



大面積電容耦合射頻 電漿源模組技術

Technologies of Large Area Very High Frequency
Capacitively Coupled Plasma Source

張家豪

工研院機械所
先進機械技術組
先進薄膜設備部

林士欽

工研院機械所
先進機械技術組
先進薄膜設備部

李侃峰

工研院機械所
先進機械技術組
先進薄膜設備部

林冠宇

工研院機械所
先進機械技術組
先進薄膜設備部

關鍵詞(Keyword)

- 電容耦合式電漿源
Capacitively Coupled Plasma Source, CCP
- 駐波效應 standing wave effect
- 趨膚效應 skin effect
- 邊緣效應 edge effect

摘要(Abstract)

本文討論電容耦合射頻電漿源，在增加製程面積至米平方等級(scaling up to meter square)以及增加射頻功率頻率至超高頻波段(VHF, very high frequency)時，由於電磁波效應所產生的之電漿/製程不均勻問題。各章節將依序討論超高頻

電漿功率的使用、駐波效應(standing wave effect)、駐波效應克服技術、趨膚效應(skin effect)以及邊緣效應(edge effect)。

In this article, we discuss the electromagnetic-effect induced nonuniform plasma production in a large capacitively coupled plasma source with using a very high frequency rf power. The benefits and issues of using the VHF plasma, the standing wave effect and compensation method, the skin effect and the edge effect will be discussed in sequence.

1. 前言

電容耦合式電漿源(capacitively coupled plasma, CCP)所輸入的射頻功率除了產生電漿之



外，其大部分是消耗在電漿鞘層(plasma sheath)區域，使得經過電漿鞘層到達電極(或製程基板)表面之離子具有一定的能量。然而，高能離子的轟擊容易造成薄膜缺陷的產生，進而影響到製程良率。

考慮 CCP 電漿中鞘層邊界之射頻電流連續條件(continuity of rf current)，則主要電漿區(bulk plasma)及鞘層之電場強度可寫成與射頻功率頻率及電漿密度(電漿振盪頻率)有關之關係式

$$\frac{E_s}{E_p} \approx -\frac{\omega_p^2}{\omega^2} \quad (1)$$

其中， E_s 為電漿鞘層電場強度，影響到離子能量大小， $\omega=2\pi f$ 為射頻功率之角頻率， $\omega_p=(e^2 n_e / \epsilon_0 m)^{1/2}$ 則為電漿中電子振盪頻率與電子密度(n_e)有關。由此關係式可知，離子轟擊能量與電漿中電子密度成正比，且與射頻功率頻率平方倍數成反比。也就是說超高頻電漿源能產生較高的電漿密度(固定 E_s)以及較低的離子轟擊能量(固定 ω_p)，可以提高沉積速度並降低薄膜缺陷的產生 [1,2]。然而，在大面積 ($> 1 \text{ m}^2$) 製程中，高頻電磁

現象如：駐波效應(Standing Wave effect)、驅膚效應(Skin effect)及邊緣效應(Edge effect)等，將會影響到所產生的電漿均勻度，進而導致非均勻的鍍膜結果。

2. 電容耦合式射頻電漿源之高頻電磁現象

對於一個由平行電極所組成的電容器來說，不考慮邊緣(edge)影響的話，當施加直流 DC 電源於電極上時，正負電荷會分別累積在上下電極表面，而所累積的電荷即會在電極之間形成一均勻分佈的電場。當直流電源改換成低頻交流 AC 電源，電極表面上所累積的電荷便會隨著電位而改變，因此，電極間電場方向將隨著交流電源頻率做變化。而時變電場將感應生成一垂直於電場方向之時變磁場(如圖 1 所示，感應磁場強度正比於電源頻率以及徑方向 r 位置， $B_\phi = (i\omega r/2c^2)E_0 e^{i\omega t}$)。根據法拉第定律(Faraday's law)以及冷次(Lenz's law)對感應磁場的描述，此一時變

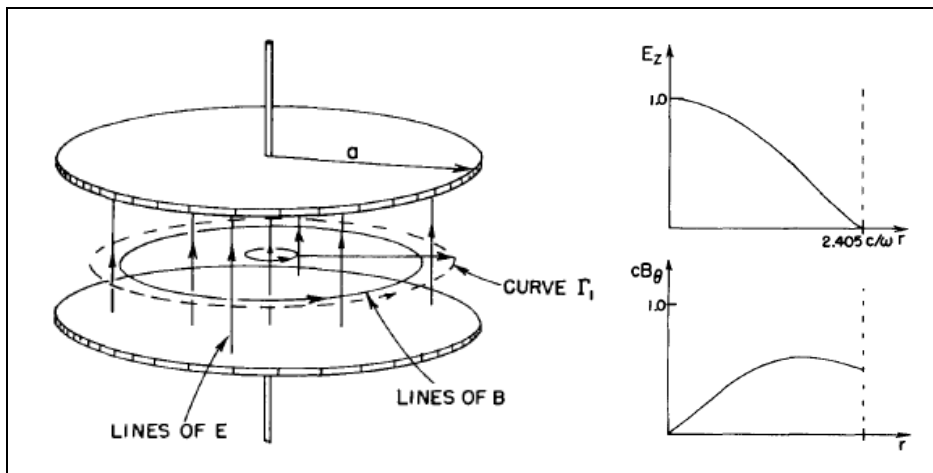


圖 1
平行電容，
電磁場示意圖[3]

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】350期・101年5月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw