

微波爐用頻率 2.45GHz 的電磁波吸收之研究

胡曙光

開南大學通識教育中心 助理教授

摘 要

微波爐是科技文明的產品，若因使用不當或老舊發生電磁波外洩，居家環境會暴露於電磁輻射領域中而產生電磁環境污染問題。本研究旨在降低微波爐所引起的電磁環境污染問題，提出微波爐用頻率 2.45GHz 的電磁波吸收之解決對策並詳述電磁波吸收的設計方法。本論文中分析出電磁波吸收性能與材料厚度及複數介電係數有互相依存之關係。選擇吸收材料的厚度為 $d=0.62\text{cm}$ 且複數介電係數的值為 $\epsilon_r = 24.9 - j6.1$ 或選擇吸收材料的厚度為 $d=1.23\text{cm}$ 且複數介電係數的值為 $\epsilon_r = 6.7 - j3.0$ 時，均可在微波爐用頻率 2.45GHz 處得到 30dB 以上的電磁波吸收性能之反射衰減量。

關鍵詞：微波爐，電磁波吸收，反射衰減量

*連繫作者：開南大學通識教育中心，桃園縣蘆竹鄉開南路 1 號。

Tel: +886-3-3412500

Fax: +886-3-3414428

E-mail: syokou@mail.knu.edu.tw



壹、研究背景與目的

因工商業的繁榮與科技的發達，微波爐是爲了省時及便利而誕生的科技產品之一。近年不只被家庭廣泛使用，甚至商業也被廣泛應用於冷凍食品的回溫、麵食烘焙、食品乾燥等用途。微波爐的烹調方式是利用磁控管產生頻率爲 2.45GHz 的微波，此電磁能讓食物內的分子碰撞、摩擦而產生熱能，達到食物加熱的方式。若因使用不當或老舊而發生電磁波外洩時，居家環境會暴露於電磁輻射領域中而產生電磁環境污染問題。若能減少此類電磁環境的污染，可提高居住環境健康舒適性並可減少對人體的負面影響。本研究使用電磁波吸收體可將電磁能轉換成熟能的特性，提出置放微波爐附近的建材賦予電磁波吸收之解決對策，減少微波爐外洩的電磁波所造成的電磁環境污染之問題。

貳、設計方法

電磁波垂直入射介電材料的電磁波吸收性能，其評估方法如圖 1 所示的一枚介電質電磁波吸收材料將背面填裝導電性良好的材料(金屬板)之構造。

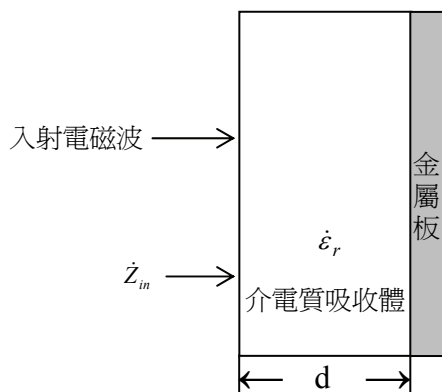


圖 1 介電質電磁波吸收的結構

對於此構造的反射衰減量(R_L) 被定義如下式 [1]所示：

$$R_L = -20 \log_{10} \left| \frac{\dot{Z}_{in} - 1}{\dot{Z}_{in} + 1} \right| \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

$$\dot{Z}_{in} = \sqrt{\frac{1}{\dot{\epsilon}_r}} \tanh \left(j \frac{2\pi d}{\lambda} \sqrt{\dot{\epsilon}_r} \right) \quad (2)$$

其中， \dot{Z}_{in} 爲輸入阻抗， $\dot{\epsilon}_r$ 爲介電材料之複數介電係數， d 爲吸收材料之厚度， λ 表示波長。

設計介電質電磁波吸收體之理想條件首先設定 $\dot{Z}_{in} = 1$ ，再根據方程式(2)之定義，使用數值分析法求出如圖 2 所示的 $\dot{\epsilon}_r$ 與 d/λ 之關係。圖 2 爲滿足電磁波垂直入射時之介電質電磁波吸收體的無反射條件之設計圖。若是滿足圖上各點顯示的複數介電係數之材料，均可設計成理想的電磁波吸收體。本研究使用圖 2 的設計圖，達到微波爐用頻率 2.45GHz 的電磁波吸收之設計。一般而言，反射衰減量在 20dB 以上，視爲擁有電磁波吸收性能[2-4]。

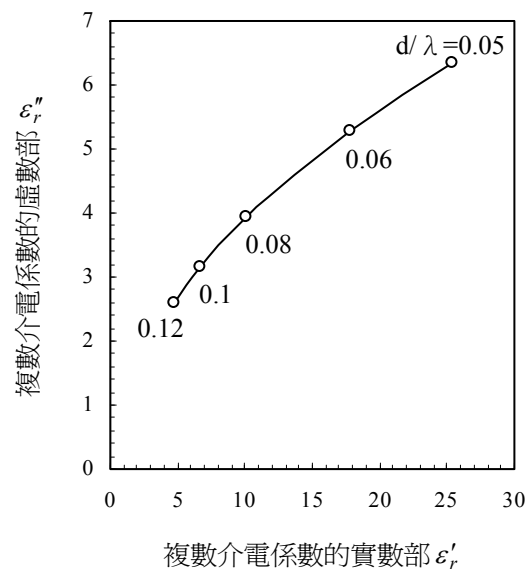


圖 2 滿足介電質吸收體的無反射條件之 $\dot{\epsilon}_r$ 和 d

參、研究結果

設計微波爐用頻率 2.45GHz 的吸收體時，若依據圖 2 的設計圖選擇 $d/\lambda=0.05$ ，需將材料厚度 d 設定為 0.62cm，再依據式(1)~式(2)之定義，使用數值分析法求出圖 3 所示之反射衰減量與複數介電係數兩者間的關係。圖 3 顯示若複數介電係數的實數部與虛數部之值在圖形頂端的圓周上時，可在頻率 2.45GHz 處獲得約 35dB 的反射衰減量。

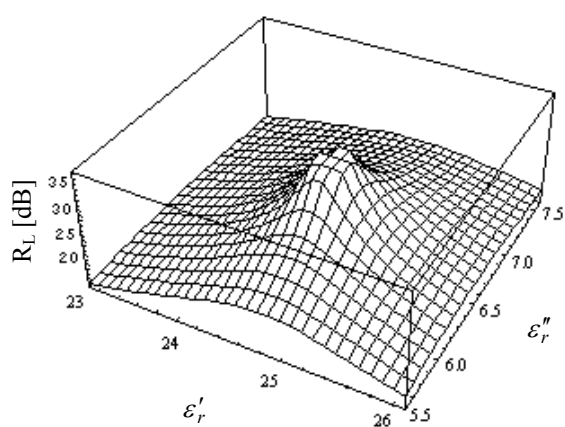


圖 3 固定 $d/\lambda=0.05$ 計算出複數介電係數與反射衰減量間的關係

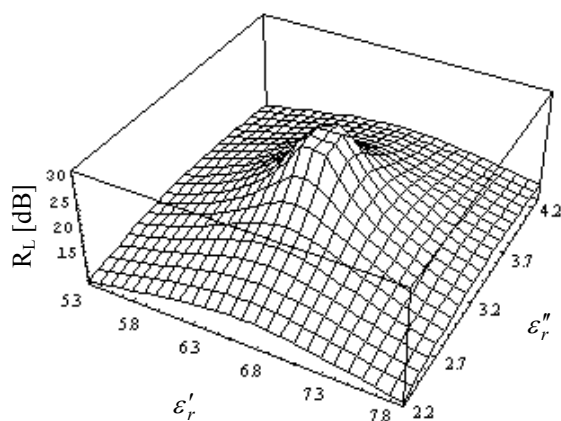


圖 4 固定 $d/\lambda=0.1$ 計算出複數介電係數與反射衰減量間的關係

同樣地，若選擇 $d/\lambda=0.1$ ，需將材料厚度 d 設定為 1.23cm，使用數值分析法亦可求出圖 4 所示之反射衰減量與複數介電係數兩者間的關係。圖 4 顯示若複數介電係數的實數部及虛數部之值在圖形頂端的圓周上時，可在頻率 2.45GHz 處獲得約 32dB 的反射衰減量。比較圖 3 與圖 4 的結果發現兩者雖都可達到圖 2 設計圖的無反射特性，但若要在圖形頂端獲得 35dB 以上的等高線之反射衰減量，圖 3 結果顯示擁有較大的複數介電係數者比較容易獲得。

根據圖 3 之結果，將材料厚度 d 設定為 0.62cm 及圖形頂端的圓周上任取一個複數介電係數的值為 $\epsilon_r = 24.9 - j6.1$ 代入式(1)~式(2)之方程式，求出圖 5 的頻率與反射衰減量之結果。圖 5 的結果顯示複數介電係數的值為 $\epsilon_r = 24.9 - j6.1$ 及厚度 $d=0.62\text{cm}$ 時，在頻率 2.45GHz 處求得 35dB 的反射衰減量。接著，再從圓周上另取一個複數介電係數為 $\epsilon_r = 24.9 - j6.45$ 代入方程式中，同樣地亦可在頻率 2.45GHz 處求得 35dB 的反射衰減量。此結果說明複數介電係數與反射衰減量有等高線的關係。

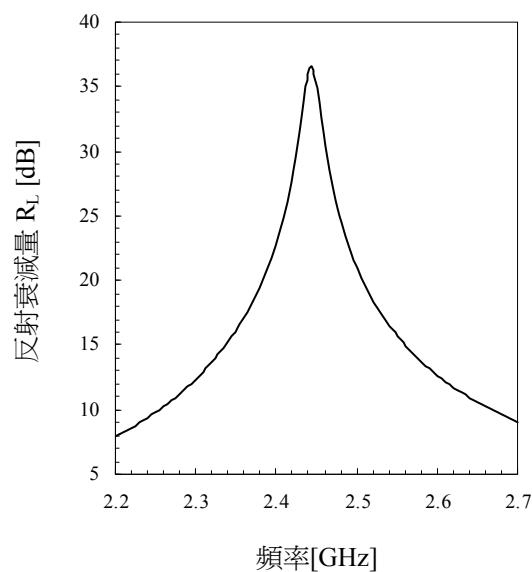


圖 5 固定複數介電係數 $\epsilon_r = 24.9 - j6.1$ 及材料厚度 $d=0.62\text{cm}$ 時，計算出頻率 2.45GHz 的反射衰減量



根據圖 4 之結果,將材料厚度 d 設定為 1.23cm 及圖形頂端的圓周上任取一個複數介電係數的值為 $\epsilon_r = 6.7 - j3.0$ 代入式(1)~式(2)之方程式, 求出圖 6 的頻率與反射衰減量之結果。圖 6 的結果顯示複數介電係數的值為 $\epsilon_r = 6.7 - j3.0$ 及厚度 $d=1.23\text{cm}$ 時,可在頻率 2.45GHz 處求得 32dB 的反射衰減量。從圖 5 及圖 6 的結果可得知,只要選擇滿足圖 2 設計圖條件之材料厚度及複數介電係數,均可在微波爐用頻率 2.45GHz 處得到 30dB 以上的反射衰減量。

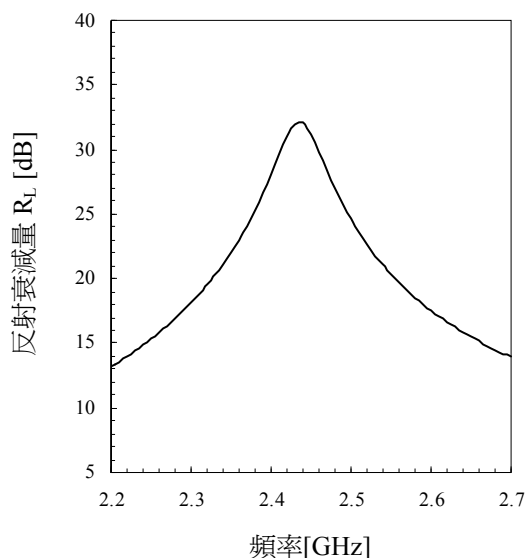


圖 6 固定複數介電係數 $\epsilon_r = 6.7 - j3.0$ 及材料厚度 $d=1.23\text{cm}$ 時, 計算出頻率 2.45GHz 的反射衰減量

選擇複數介電係數為 $\epsilon_r = 6.7 - j3.0$ 及 $d/\lambda=0.1$,將材料厚度 d 加以變化求出圖 7 的頻率與反射衰減量兩者之間的關係。圖 7 的結果顯示,若想設計頻率在 1.5GHz 處獲得 32dB 的反射衰減量,需要將材料厚度從 1.23cm 增至 1.99cm。換言之,材料厚度與頻率是成反比例的關係。

肆、結語

本論文中分析出電磁波吸收性能與適當的材料厚度及複數介電係數有互相依存之特性。選擇

$d/\lambda=0.05$ 的場合,將材料厚度選擇為 0.62cm 且複數介電係數的值為 $\epsilon_r = 24.9 - j6.1$ 時,在微波爐用頻率 2.45GHz 處得到 35dB 的電磁波吸收性能之反射衰減量。選擇 $d/\lambda=0.1$ 的場合,將材料厚度選擇為 1.23cm 且複數相對介電係數的值為 $\epsilon_r = 6.7 - j3.0$ 時,在微波爐用頻率 2.45GHz 處得到 32dB 的電磁波吸收性能之反射衰減量。並且分析出材料厚度與頻率是反比例的關係。將材料之複數介電係數固定為 $\epsilon_r = 6.7 - j3.0$,材料厚度從 1.23cm 增至 1.99cm,頻率由 2.45GHz 降至 1.5GHz 處均可得到 32dB 相同的反射衰減量。

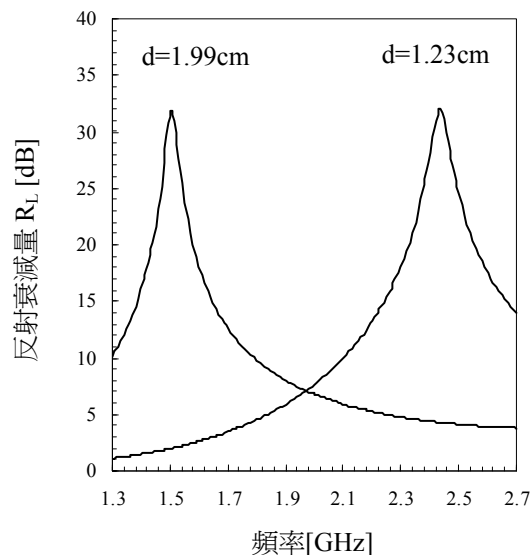


圖 7 材料厚度變化時計算出反射衰減量與頻率之間的關係

參考文獻

1. 內藤喜之,電波吸收体,オーム社,東京(1987)。
2. 清水康敬 等人,電磁波の吸収と遮蔽,日経技術図書,東京(1989)。
3. 赤尾保男,環境電磁工學の基礎,電子情報通信學會,東京(1991)。
4. Musal, H.M., Jr and Hahn, H.T. "Thin-layer electromagnetic absorber design", IEEE Transactions on Magnetics., vol. 25, pp. 3851-3853, Sept. 1989.



Study on Electromagnetic Wave Absorption at 2.45GHz for Microwave Oven Use

Shu-Kung Hu

Assistant professor, Center for General Education, Kainan University

Abstract

The microwave oven is the products of the scientific and technological civilization. When electromagnetic wave leakage is produced in virtue of unsuitable use or dilapidated condition, the question for electromagnetic environmental pollution of the house can produced by electromagnetic radiation arose from the microwave oven. The purpose of this research tried to reduce the electromagnetic environment pollution arose from the microwave oven. Also, this research proposed that the building material near the microwave oven offer the settlement countermeasure of electromagnetic wave absorption and explain the design method of electromagnetic wave absorption. This paper analyzed that electromagnetic wave absorbing performances depend on the suitable thickness and complex permittivity of material. When the complex permittivity and the thickness of material are chosen as $\epsilon_r = 24.9 - j6.1$ and $d=0.62\text{cm}$ or $\epsilon_r = 6.7 - j3.0$ and $d=1.23\text{cm}$, electromagnetic wave absorbing performances obtained return loss above 30dB at 2.45GHz for the microwave oven use.

Key Words: Microwave Oven, Electromagnetic Wave Absorption, Return Loss

*Corresponding author: Center for General Education, Kainan University, No.1 Kainan Road, Luzhu, Taoyuan County, 33857, Taiwan.

Tel: +886-3-3412500

Fax: +886-3-3414428

E-mail: syokou@mail.knu.edu.tw

