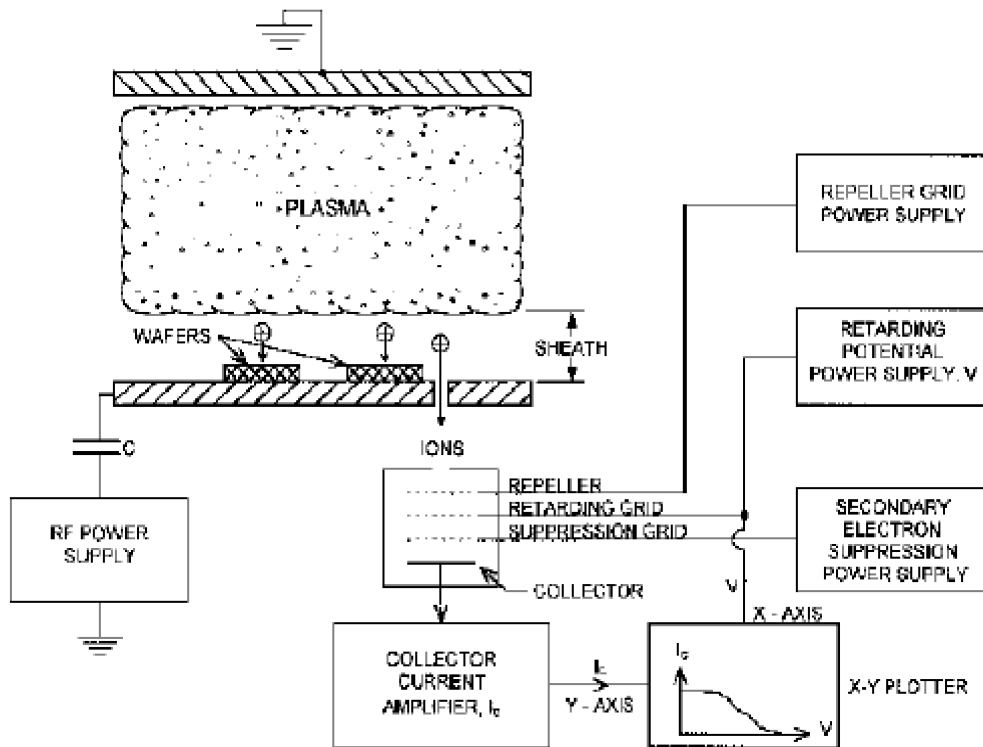


## PHÉP PHÂN TÍCH N NG L NG ION:

K thu t ch n oán plasma c dùng có th nói r ng rãi nh t ó là ph ng pháp phân tích n ng l ng ion. Ph ng pháp ó có th th c hi n thông qua máy phân tích s tr th n ng hay máy phân tích n ng l ng c a m t c u n cong. Các thí t b này có giá tr th ng m i cao và c ng d ng trong công nghi p ph plasma thí t b vi i n t và kh c plasma.

### V. MÁY PHÂN TÍCH S TR TH N NG:



H.5.1 S máy phân tích s tr th n ng, c dùng xác nh hàm phân b n ng l ng c a các ion n b m t c a m u.

Trên đây là sơ đồ của máy phân tích sputter thionitride khi dòng ion bị mất. Trong sơ đồ có một lưới chắn âm mà có dòng ion gia tốc hai bên lưới. Dòng ion vào máy phân tích sputter thionitride xem là giá trị vị trí gnomon.

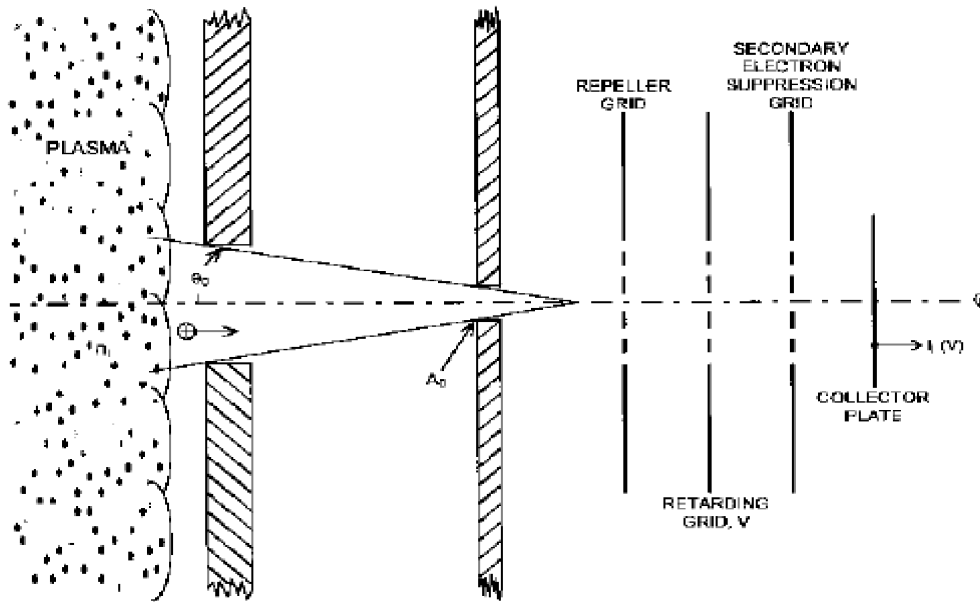
Khi vào máy phân tích, dòng ion sẽ gặp ba hệ thống.

- Thứ nhất là hệ thống đẩy (repeller grid), để tác động của thế hiệu điện, thế đẩy và làm vô hiệu những lo ngại có liên quan không quan tâm. Ví dụ, nếu một lo ngại quan tâm trong quá trình sputter thionitride của các ion dòng gây ra việc khấc axit, thì hệ thống này sẽ có thể âm. Khi có các electron và ion âm sẽ gặp hệ thống đẩy, hệ thống sẽ làm vô hiệu các electron và các ion âm nhận thu (collector).

- Hệ thống thứ hai là hệ thống làm chậm (retarding grid), thế của hệ thống này sẽ ngăn cản các ion dòng di chuyển đến collector.

- Hệ thống thứ ba có thể là hệ thống hạ electron (electron suppression grid), để tác động của thế hiệu điện sẽ đẩy và làm vô hiệu các liên kết thế phát ra từ collector khi bị bắn phá bởi dòng ion dòng. Việc hạ các liên kết thế phát ra từ collector là cần thiết vì hệ thống có dòng không phân biệt các dòng của các ion nhận thu và dòng của các liên kết thế phát ra từ nó.

Dòng thu sẽ có trên trục y và trục z thì trên trục x của trục, đó là trục phân bố năng lượng ion cho các ion vào máy phân tích. Các ion không rơi vào của máy phân tích quá một bán kính trong không gian vận tốc. Trong một vài trường hợp, các ion bị lệch góc  $\theta_0$  của khu vực kim loại, qua đó dòng ion xuyên qua. Điều này được mô tả như hình 5.2



**H.5.2 . Hình d ng hình h c c a máy phân tích s tr th v i góc hình nón  $\theta$**

Khi các ion n l i vào c a máy phân tích s tr th n ng và có phân b v n t c tuân theo phân b Maxwell và ng h ng trong không gian v n t c, t ng dòng ion xuyên qua kh u l i vào  $A_0$  là:

$$I_{max} = -\frac{eA_0 n_i \tilde{v}_i}{4} \quad A \quad V \leq V_p \quad (5.1)$$

Nó c a ra b i Roth và Clark (1969), và dòng ion tr ng thái n nh n b n thu c a máy phân tích s tr th c cho b ng:

$$I_i(V) = I_{max} \left\{ \exp \left[ -\frac{(V-V_p)}{T_i'} \right] - \cos^2 \theta_0 \exp \left[ -\frac{(V-V_p) \sec^2 \theta_0}{T_i'} \right] \right\} \quad A$$

$$V \geq V_p, \quad 0 \leq \theta \leq \theta_0 \quad (5.2)$$

Trong ó,  $I_{max}$  c xác nh nh bi u th c (5.1),  $V$  là th c a h th ng làm tr ,  $T_i'$  là nhi t ng h c c a ion, và  $V_p$  là th plasma. Thông s  $\theta_0$  là góc t i c c i c a ion khi vào máy phân tích v i phân b v n t c b t ng h ng , c mô

t nh hình 5.2. Trong các ng d ng quá trình plasma, hàm phân b c a ion có th gi m t ng t trong m t góc trong không gian v n t c vì s d ch chuy n thành c t qua các kh u hay là di chuy n qua vùng dày tr c l p v plasma (Zheng và các c ng s , 1995).

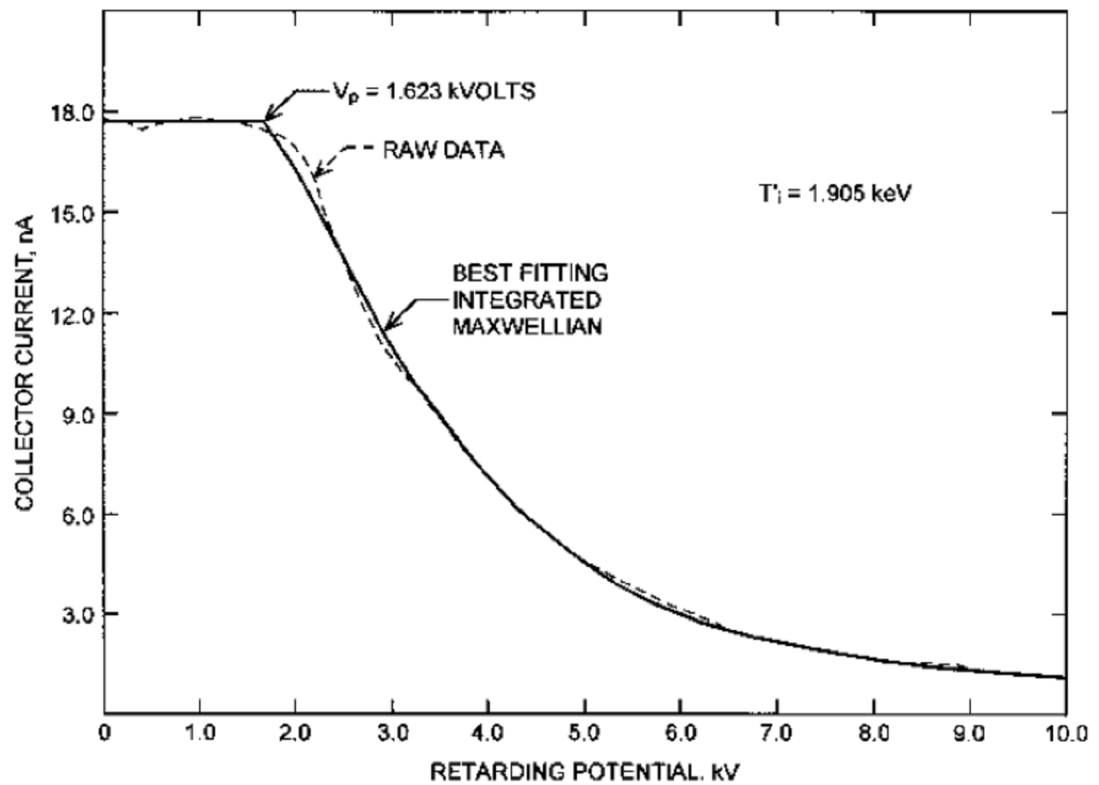
Bi u th c 5.2 c d n ra t gi thi t r ng các ion n máy phân tích là ng nh t trong ph m vi t góc  $0-\theta_0$  trong không gian v n t c, khi ó hàm phân b n ng l ng c a ion trong plasma là phân b Maxwell, và plasma tr ng thái n nh. M t b trí máy phân tích lý t ng, trong ó, các ion n kh u l i vào v i phân b vect v n t c h n m t bán c u, dòng ion thu c nh h ng n phân b Maxwell c a các ion, khi t  $\theta_0=\pi/2$ , ta có

$$I_i = I_{max} \exp \left[ -\frac{(V-V_p)}{T_i'} \right] \quad A \quad (5.3)$$

ng cong c a th tr t phân b Maxwell, ion nóng , m t lo i plasma phóng i n Penning tr ng thái n nh, c mô t hình 5.3. Trong tr ng h p này, ion Deuteri có nhi t ng h c h n 1900 eV, và th plasma là 1623 V. Hàm phân b n ng l ng thu c mô t kh n ng phóng i n Penning, t o ra các ion nóng và có phân b Maxwell. Plasma này làm vi c đ i i u ki n các ion b t hóa, nó cho phép quá trình nhi t i n t h c x y ra. Tuy nhiên tính ch t c a n ng l ng ion trong vi c ng d ng vào quá trình plasma c n ph i c gia t c hai bên l p v trên m u. Các ion không c t hóa và hi m khi v t quá n ng l ng 200 hay 300 eV.

Trong vi c ng d ng quá trình plasma, các ion không tuân theo phân b Maxwell, hàm phân b n ng l ng khi ó tr thành:

$$I_i(V) = I_{max} \left[ 1 - \int_{V_p}^V f(V) dV \right] \quad V_p \leq V \leq \infty \quad (5.4)$$



Hình 5.3 Các ví dụ về các đặc tính của dòng thu thập và fit tốt nhất tuân theo phân bố Maxwell thu được từ phép đo Penning áp suất thấp trong plasma  $V_p=1623V$  và nhiệt độ của ion  $T_i=1905eV$ .

Khi có  $I_{max}$  cho bởi công thức:

$$I_{max} = n_i e \tilde{v}_i \quad A \quad (5.5)$$

Trong đó:  $n_i$  là mật độ ion trong lớp vỏ trên lưới vào máy phân tích.

$\tilde{v}_i$  là vận tốc ion có thể xảy ra nhất;

Và 
$$\tilde{v}_i = \sqrt{\frac{2eE_i'}{M}} \quad m/s \quad (5.6)$$

Vì  $M$  là khối lượng ion, và  $E_i'$  là năng lượng ion trung bình của hàm phân bố.

Trong biểu thức (5.4) hàm phân bố ion  $f(V)$  có lý tích phân từ plasma, đó là thể tích dòng thu thập của máy phân tích sử dụng

vấn duy trì không ổn định, nên thế \$V\$ của hạt tăng làm tăng nhiệt độ. Nguyên lý tích phân vận tốc quá mức trong trường hợp này thì khi có hàm phân bố ion cân bằng hóa

$$\int_{V_p}^{\infty} f(V) dV = 1.0 \quad (5.7)$$

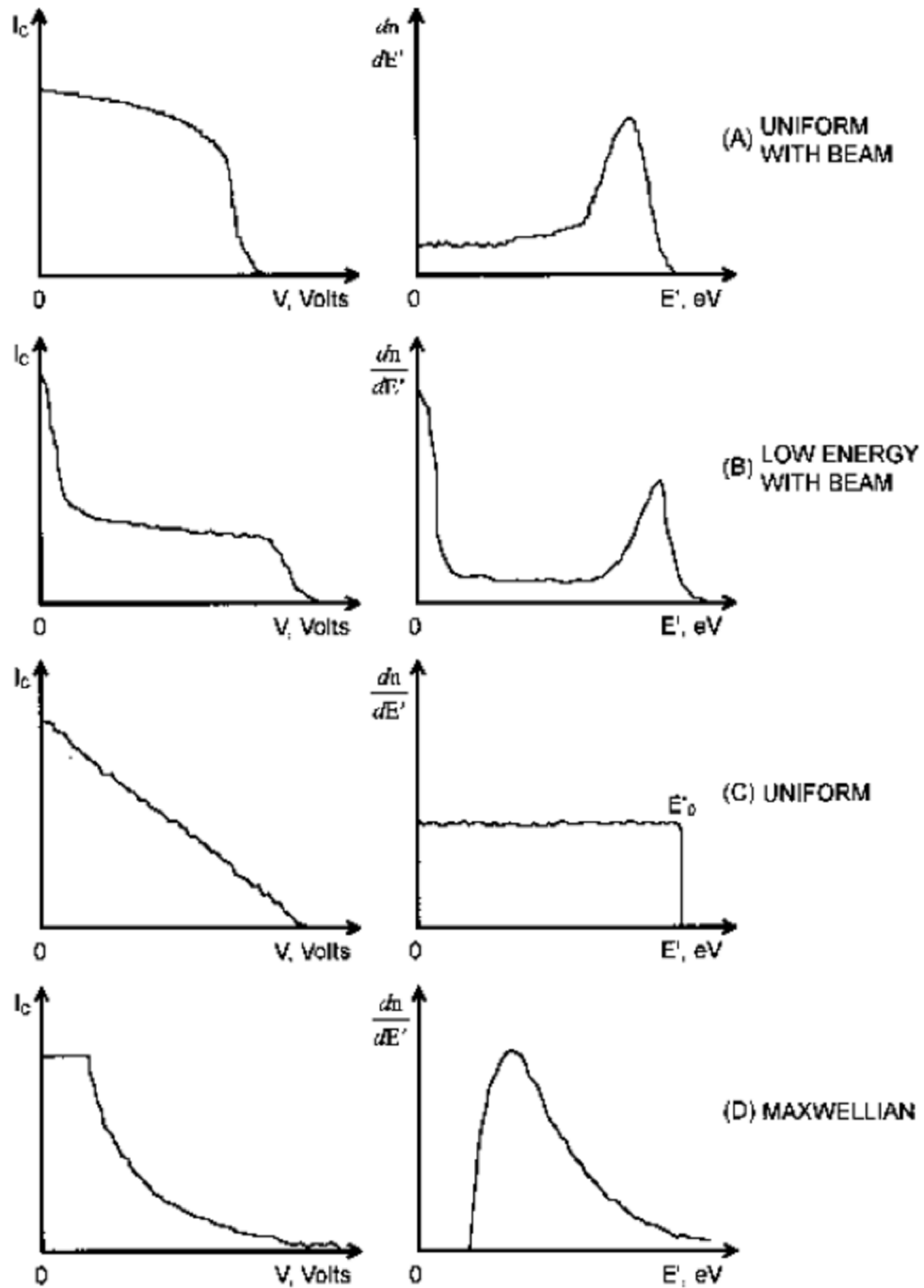
trong công thức cho biểu thức (5.7) là một hàm phân bố vận tốc của ion cân bằng tích phân và hàm phân bố cân bằng của các ion \$f(V)\$ có thể thu được bằng cách lấy vi phân biểu thức (5.7), ta có

$$f(V) = -\frac{1}{I_{max}} \frac{dI_i(V)}{dV} \quad (5.8)$$

Với phép đo nhiệt độ của máy phân tích hạt trong các trạng thái thêm phần mềm thực hiện các phép toán vi phân bao gồm biểu thức (1.8) và vận tốc của hàm phân bố vận tốc ion.

Góp phần hiểu rõ hơn các hàm phân bố vận tốc ion mà chúng ta gặp phải trong việc áp dụng các quá trình plasma, bản vẽ điển hình mô tả trong hình 5.4. Hàm phân bố vận tốc ion hình học mô tả ở bên tay trái. Hàm phân bố cân bằng rút ra từ công thức thể hiện ở bên tay phải.

- **Hình 5.4a**: Hàm phân bố vận tốc của ion cân bằng, một loại mà chúng ta có thể quan sát được ở các lò phản ứng plasma RF phẳng song song, làm việc ở tần số 13.56GHz
- **Hình 5.4b**: Mô tả hàm phân bố vận tốc của ion cân bằng kép, ví dụ như đây là vận tốc của lò phản ứng Plasma RF phẳng song song làm việc ở tần số nhỏ hơn 1MHz.
- **Hình 5.4c**: mô tả vận tốc xuất hiện hàm phân bố vận tốc ion cân bằng, khi có sự ion phân bố đồng nhau trong khoảng vận tốc \$0 \le E' \le E'\_0\$
- **Hình 5.4d**: mô tả các hàm phân bố vận tốc ion cân bằng lấy vi phân và tích phân và gần như là vận tốc phân bố Maxwell của vận tốc ion hình 1.3.



Hình 5.4 Các ví dụ mô tả các hàm phân bố năng lượng ion collector tích phân thu được từ máy phân tích phổ khối lượng, trong đó cột bên tay trái là hàm phân bố năng lượng ion và cột bên tay phải là hàm phân bố collector tích phân.

Từ các hình vẽ ta thấy, khi hàm phân bố năng lượng ion tuân theo phân bố Maxwell thì nó có dạng như hình 5.4.d, còn ngược lại thì có dạng như các hình a,b,c.