

## 電 子 레 인 지

李 俊 植,\* 金 坻 顯\*\*

三星電子綜合研究所 第三研究室 室長,\* 研究員\*\*

## I. 序 論

최근들어 각 선진국에서는 주방기기의 하나로서 전자 레인지가 크게 보급되고 있다. 처음 전자 레인지가 등장했을때는 초고주파의 누출에 대한 위험성, 高價 등으로 대중화되기가 힘들었으나, 자동조리 기능등으로 인한 安全性의 증가와 많은 복합적 기능으로 인해 현재는 널리 보급되고 있다. 물론 우리나라의 경우는 아직 널리 보급되어 있지 않은 實情이지만, 선진국에 대한 수출 품목으로써 각광을 받고 있고, 우리나라의 주방 역시 점차 현대화해 가고 있으므로 앞으로 그 이용이 활성화될 전망이다.

전자 레인지는 마이크로파를 이용한다. 마이크로파는 주파수가  $30 \sim 3 \times 10^6$  MHz의 주파대역을 가지는데 VHF ( $30 \sim 300$  MHz)와 UHF ( $300 \sim 3000$  MHz) 대역에서 라디오 및 TV방송등 통신 분야에 사용될 뿐만 아니라 산업용의 가열 냉각 장치에도 사용되고 있다. 전자 레인지는 이러한 마이크로파에서 UHF대역을 이용한 가열장치인 것이다.

본 내용에서는 전자 레인지의 기본 원리를 살펴보고, 최근에 각광을 받고 있는 sensor를 이용한 자동 조리의 기법에 대해서 알아 보도록 하겠다.

## II. 本 論

## 1. 電子 레인지의 概要

Micro Wave Oven(전자 레인지)는 열전도·열복사를 이용한 종래의 가열방식과는 달리 Magnetron이라 불리는 초고주파 발전판에 고압 전기를 가하여 생긴 주파수가 2450MHz인 초고주파를 이용한다.

이 초고주파는 1초에 약 24억 5천만번 정도로 電界의 방향이 바뀌게 되고 이것이 식품에 더해지면, 식품을 구성하는 分子들이 1초에 24억 5천만번 전계에 따라 회전하여 많은 마찰열이 발생하며, 이 열에 의해 식품이 조리되게 된다. 이러한 초고주파 가열의 특징

으로는

- 1) 가열효과가 높고 가열속도가 빠르다.
- 2) 식품을 용기에 담은채 가열할 수 있다.
- 3) Cavity (전자 레인지의 내부)는 열기를 방출하지 않기 때문에 늘 청결하다.
- 4) 살균효과가 좋다.
- 5) 야채류등에서는 신선한 色과 型을 그대로 유지할 수 있다.
- 6) 解凍이 편리하다는 등이 있다.

전자 레인지는 1945年 특히 출원된 美國의 Percy Spencer박사의 "Method of Treating Foodstuffs"로부터 시작되며 상품으로는 1959年 英國에서 처음 등장하였다. 그후부터 전자 레인지는 가격의 低下 마이크로파의 安全性, 취급의 使利性, 調理種類的 增加, 調理狀態의 向上, 디자인, 등의 문제를 해결해 가면서 발전하고 있다. 그 결과 현재는 여러가지 음식을 자동으로 조리할 수 있도록 출력이 자유롭게 조절되며, One Touch로서 조리가 되고, 또 효율향상으로 에너지도 계속 절감되고 있다.

## 2. 電子 레인지의 基本 原理

## 1) 加熱 方式

일반적으로 식품을 가열하는데는, 연탄, 가스스테이블 등의 열전도 가열과 전기 Oven의 열복사 가열, 그리고 전자레인지의 유전 가열 방식이 있다.

유전가열 방식이란 마찰열에 의한 가열 방식이다. 식품은 전기적으로 부도체 즉 중성이지만 그 식품을 구성하고 있는 분자 구조는 그림 1과 같이 양극(+) 및 음극(-)로 분류되어 分子의 한 쪽끝은 양전하(Positive Charge)를 띠고 다른 한 쪽끝은 음전하(Negative Charge)를 띠고 있는 分子雙極子로 되어 있다. 이러한 物체에 電界를 加하면 物체를 구성하고 있는 모든 分子들의 양電荷를 띤 부분은 음극을 향하게 되고, 음

電荷를 띤 부분은 양극을 향하여 整렬하게 된다.

이때 電界의 方向이 바뀌면 정렬되었던 分子들은 바뀐 電界의 方向을 따라 그림 2의 (b)같이 회전하여 재정렬하게 된다. 이러한 재정렬 과정에서 分子간의 마찰이 일어나고, 이에 따라 열이 發生된다. 따라서 電界의 方向을 연속적으로 바꾸어 주면 마찰열이 증가하여 물체의 전부분이 동시에 가열되게 된다.

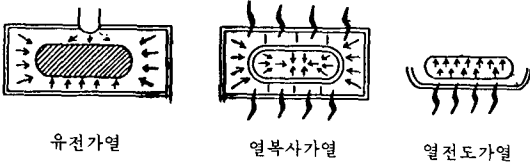
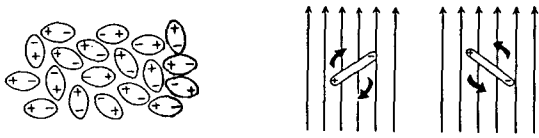


그림 1.



(a) 분자 쌍극자 (b) 분자 쌍극자 재정렬 과정  
그림 2.

2) 調理 原理

마이크로波란 아주 높은 주파수인 30MHz 이상으로 진동하는, 아주 짧은 波長을 가지고 있는 波이며, 전자 레인지에는 915MHz (波長 32cm)와 2450MHz (波長 12cm)의 두개의 주파수를 이용하고 있다.

마이크로波가 熱을 발생시키는 과정을 좀 더 자세히 살펴보도록 하자.

物質은 原子와 分子로 구성되어 있으며, 이러한 물질은 電氣的인 電荷 (Charge)를 갖고 있지 않은 中性인 物質이 있으나 거의 모든 物質은 電氣的 Charge, 즉 양전하와 음전하의 복합적 구성으로 되어 있다. 이러한 物質에 電界가 加해지면 雙極分子로 된 物質은 電界의 方向으로 배열하게 된다. 이때 電界의 極性이 바뀌게 되면 이 雙極子의 운동을 방해하려는 또다른 힘이 생기게 되고, 이 힘에 의해 마이크로波의 에너지는 熱로 바뀌게 된다. 즉 電界의 方向으로 정렬되어 있던 分子들이 1초에 24억 5천만번이나 電界의 方向이 바뀔때 따라 진동함으로써, 다른 分子들과 수없는 마찰을 하게되고, 이러한 마찰에 의해 熱이 발생하게 되는 것이다. 이와 같이 물질(음식물)이 에너지를 熱로 바꾸거나 또는 물질 자체가 加熱된다.

중래의 오븐등 조리기구는 음식이 표면에서부터 속

으로 가열되는 형태이지만은 마이크로파의 에너지는 음식의 내부까지 침투하기 때문에 음식 전체에 골고루 열이 전달되어, 음식 표면이 열로 인해 상하게 되는 점을 보완할 수 있다.

이러한 마이크로파는 금속성 물질에는 반사되고, 유리같은 물질에는 투과되기 때문에 금속자체나 유리 자체는 가열되지 않게 된다. 즉 이러한 물질로 된 것을 전자 레인지의 전용 용기로 사용함으로써 위험을 줄일 수 있다.

3. 自動調理

음식물을 가열, 조리하는 전자 레인지, 앞에서 언급한 바와 같이, 그 조리 방법이 점차로 간단해지고, 또 조리 상태나 조리 종류가 혁신적인 발전을 해나가고 있다. 현재 이러한 발전은 Microcomputer를 이용하여 자동 조리를 실현함으로써 점차 그 속도가 증가 되어 가고 있다.

이러한 자동 조리에 관해서는 여러 素子를 이용하고 있는데, 예를 들자면, 음식물에서 나오는 환원성 가스 및 증기를 感知하는 Gas sensor, 음식물의 表面溫度를 感知하는 Infra-red (赤外線) sensor, 음식물에서 나오는 수증기량을 感知하는 relative humidity (相對濕度) sensor, absolute humidity (絕對濕度) sensor, 등이 있다. 이러한 sensor 素子를 이용함으로써 전자 레인지에 대한 安全性과 信賴性이 증가하게 된다.

하지만 自動調理란 sensor를 사용하더라도 그 活用범위에 制限이 온다. 즉 Gas sensor는 환원성 가스가 발생하지 않는 음식물(물, 커피, 밀크등)에는 사용하지 못한다는 점, infra-red sensor는 음식물을 놓아야 하는 위치가 한정된다는 점, 相對濕度 sensor는 일정 온도(약150℃) 이상에서는 感知가 불가능하다는 점등 많은 제약이 따르게 된다. 그러나 이러한 제약들은 최근 절대습도를 感知하는 絕對濕度 sensor의 출현으로 배제할 수 있게 되었다. 이제 이러한 gas sensor, infra-red sensor, humidity sensor 등이 전자레인지에 어떻게 application 되는지와, 특히 최근 전자레인지의 최첨단기술이라 할 수 있는 absolute humidity sensor에 대해서 알아 보자.

1) 各 Sensor의 電子 레인지 Application

(1) Gas Sensor

① 週用原理

Gas sensor는 感 gas 素子로 SnO<sub>2</sub>를 主成分으

로 하는 燒結半導體인데 이 素子에 가스가 닿으면 素子の 電氣 抵抗이 낮아지는 특성을 가지고 있어 전자 레인지에 적용할 경우 음식물에서 나오는 gas를 感知해서 전자레인지의 出力을 制御, 조리를 가능케 한다. 즉  $S_nO_2$  ceramic gas sensor는 환원성 가스(수소, 매탄, 프로판등의 연료가스, 알콜, 아세톤의 유기물, 일산화탄소, 암모니아 가스등의 독성가스)와 接觸으로써 電氣傳導度의 변화율이 가스 농도와 일정한 관계를 유지하게 된다.

전자 레인지에 식품이 가열되면 식품의 온도가 상승되고 가스와 증기가 발생된다. 이 가스와 증기를 전자 레인지에 부착한 sensor가 감지하여 microcomputer에 信號를 보내고 가스 농도가 적당한 값이 되면(이때가 사용자가 원하는 상태가 되었을 때임) microcomputer가 전자 레인지를 제어하여 조리를 終了하게 된다.

## ② 問題點

가) Gas sensor는 주위온도에 영향을 많이 받므로 auto cooking에 사용할 때는 급격한 주위의 온도 변화는 삼가하여야 한다( $15^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$ 가 가장 적절함).

나) 환원성 gas가 발생하지 않는 음식물 즉, 물, 커피, 밀크등은 auto cooking을 할 수 없으므로 조리할 수 있는 음식의 종류가 제한된다.

다) Gas를 발생시키는 물질을 cavity(전자 레인지 内部)에 取付하지 않아야 한다. 왜냐하면 고무종류 등과 같이 gas를 발생시키는 물질이 있으면 음식물의 조리 상태와는 관계없이 농도가 짙은 gas를 감지하여 조리 오차를 발생시키기 때문이다.

라) 熱을 발생시키는 素子(Magnetron, Transformer, Lamp등)와 같이 sensor를 取付하지 말아야 한다. gas sensor는 주위온도의 영향을 많이 받기 때문이다.

마) Convection(대류가열) 제어에는 사용할 수 없다.

## (2) Infra-red sensor

### ① 適用原理

$LiTaO_3$  結晶의 赤外線 sensor를 사용해서 非接觸으로 식품의 온도(표면 온도)를 측정함으로써 auto cooking을 실현할 수 있다.

실측범위가  $5^{\circ} \sim 190^{\circ}C$  또는  $-20^{\circ}C \sim 300^{\circ}C$ 로 광범위하여 gas sensor나 相對湿度 sensor에서 convection, heating 기능을 위해 따로 感溫素子(thermistor 등)를 이용해야 하지만, 赤外線 sensor는 음식

식의 온도 자체를 感知하므로 感溫素子를 따로 쓰지 않아도 된다. 그러므로 溫度를 感知할 부분을 中心部에 그려놓고 그곳에 식품을 놓아야 한다.

### ② 問題點

가) 赤外線 sensor를 이용해서 음식의 온도를 측정할 경우 반드시 Chopper 회로가 수반된다(그렇지 않을 경우 sensor가 saturation되어 感知가 불가능해진다.).

나) sensor에 오물이 부착되지 않게 fan을 설치해서 sensor측에서 cavity內로 공기를 불어 넣어야 한다.

다) 가) 나) 항으로 인해 주변회로 및 기구적 문제가 복잡해진다.

라) 조리할 음식물을 놓아야 할 위치를 명시해 주어야 한다.

## (3) Humidity sensor

### ① 適用原理

Humidity sensor는 ceramic의 無數한 細孔에 부착되는 濕氣量에 따라 導傳性이 변하는 것을 이용한 것이다.

우리가 먹는 식품에는 수분을 포함하고 있는데, 가열에 의해서, 식품에서 수증기를 증발시켜, 그 수증기의 양을 검출함으로써 가열 조건을 설정하여 auto cooking을 실현할 수 있다.

습도 감지에 따른 자동 조리 가열법은 습도 sensor를 전자 레인지의 내부에 취부하여 시간에 따라 습도의 변화를 감지, 가열을 제어하게 된다. 대부분의 음식은 조리가 거의 다 되는 時點에서 급격한 수증기를 방출하게 되므로 식품의 양에 따라 가열 시간을 별도로 설정할 필요가 없게 되며 식품의 종류만 선택하면 그 양에 관계없이 자동적으로 조리할 수 있다.

Absolute humidity(絶對湿度) sensor는 濕氣量만을 感知하여 制御하며, 이에 반하여 relative humidity(相對湿度) sensor는 濕氣量과 溫度와의 相關關係로서 制御하는 것이다.

### ② 問題點

가) 조리 개시때는 항상 sensor의 오염물을 제거하기 위한 가열 cleaning이 필요하다. 따라서 조리를 개시하면 바로 실제 조리 상태로 들어가는 것이 아니라 cleaning에 필요한 시간후에 조리를 行하게 된다.

나) 相對湿度 sensor의 경우 별도의 感溫素子가 있어야 convection 제어를 할 수 있다.

## (4) Sensor別 特徵 比較表

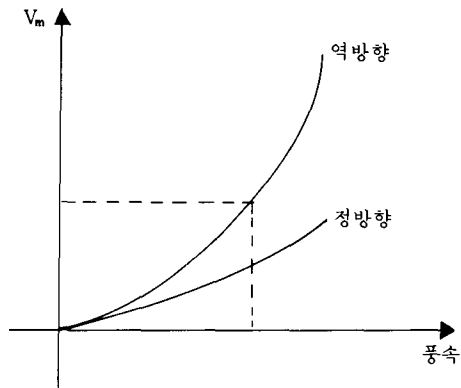
SENSOR別 特徵 比較表

SENSOR 特徵	GAS	INFRA- -RED	Re la t i v e h u m i d i t y	A b s o l u t e h u m i d i t y
皮 制 御 要 素	GAS	表面溫度	濕度+溫度	濕度
調理할 수 있는 음식류	制限있음	制限없음	制限없음	制限없음
調理할 수 있는 음식량	"	다소制限있음	"	"
周圍 溫 度 影 響	"	制限없음	制限있음	"
CONVECTION 適 用	不可	可	不可	不
調理할 음식 위치	制限없음	制限있음	制限없음	制限없음
風 速 制 制	있음	없음	다소있다	다소있음
초기가열 Cleaning 여부	없음	없음	있음	없음
初期 安 定 化 時 間	있음	없음	있음	있음
SENSOR 취부위치제한	있음	있음	다소있음	다소있음

원을 가하여 출력전압을 측정해서 그 값이  $\pm 5mV$ 이  
 내에 들게 될 때 까지의 시간이 안정화 시간이다. 이  
 것은 주위온도가 낮을수록 시간이 짧아진다.

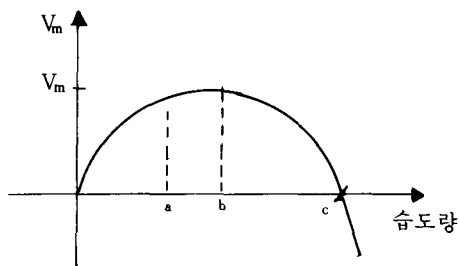
(4) 狀態에 對한 影響

가) 바람의 影響



절대습도 sensor는 바람의 영향을 많이 받는데, sensor가 바람에 대해 逆方向일 경우, 正方向일 경우 보다 風速이 增加할수록 영향을 많이 받는다. 그러므로 sensor 취부시 방향 설정이 바람에 대해 正方向이 되도록 주의하여야 한다.

나) 濕度 特性에 對한 影響



濕度量이 일정량(b)이상이 되면 수증기의 熱傳導率  
 이 나빠지게 되나 전자 레인지로써 음식물 조리시는  
 濕度量이 (a)이상이 되지 않으므로 별문제가 없다.

다) GAS에 對한 影響

전자 레인지로 肉類를 조리할때 CO<sub>2</sub>가 발생하는데 CO<sub>2</sub>의  
 영향은 0.3%V의 오차 밖에 되지 않기 때문에 별문제가 없다.

(5) 전자 레인지 적용시 조리 終了 檢知 方法

初期電壓(V<sub>i</sub>)에서 ΔV만큼 증가했을 때, 음식에 따  
 른 일정 常數(α)를 곱하여 된 잔여시간(T<sub>2</sub>)을 조리한  
 후 종료된다.

$$\begin{aligned} \text{즉, 總調理時間}(T) &= T_1 + (T_1 \times \alpha) \\ &= T_1 + T_2 \end{aligned}$$

2) Absolute Humidity Sensor

(1) 基本回路

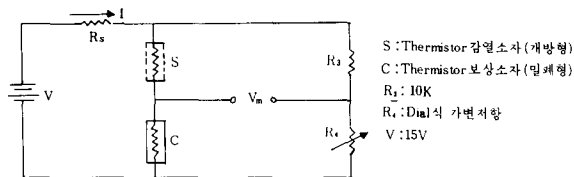


그림 3.

外部空氣가 자유로이 드나들수 있는 開放型 ther-  
 mistor (S)와 絶對濕도가 ϕ인 건조 공기로 밀폐되어  
 있는 密閉型 thermistor (C)로 구성된 絶對濕度 ser-  
 sor는 그림 3과 같이 R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>로써, bridge 회로를 형성  
 하고 있다. 절대습도 sensor가 良品일 경우에는 주위  
 온도 40℃에서 dial式 可變抵抗 R<sub>4</sub>를 가변시켜서 V<sub>m</sub>  
 =0.0mv정도가 되어야 한다.

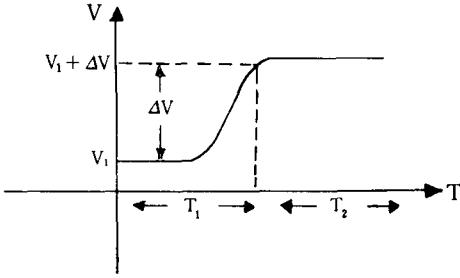
(2) 電流 制限用 抵抗 R<sub>s</sub>

感熱素子(S)에 흐르는 電流는 一定해야 하며 정해진  
 R<sub>s</sub>값에 대해서 주위온도가 낮아지면 전류I가 적게 흐  
 르게 되는데, 만일 주위온도가 0℃ 前後로 낮아진다  
 면 感熱素子가 自己加熱(self-heating)이 되지 않는경  
 우가 발생하므로 感熱素子가 自己加熱이 될 수 있도  
 록 電壓 V, 또는 R<sub>s</sub>값을 選定해야 한다.

R<sub>s</sub>값을 구하는 방법은 感熱素子의 RT특성 graph  
 에서 먼저 구한 素子 抵抗值에 대한 負荷 直線을 그  
 리고, 주위온도에 따른 電流 I값을 選定하여 電壓 V<sub>s</sub>,  
 V<sub>c</sub>를 求하고, V<sub>s</sub>, V<sub>c</sub>로부터 R<sub>s</sub>를 선정한다.

(3) 安定化 時間

基本回路에 전원을 가해서 감열소자(S) 및 보상소자  
 (C)를 안정시키고, 전원 OFF한 다음, 잠시후 다시 전



(6) 絶對濕度 sensor 感知部

그림 4의 절대습도 sensor 감지부는 수증기량을 측정해서 microcomputer에 입력시키는 부분이다.

Interface circuit(Ripple carry binary counter)로 조리전의 상태를 여러단계로 하여 Zero-balance를 맞추게 된다. Zero-balance가 된 후 조리가 시작되면, 외부공기가 자유로이 드나들수 있는 개방형 Thermistor (TH1)와 절대습도가 0인 건조공기로 밀폐되어 있는 밀폐형 Thermistor (TH2)로 구성된 절대습도 sensor는 센서 전원으로부터 전류 제한용 저항 R16을 통해 전류가 흐르게 되고, TH1과 TH2는 Self-heating (自己加熱) 상태로 되어 고온으로 가열된다. 이때 A점과 B점은 평형상태를 유지하게 되어 V<sub>AD</sub>와 V<sub>BD</sub>가 같게된다. 그후 전자 레인지의 가열요소인 magnetron이 발진하여 micro파가 음식물에 투과되면 음식물에서 수증기가 발생하게 되고 이 수증기는 배기구를 통해 나가다가, 그부근에 취부되어 있는 sensor에 흡착하게 된다. 이때 개방형 TH1은 수증기가 흡착되며, TH1의 발열에 의해 수증기가 기화하면서 자체 온도가 강하게 되며, 밀폐형TH2는 건조공기로 완전히 밀폐되어 있기 때문에 자체 온도는 변함 없게 된다. 이리하여 온도와 저항이 반비례하는 특성을 가진 개방형TH1의 저항값은 커지게 되어 V<sub>AD</sub>와 V<sub>BD</sub>간의 전위차가 생기며, 이는 DP-AMP를 통해 차동증폭되어 나타난다.

그림 4에서 알수 있는 바와 같이 조리 초기에는 V<sub>AD</sub> ≈ V<sub>BD</sub>이므로 V<sub>0</sub> ≈ V<sub>BD</sub>가 됨을 알수 있으며, 조리가 개시되어 소정의 시간이 흐르면 TH1에 수증기가 흡착되어 저항값이 커지게 되어 V<sub>AD</sub>와 V<sub>BD</sub>의 전위차가 커지게 되어, 출력전압 V<sub>0</sub>도 커지게 된다.

그러나 조리의 종료점에 도달하면 음식물에서 발생하는 수증기량은 일정해지고 따라서 V<sub>AD</sub>-V<sub>BD</sub>도 일정해져서 V<sub>0</sub>가 일정한 값에 머물게 된다. 이때가 자동조리의 종료점이 된다.

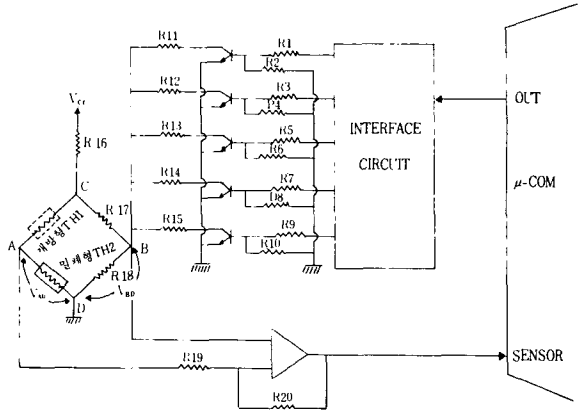


그림 4. 절대습도 센서 감지부

III. 結 論

이상에서 전자 레인지의 基本原理와 sensor를 적용한 자동 조리를 알아 보았으며 특히 최첨단이라 할 수 있는 절대습도 sensor의 원리에 대해서 알아보았다.

전자 레인지는 소비자 인식이 점차 安全하다는 면으로 가고 있고, 이에 부응하여 그 기술과 시장이 급속도로 발전해 나가고 있다.

또한 자동조리에 있어서는, 일본의 전체 전자레인지 판매량의 70%이상이 sensor를 적용해서 자동조리를 하는 전자레인지이며, sensor의 종류도 앞서 설명한 Gas sensor, Infra-red sensor, 무게 sensor, Relative humidity sensor, Absolute humidity sensor 등 다양히 응용되고 있다.

이러한 계속적인 기술의 개발과 생활의 안락함의 추구로 전자 레인지는 가까운 장래에 주방의 필수품이 될 것이다. \*