개발현황과 전망", KISTI, 2013.
- [10] <http://www.bestbeeco.com/>
- [11] J. I. Lee, H. T. Jung, "Technical Status of Carbon Nanotubes Composites", Korean Chem. Eng. Res., Vol.46, No.1, pp.7-14, 2008.
- [12] D. M. Kim, S. S. Kim, et al., "Analog & Digital-PACS Medical Imaging Information Science", Dai-Haks Pub., pp.116-126, 2008.
- [13] J. H. Seo, J. H. Jeong, J. H. Shin, J. H. Weon, S. W. Jeong, S. Y. Ha, C. H. Beak, "Investigation of Scattered Radiation on Images Effect in Digital Radiography", The Korean Society of Radiology, 2014.