

Agのスパッタリング率の 価数依存性

高知工科大学 工学部 百田佐多生

柏原正樹, 大井一喜, 豊永拓也, 野尻洋一
高知工科大学工

研究の目的

イオンビームによる加工・改質



研究の目的

イオンビームによる加工・改質



Nanogan
(Pantechnik)



EBIS-A
(DREEBIT)

研究の目的

イオンビームによる加工・改質

- IBリソグラフィ法

- ...

- ...

← 多価イオン



Nanogan
(Pantechnik)



EBIS-A
(DREEBIT)

研究の目的

イオンビームによる加工・改質

- IBリソグラフィ法
- **スパッタリング法**
- ...

← 多価イオン



Nanogan
(Pantechnik)

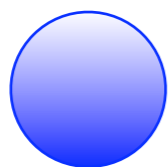


EBIS-A
(DREEBIT)

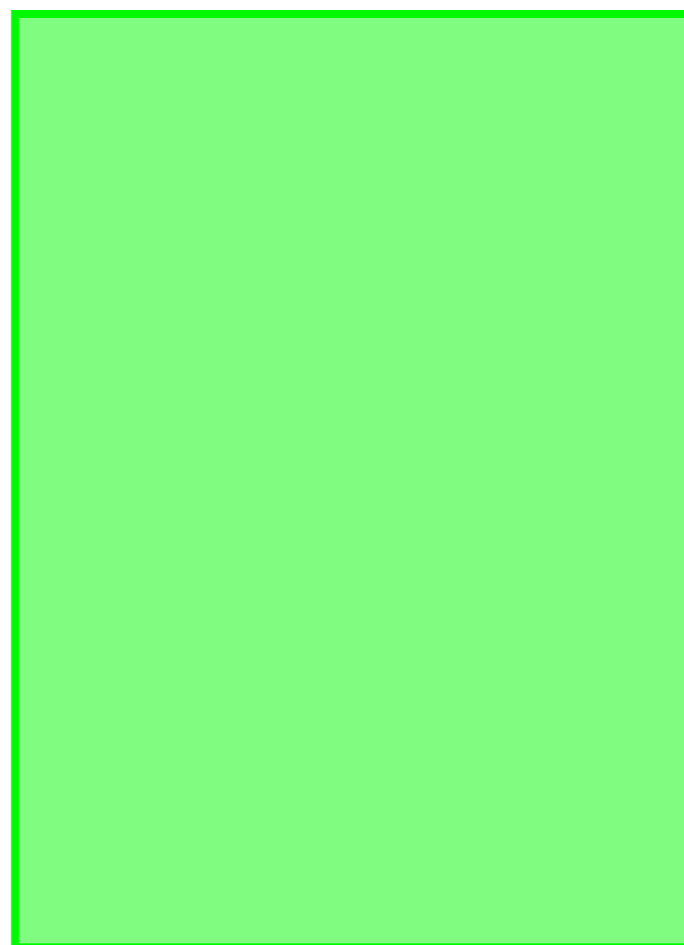
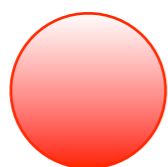
多価イオンの照射効果

照射効果 = 被照射材料へのエネルギー付与

1 価イオン



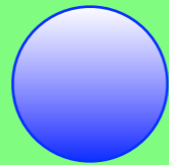
多価イオン



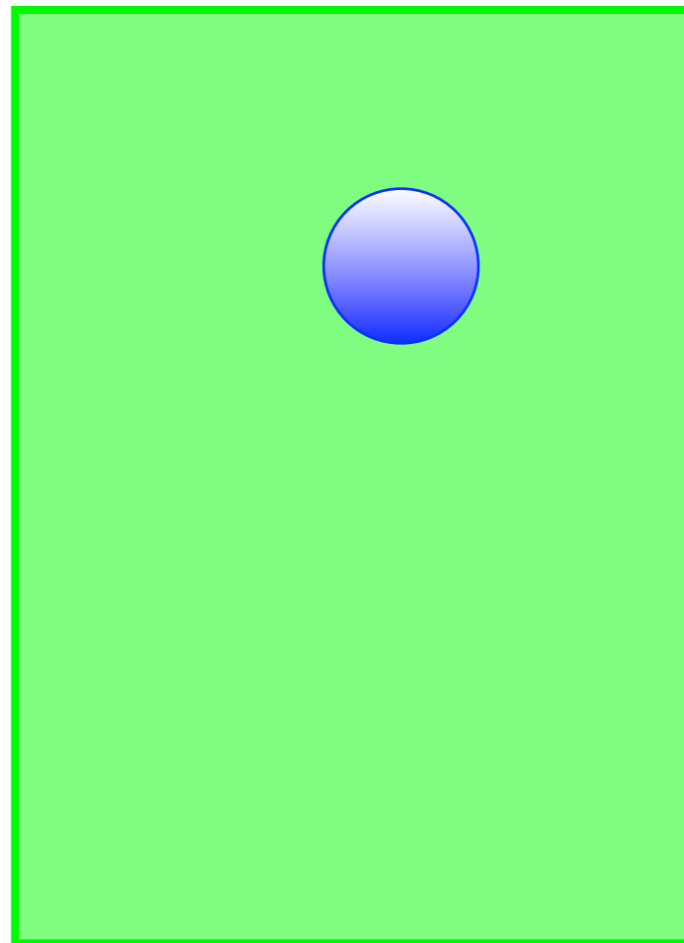
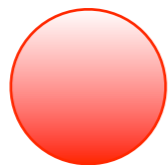
多価イオンの照射効果

照射効果 = 被照射材料へのエネルギー付与

1 価イオン



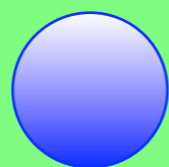
多価イオン



多価イオンの照射効果

照射効果 = 被照射材料へのエネルギー付与

1 価イオン



運動E

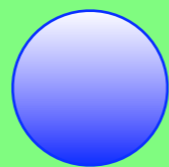
多価イオン



多価イオンの照射効果

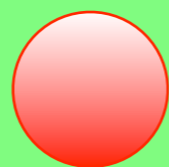
照射効果 = 被照射材料へのエネルギー付与

1 価イオン



運動E

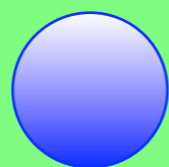
多価イオン



多価イオンの照射効果

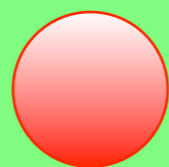
照射効果 = 被照射材料へのエネルギー付与

1 価イオン



運動E

多価イオン



ポテンシャルE

運動E

多価イオンのポテンシャルE

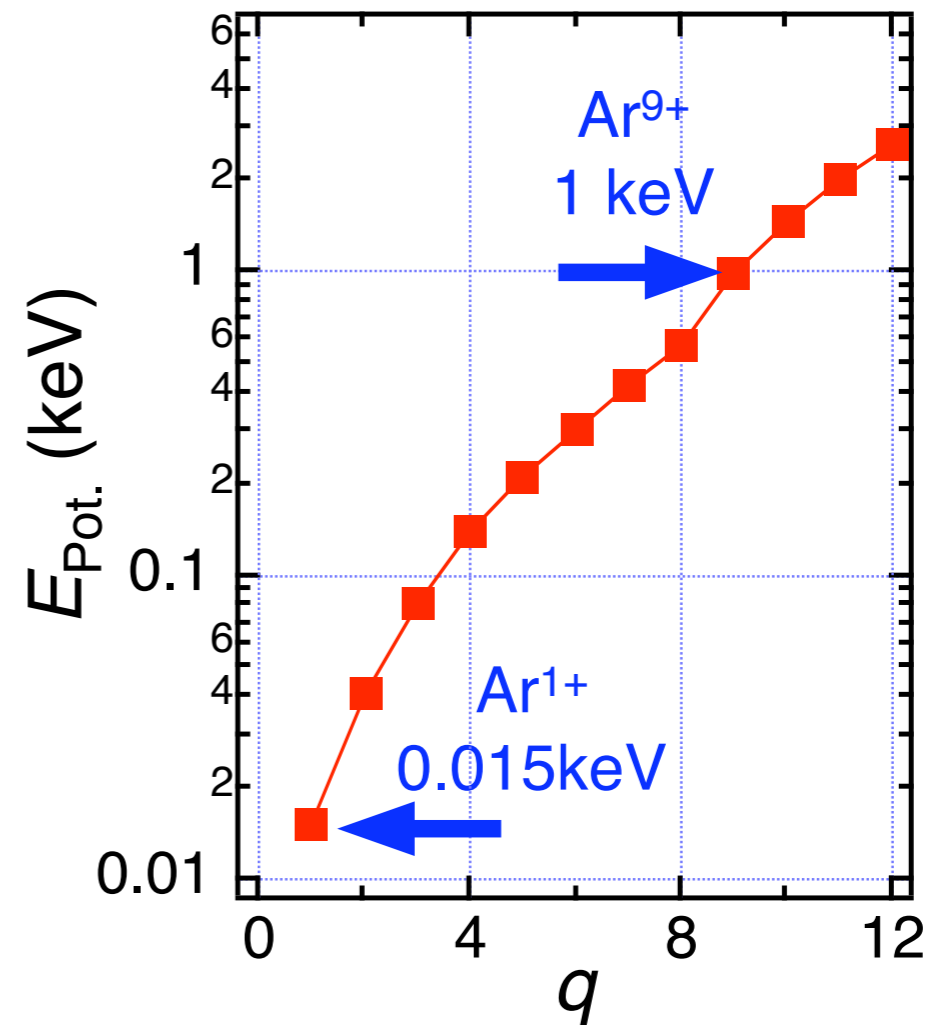
多価イオンのポテンシャルE

- 価数とともに急激に増加

多価イオンのポテンシャルE

$$E_{\text{pot.}} \propto q^{2.8}$$

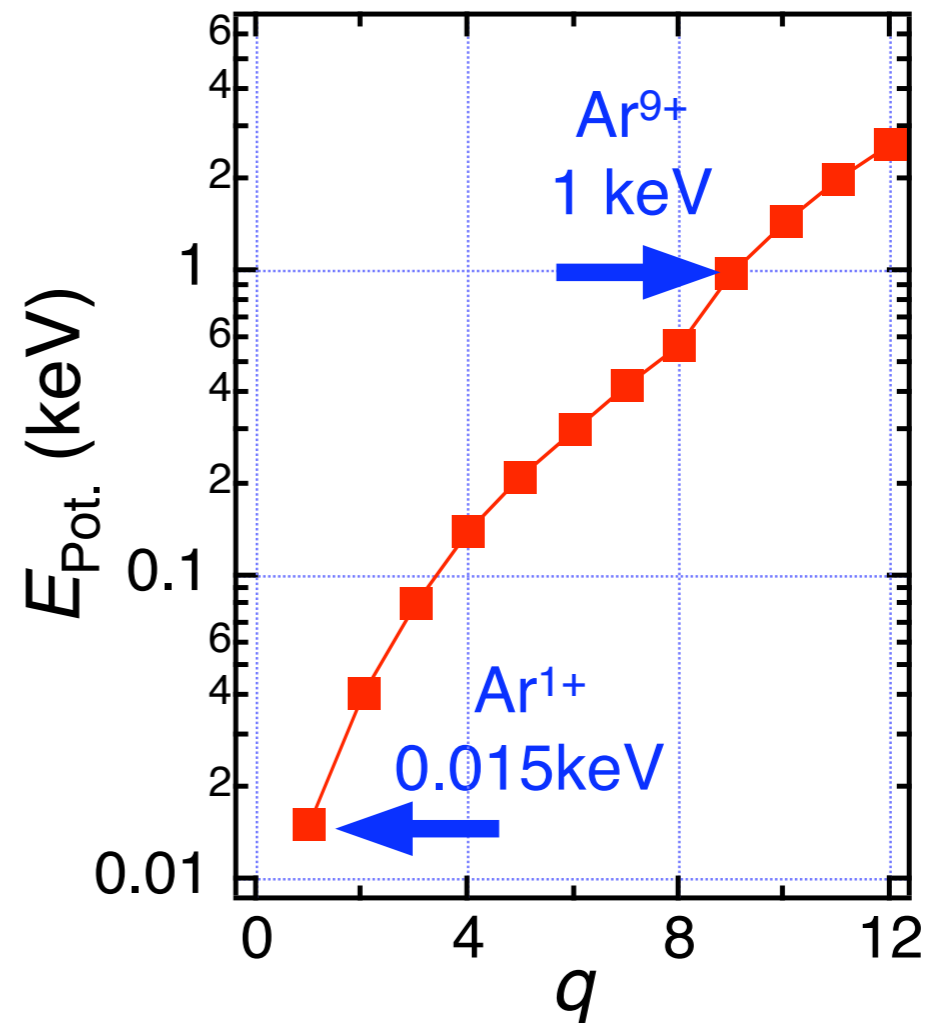
- 価数とともに急激に増加



多価イオンのポテンシャルE

$$E_{\text{pot.}} \propto q^{2.8}$$

- 価数とともに急激に増加
- 表面付近でエネルギーを一気に付与
→ **表面で顕著な効果**



Si表面に形成されるクレーター

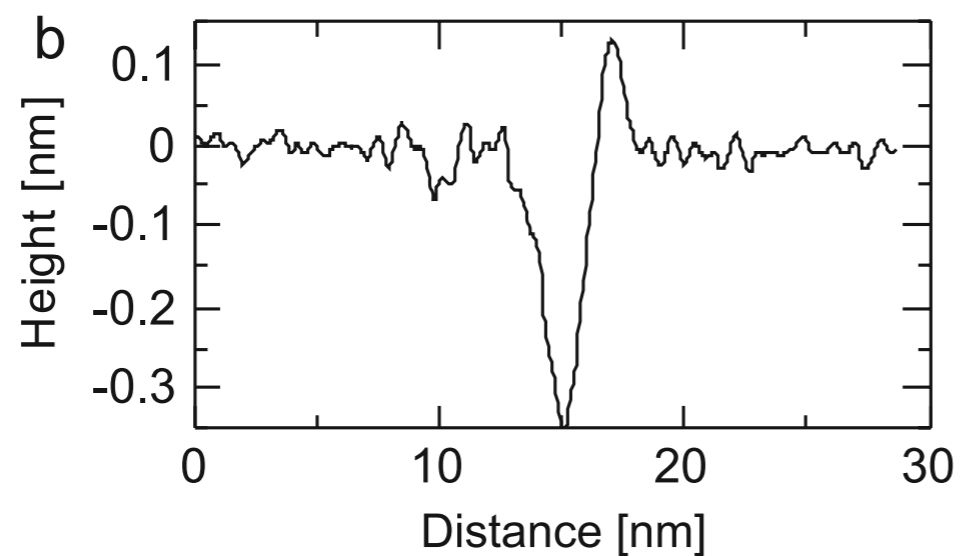
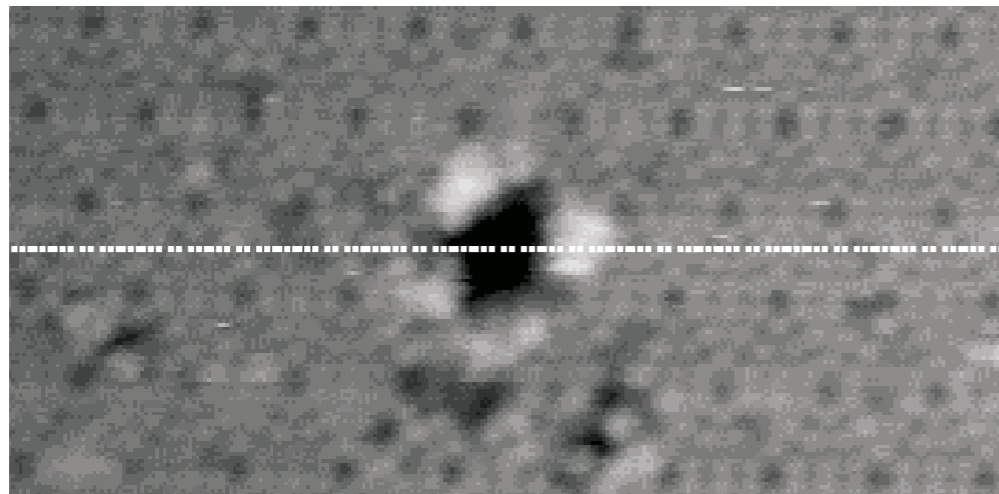
I^{9+} (150 keV) on Si(111)

S. Facsko et al., J. Phys.: Condens. Matter 21 (2009) 224012,

Si表面に形成されるクレーター

I^{9+} (150 keV) on Si(111)

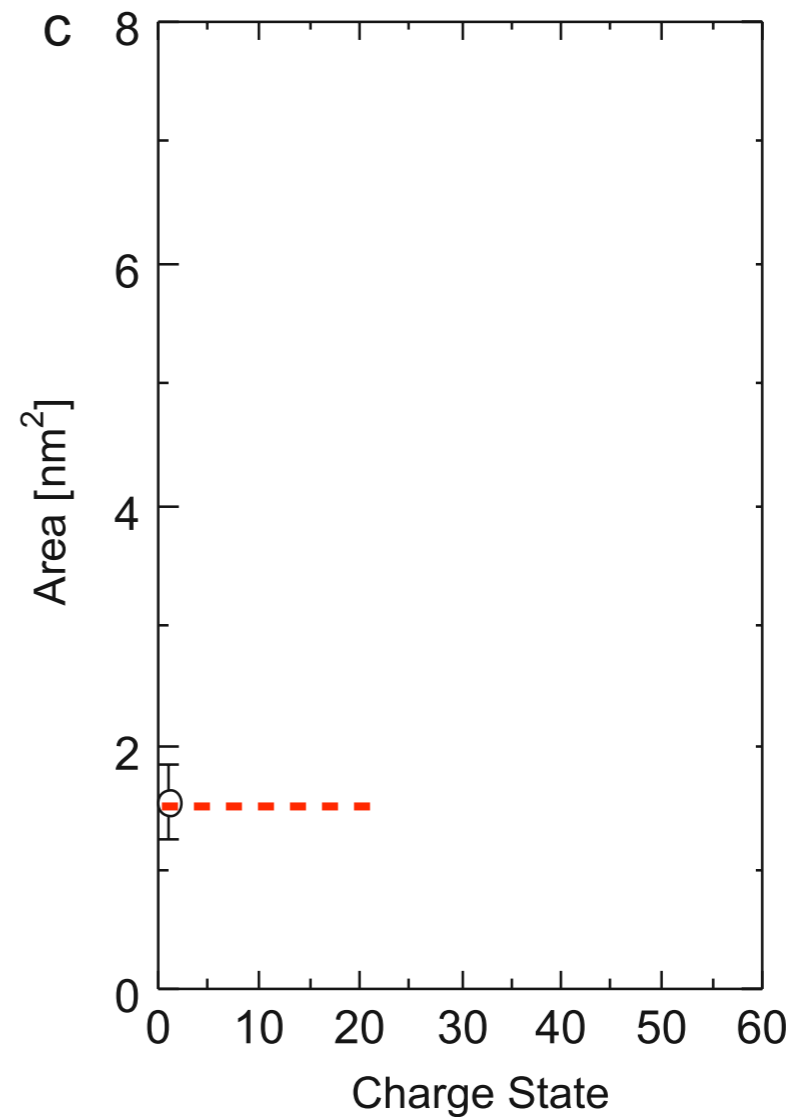
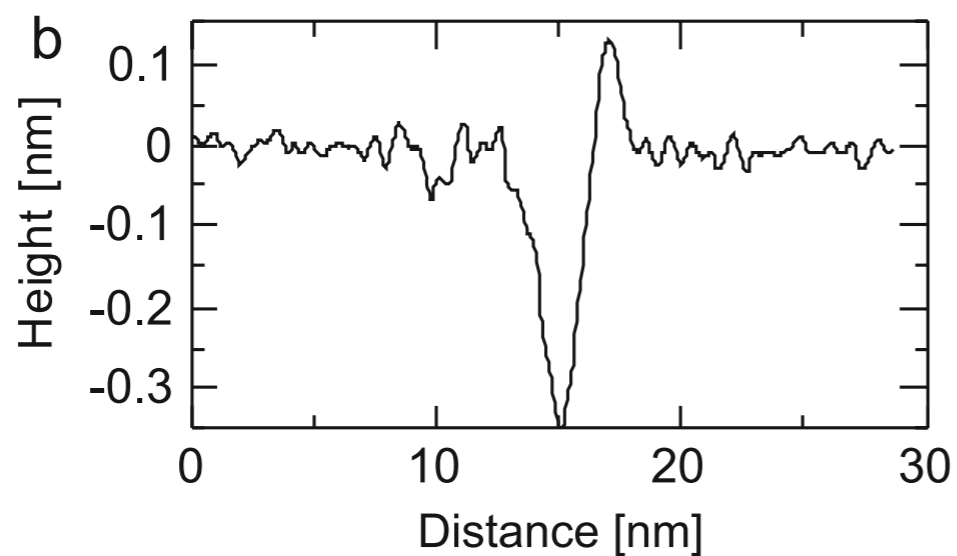
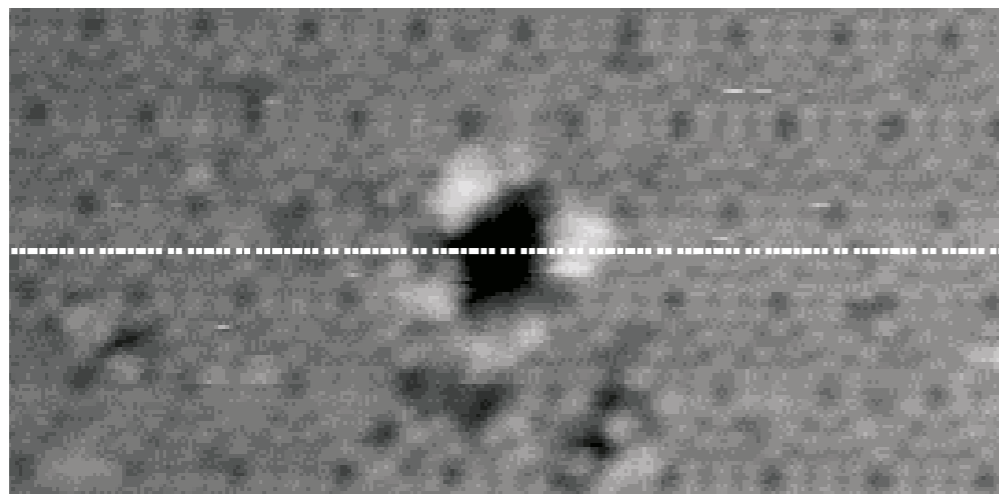
S. Facsko et al., J. Phys.: Condens. Matter 21 (2009) 224012,



Si表面に形成されるクレーター

I^{9+} (150 keV) on Si(111)

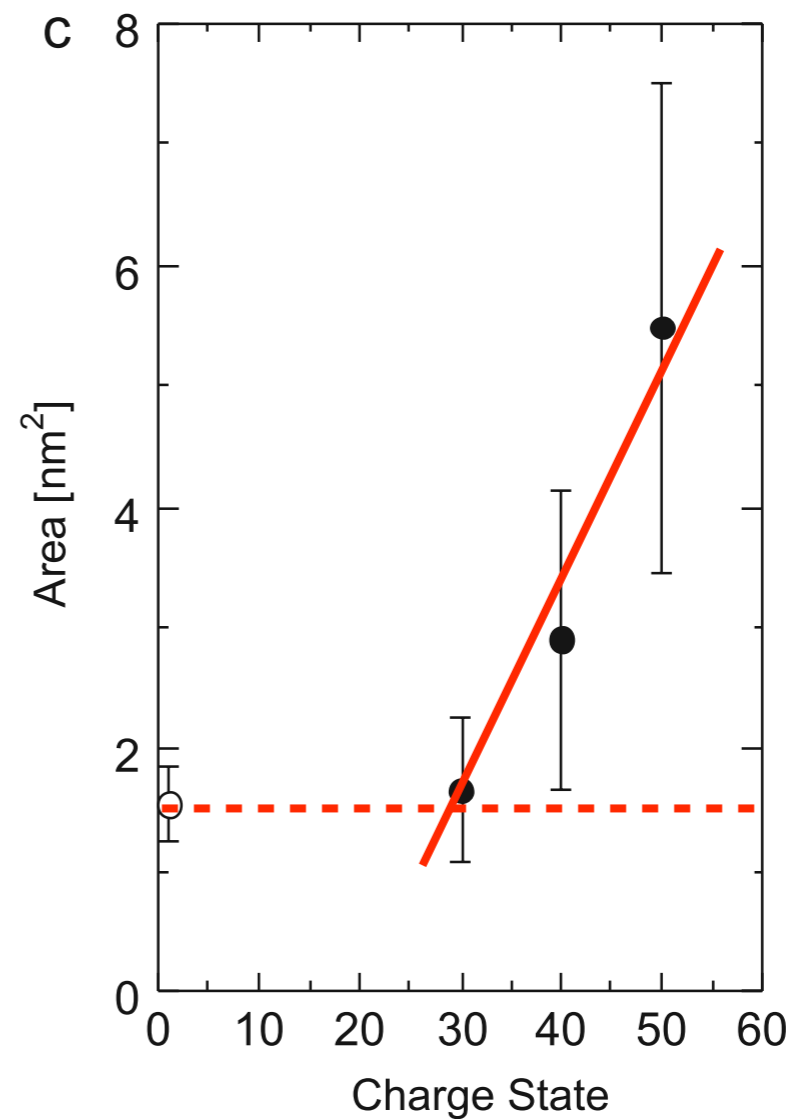
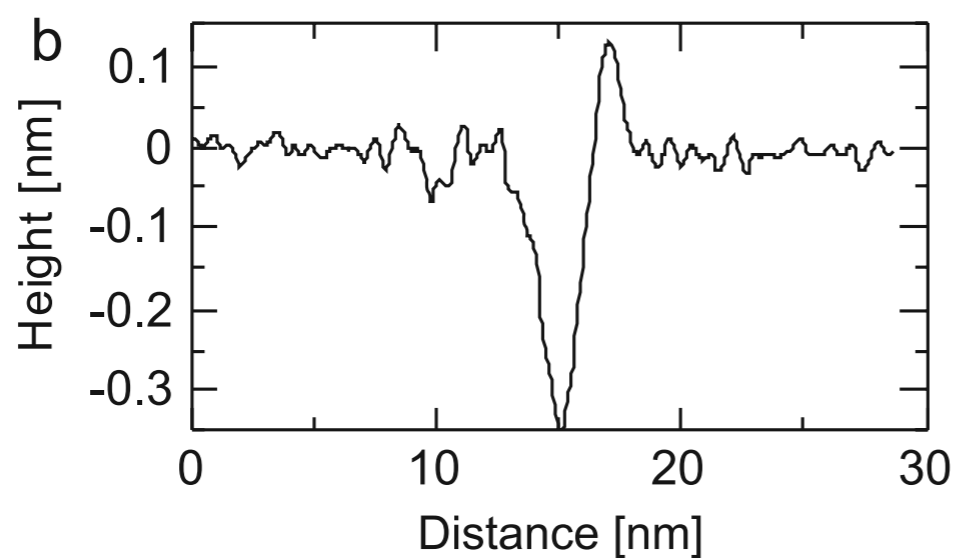
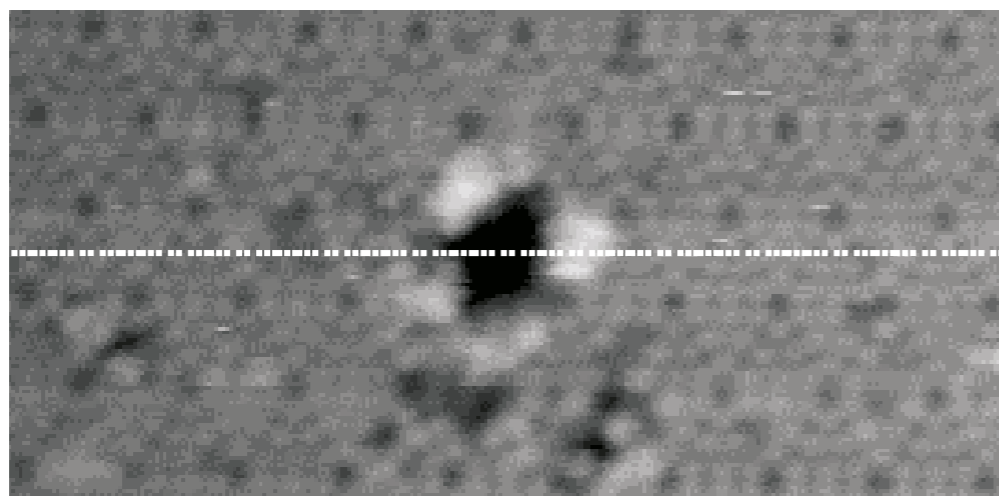
S. Facsko et al., J. Phys.: Condens. Matter 21 (2009) 224012,



Si表面に形成されるクレーター

I^{9+} (150 keV) on Si(111)

S. Facsko et al., J. Phys.: Condens. Matter 21 (2009) 224012,



本報の目的

本報の目的

- 照射するイオンの価数とスパッタリング率の関係

本報の目的

- 照射するイオンの価数とスパッタリング率の関係
- Ar^{q+} ビームによるAg薄膜のスパッタリング率の測定

実験手順

1. スパッタリング加工
2. 加工前後の質量測定
3. スパッタリング率の導出

実験手順

1. スパッタリング加工

IB電流の積算値 → **イオンの照射数(A)**

2. 加工前後の質量測定

3. スパッタリング率の導出

実験手順

1. スパッタリング加工

IB電流の積算値 → **イオンの照射数(A)**

2. 加工前後の質量測定

質量変化 → **スパッターされた原子数(B)**

3. スパッタリング率の導出

実験手順

1. スパッタリング加工

IB電流の積算値 → **イオンの照射数(A)**

2. 加工前後の質量測定

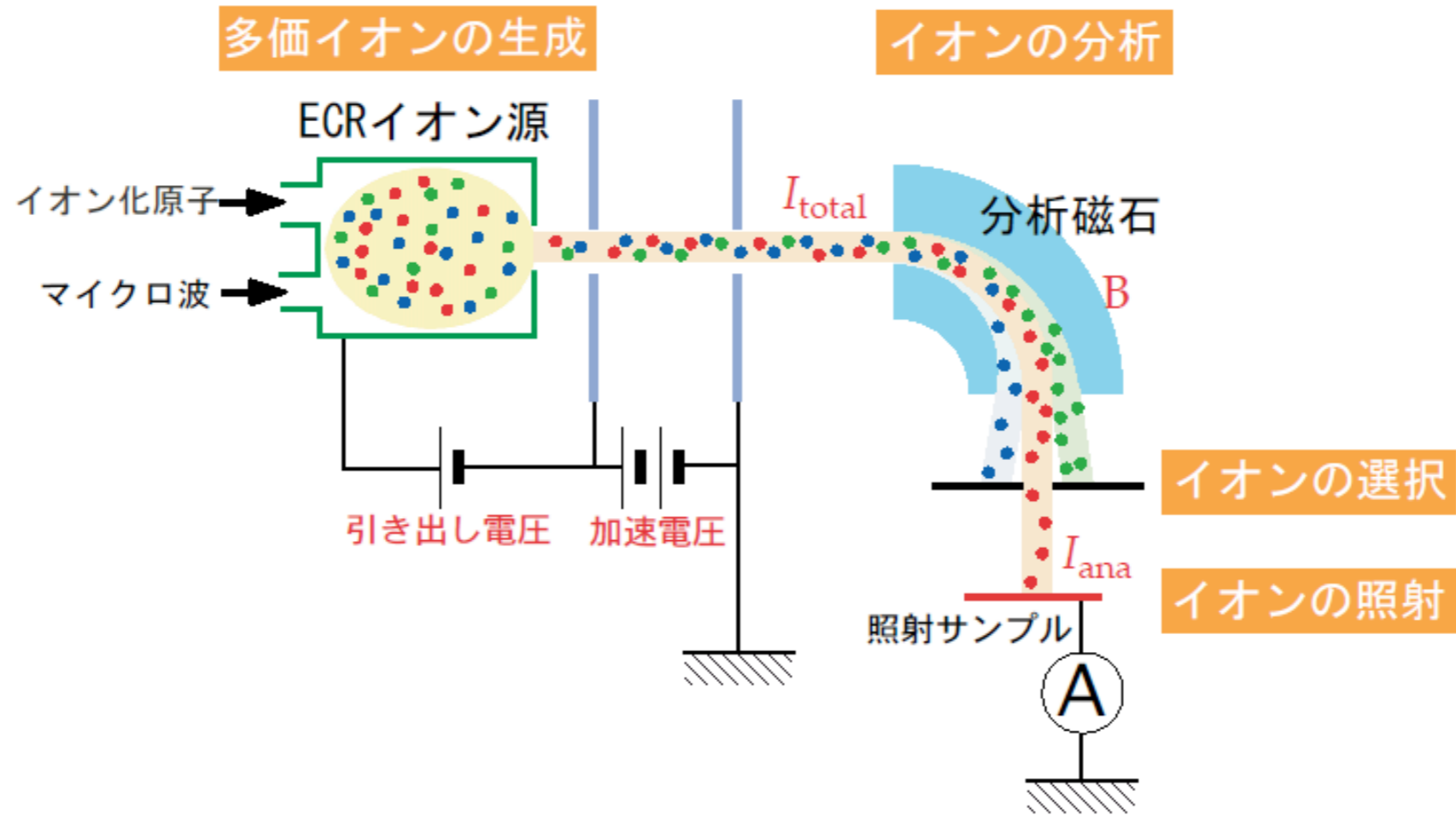
質量変化 → **スパッターされた原子数(B)**

3. スパッタリング率の導出

スパッタリング率：
$$S = \frac{(B)}{(A)}$$

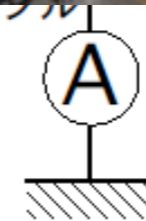
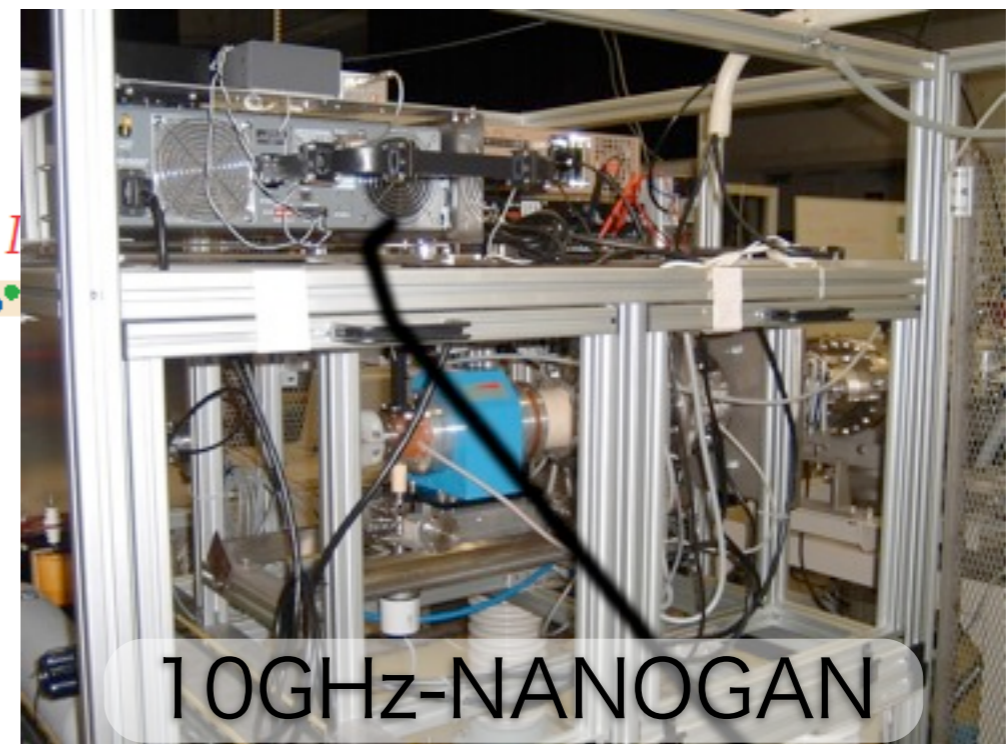
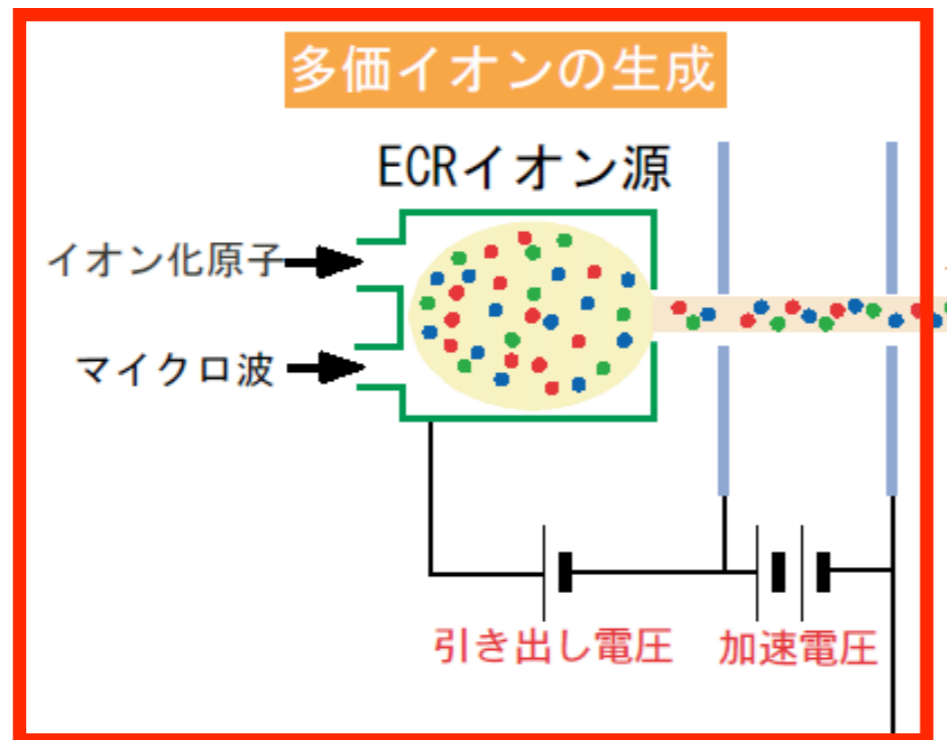
スパッタリング加工

多価重イオンビーム照射装置



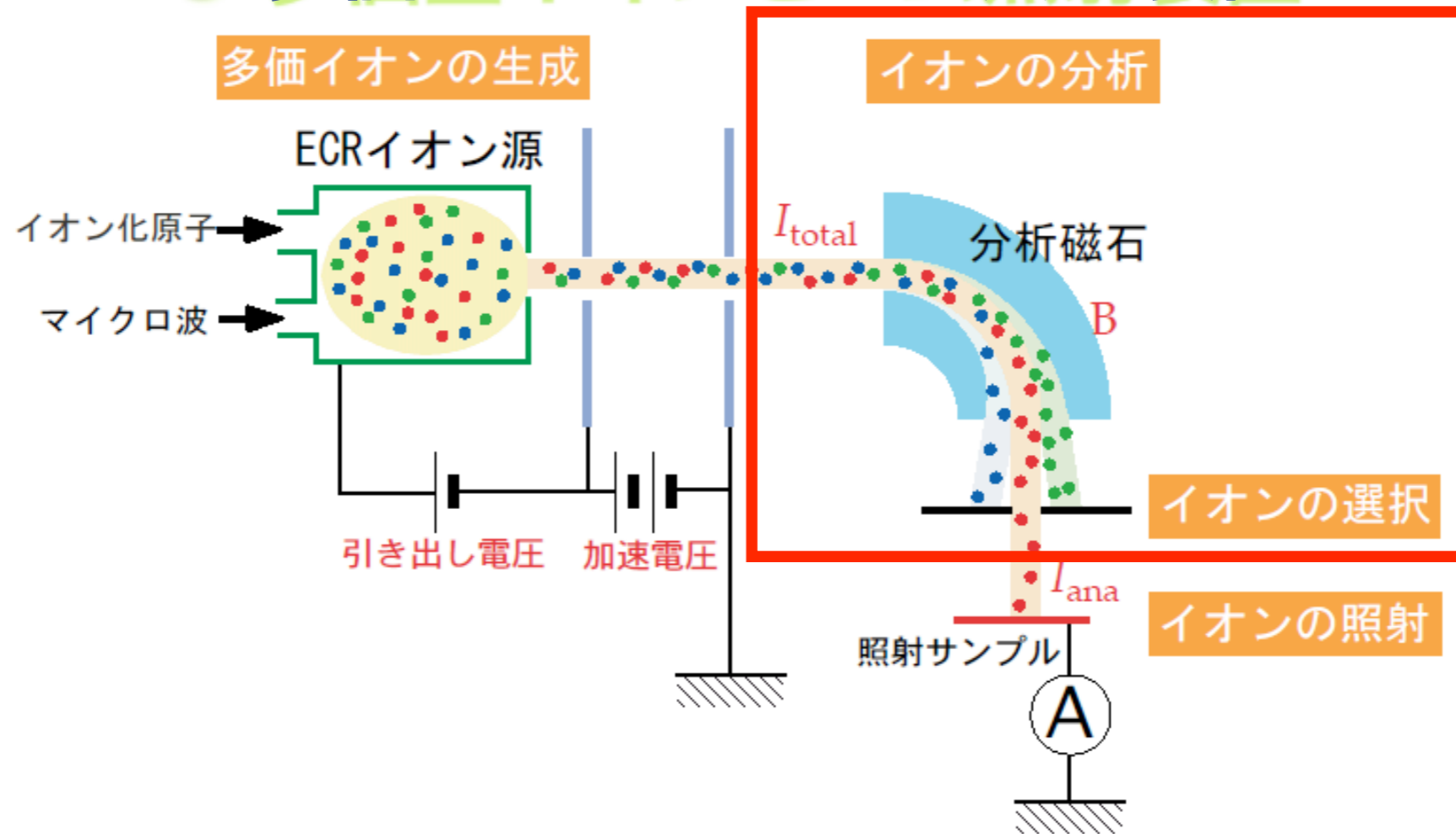
スパッタリング加工

多価重イオンビーム照射装置



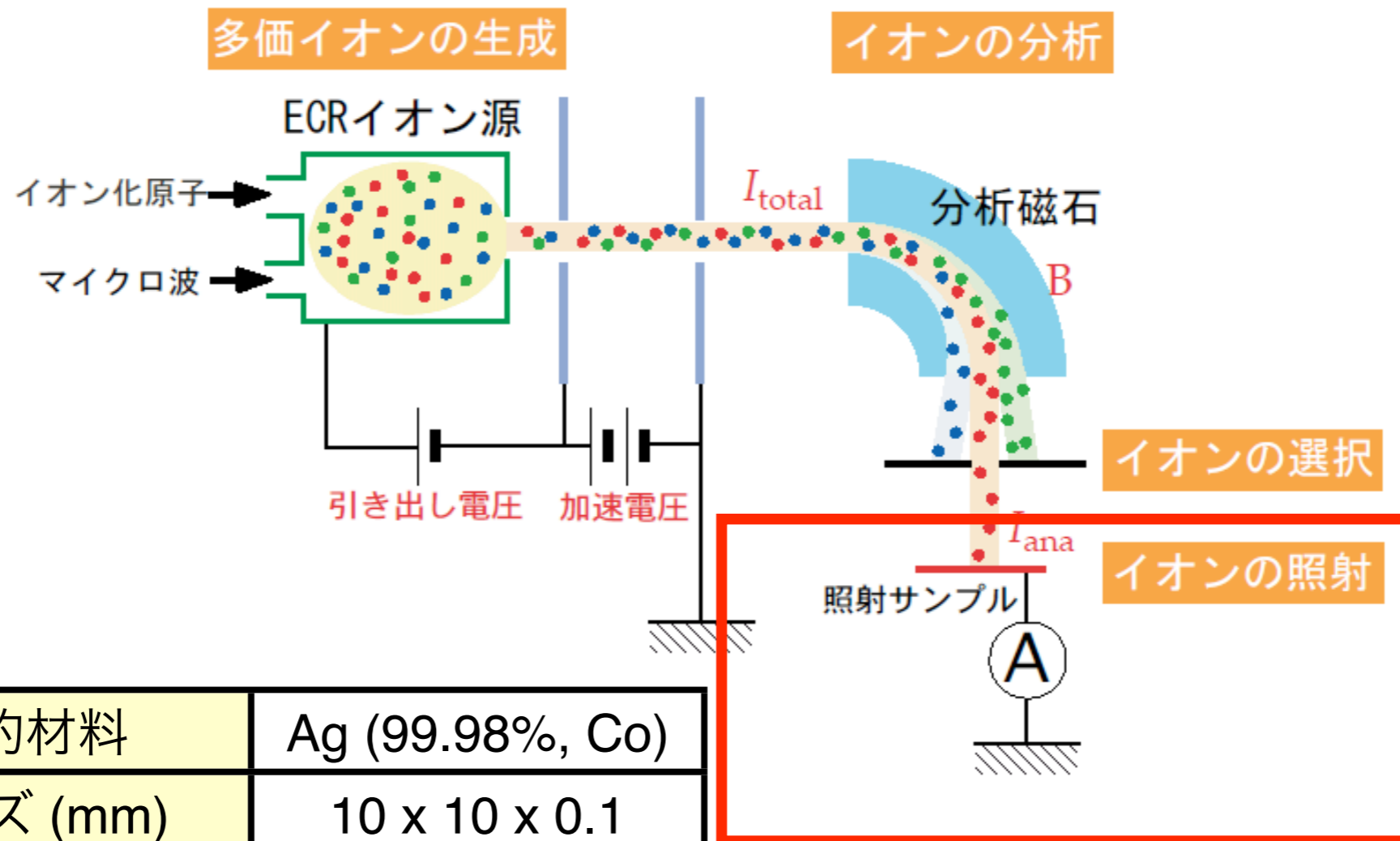
スパッタリング加工

多価重イオンビーム照射装置



スパッタリング加工

多価重イオンビーム照射装置



標的材料	Ag (99.98%, Co)
サイズ (mm)	10 x 10 x 0.1
製法	圧延

イオンビームの照射条件

イオンビームの照射条件

Charge state	2, 3+	4+	6, 7, 8+	9+
--------------	-------	----	----------	----

イオンビームの照射条件

Charge state	2, 3+	4+	6, 7, 8+	9+
E (keV)	100	400	600	900

イオンビームの照射条件

Charge state	2, 3+	4+	6, 7, 8+	9+
E (keV)	100	400	600	900
Fluence (pmC/cm ²)	50	30		

イオンビームの照射条件

Charge state	2, 3+	4+	6, 7, 8+	9+
E (keV)	100	400	600	900
Fluence (pmC/cm ²)	50	30		
Area (mm ϕ)	5			
θ_i (deg.)	0			

質量測定

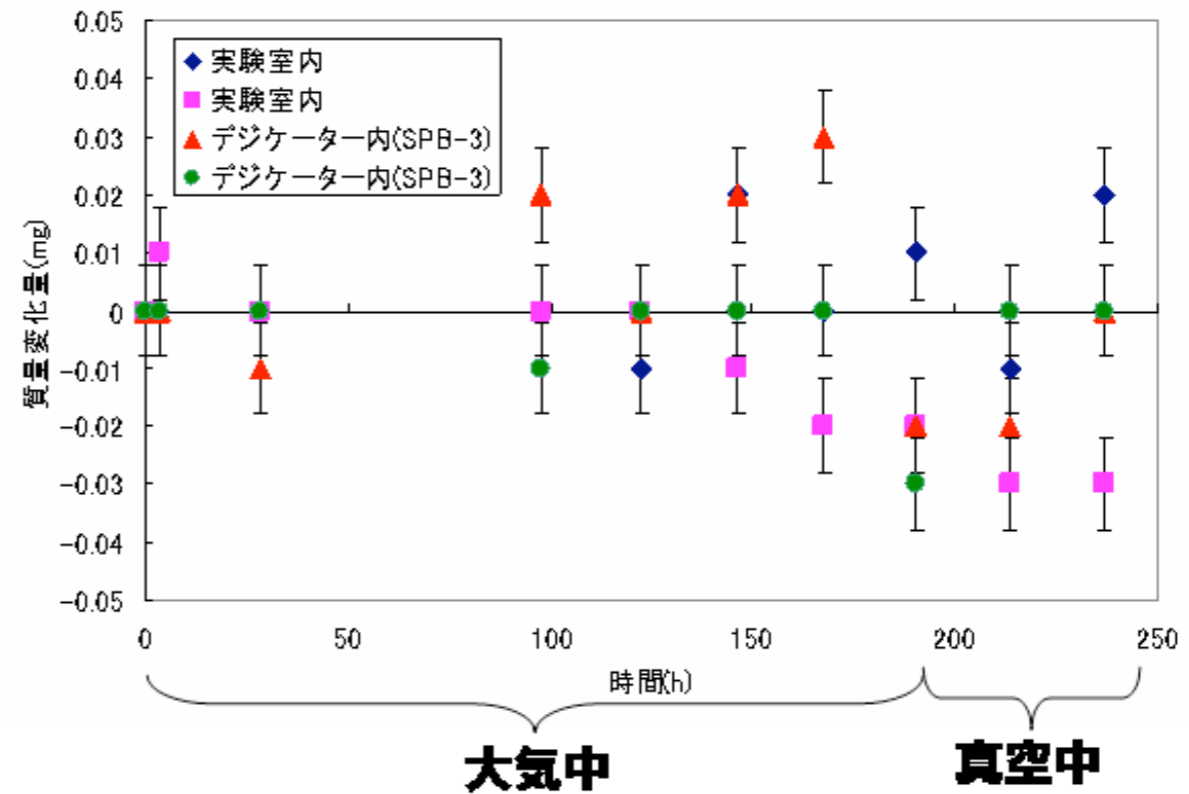
 セミミクロ分析天秤：AUW-120D (島津)

項目	
温度 (°C)	20±2
湿度 (%RH)	45~60
測定精度(mg)	± 0.01

質量測定

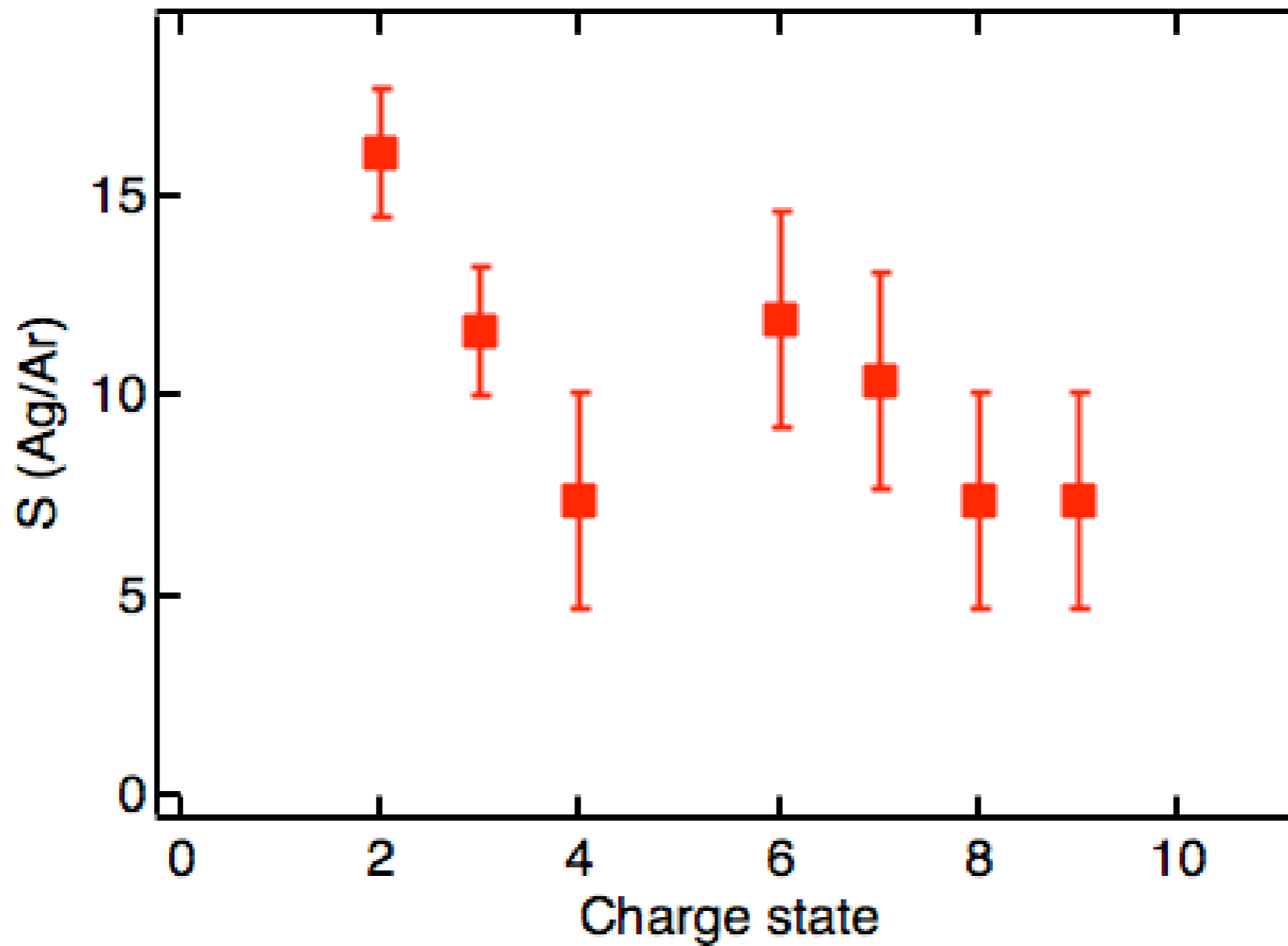
🌐 セミミクロ分析天秤：AUW-120D (島津)

項目	
温度 (°C)	20±2
湿度 (%RH)	45~60
測定精度(mg)	± 0.01

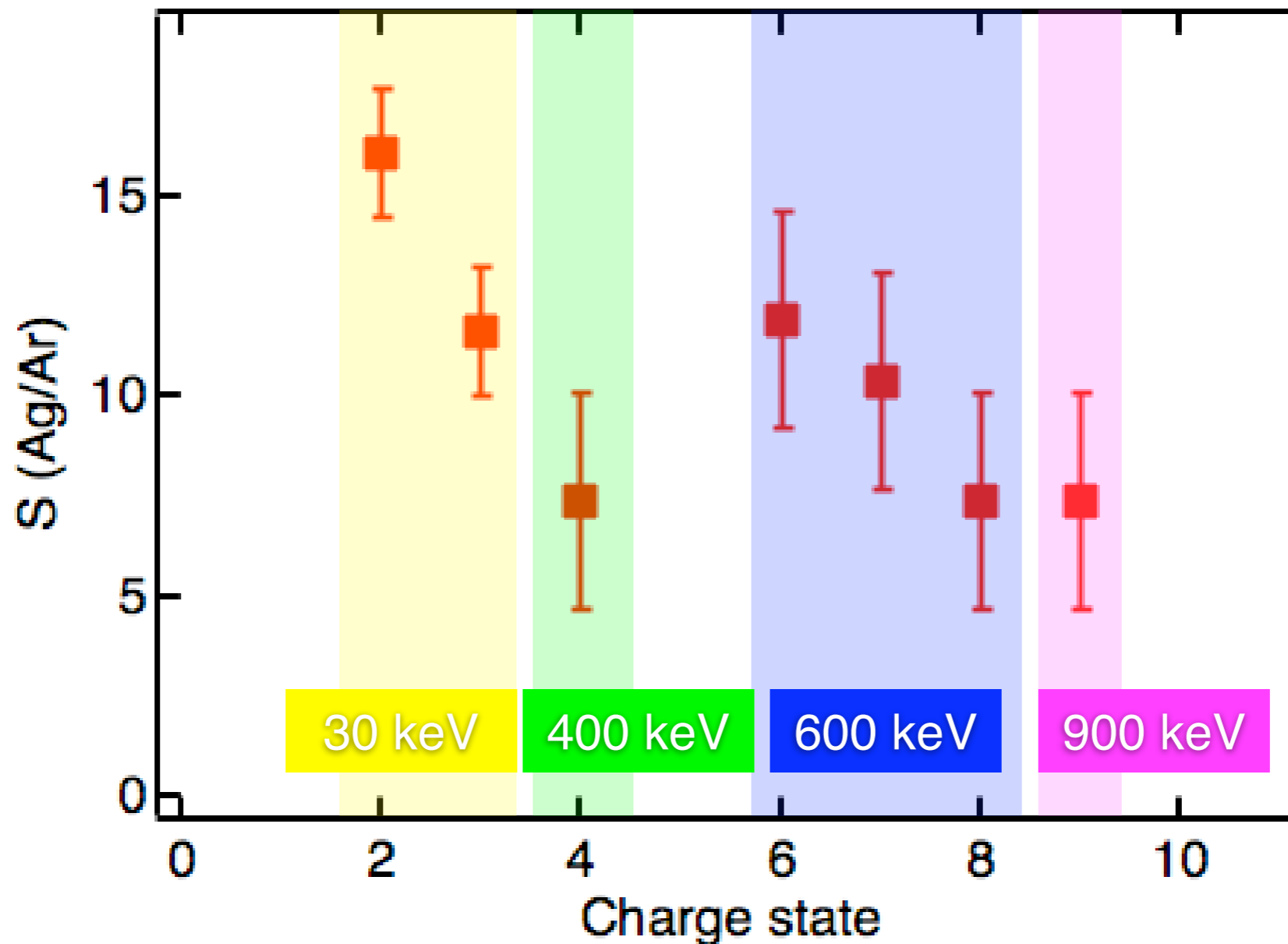


$$\sigma = \pm 0.018 \text{ mg}$$

Sの測定結果



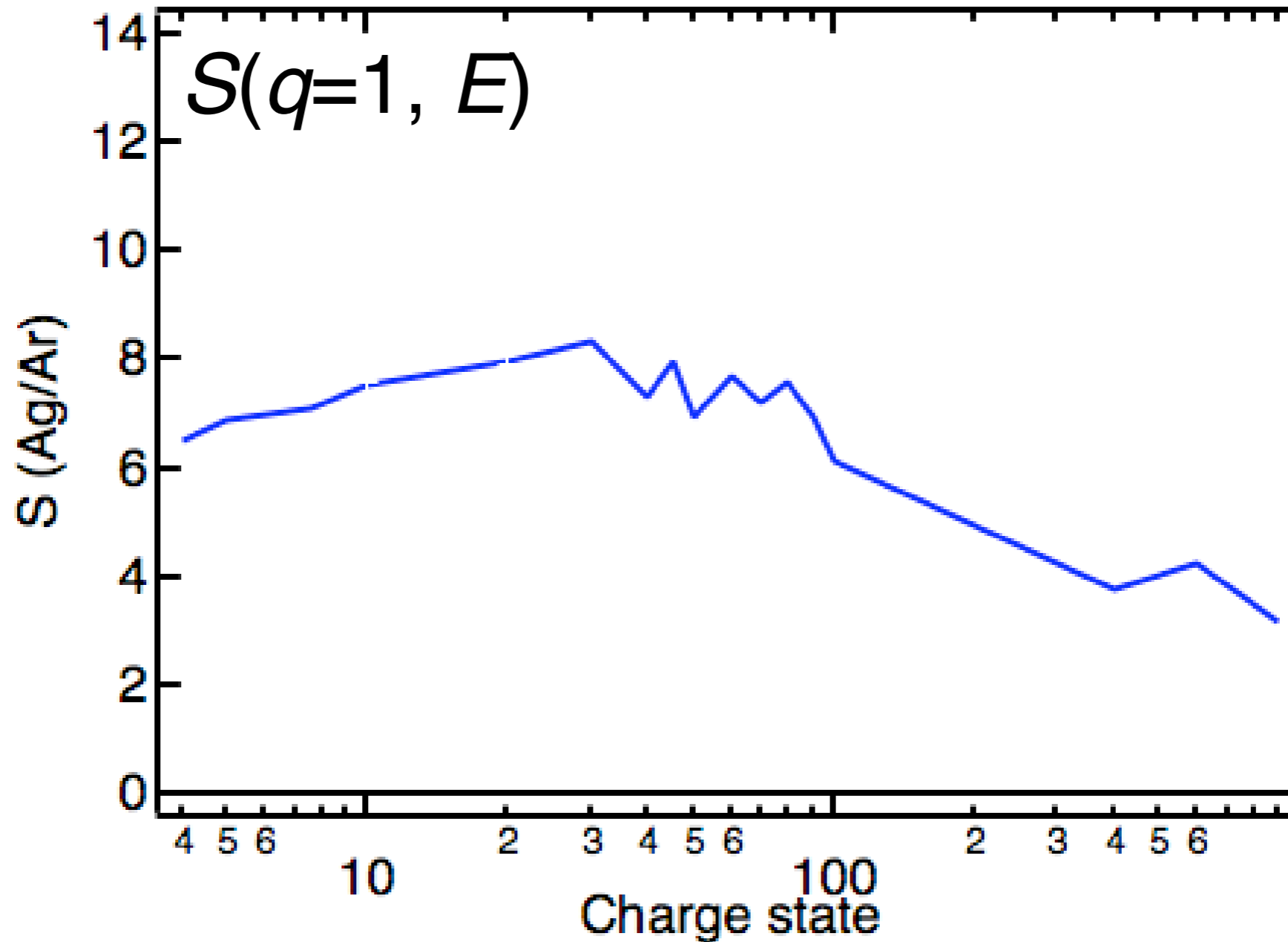
Sの測定結果



エネルギーの違い→補正が必要

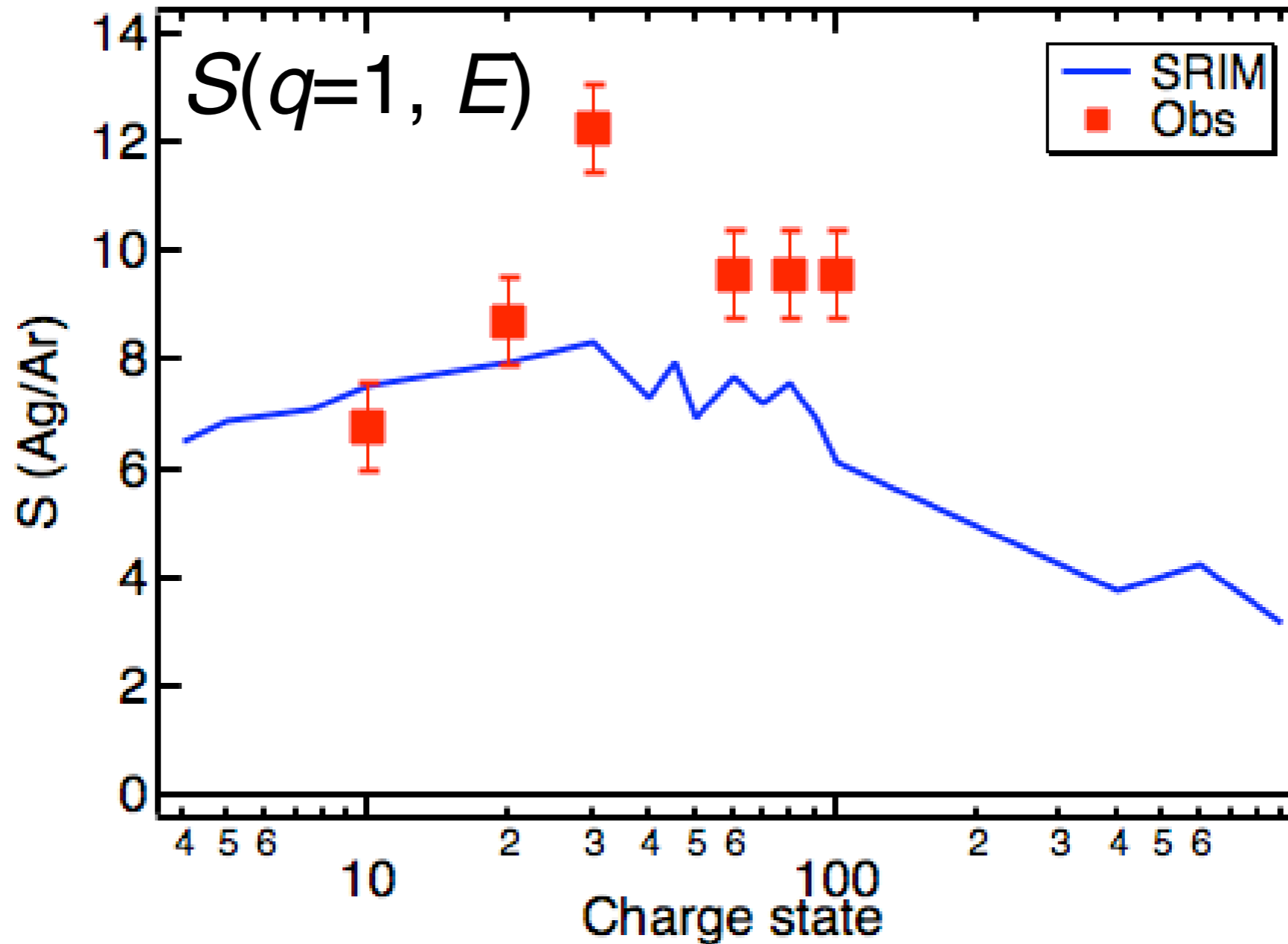
Sのエネルギー依存性

Ar(1価)によるAgのスputタリング率



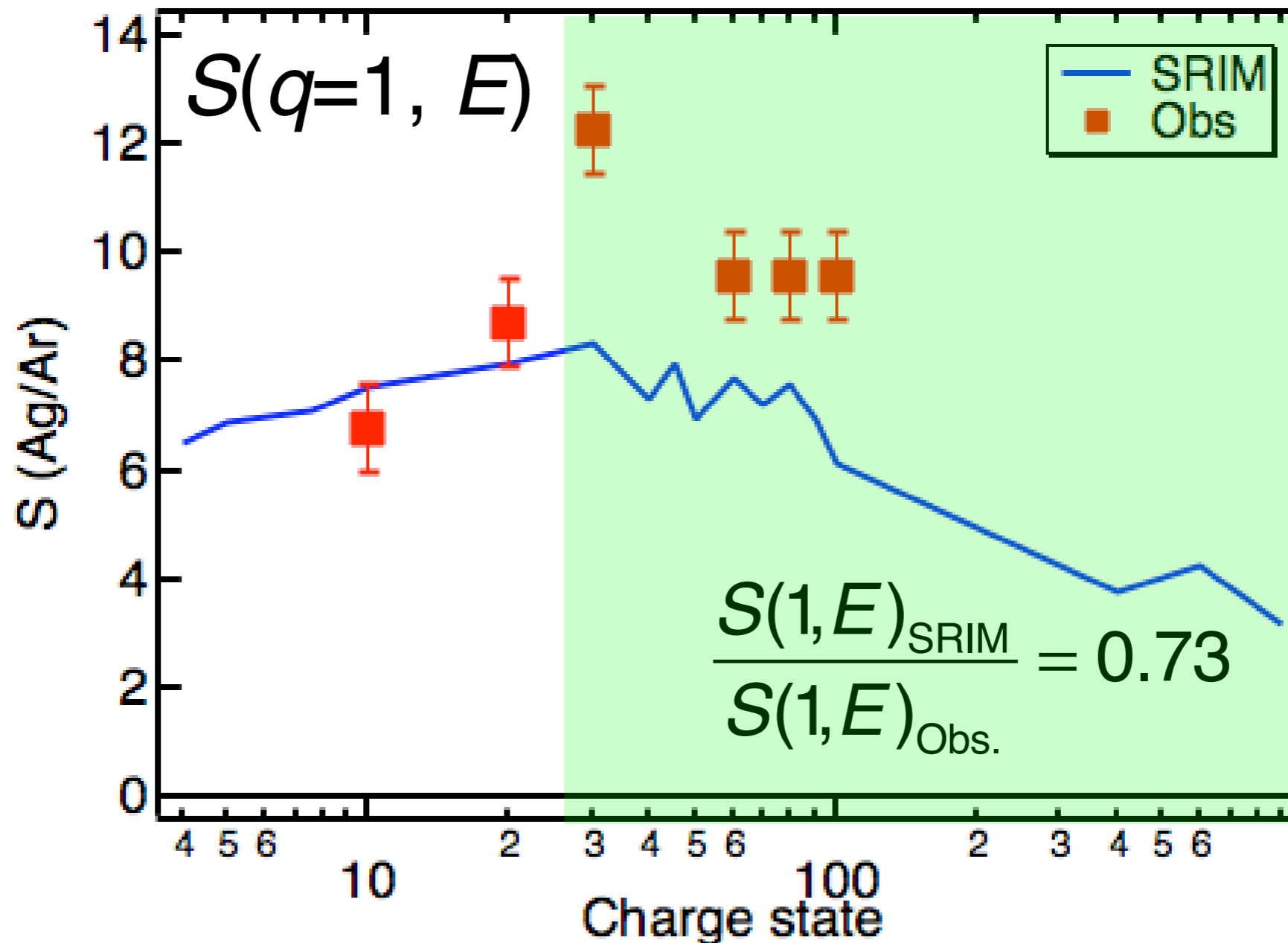
Sのエネルギー依存性

Ar(1価)によるAgのスputタリング率



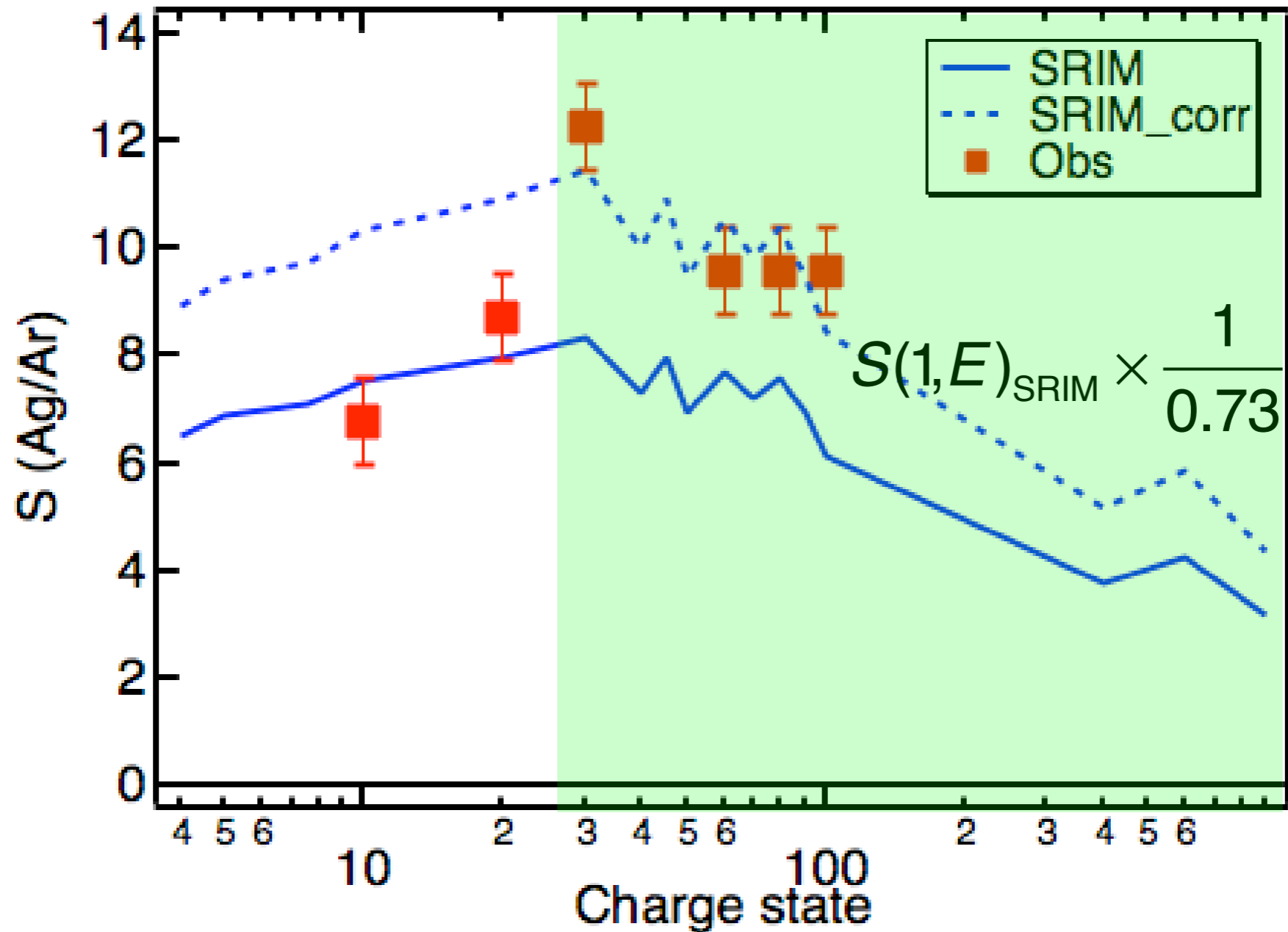
Sのエネルギー依存性

Ar(1価)によるAgのスputタリング率

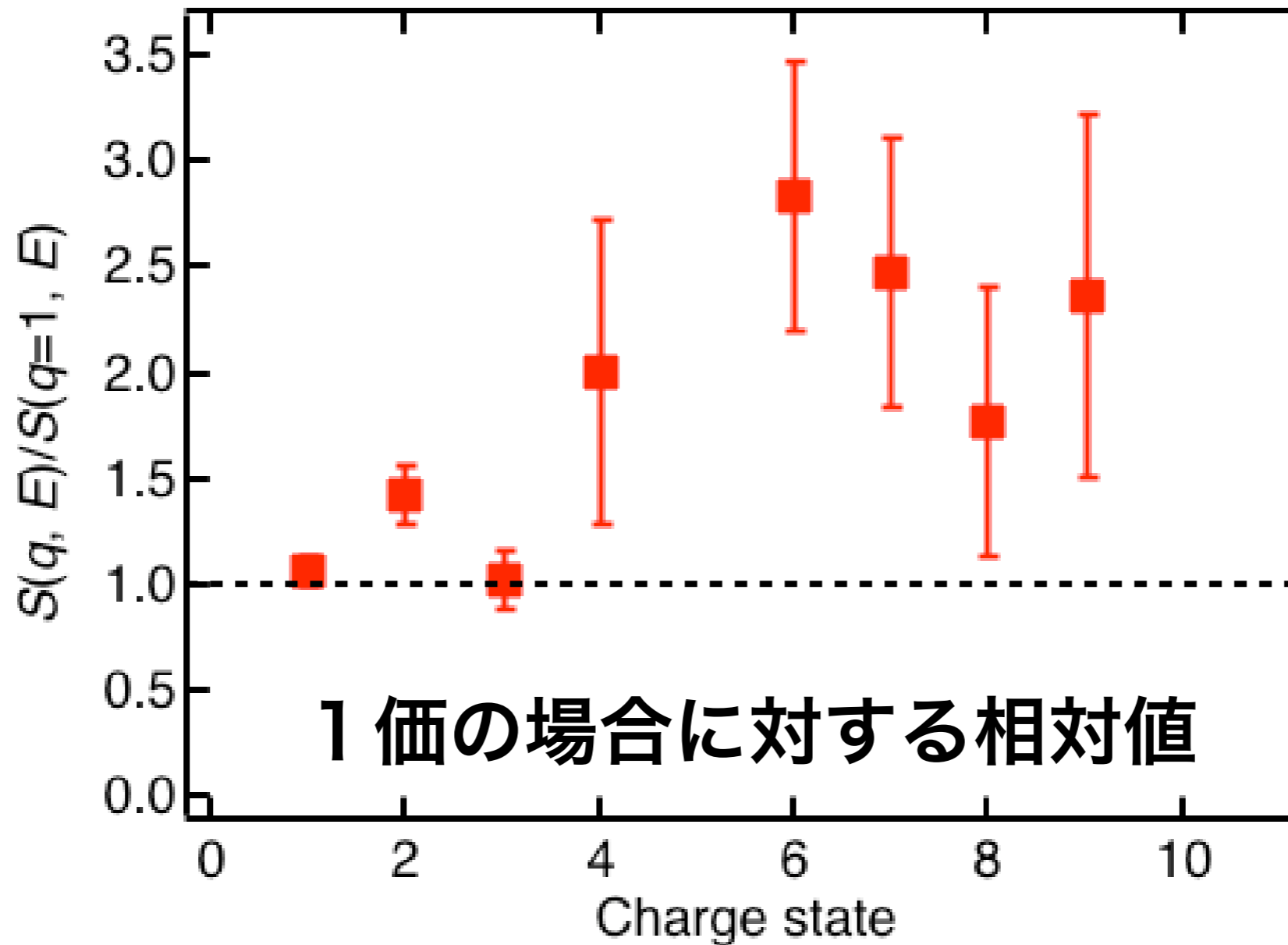


Sのエネルギー依存性

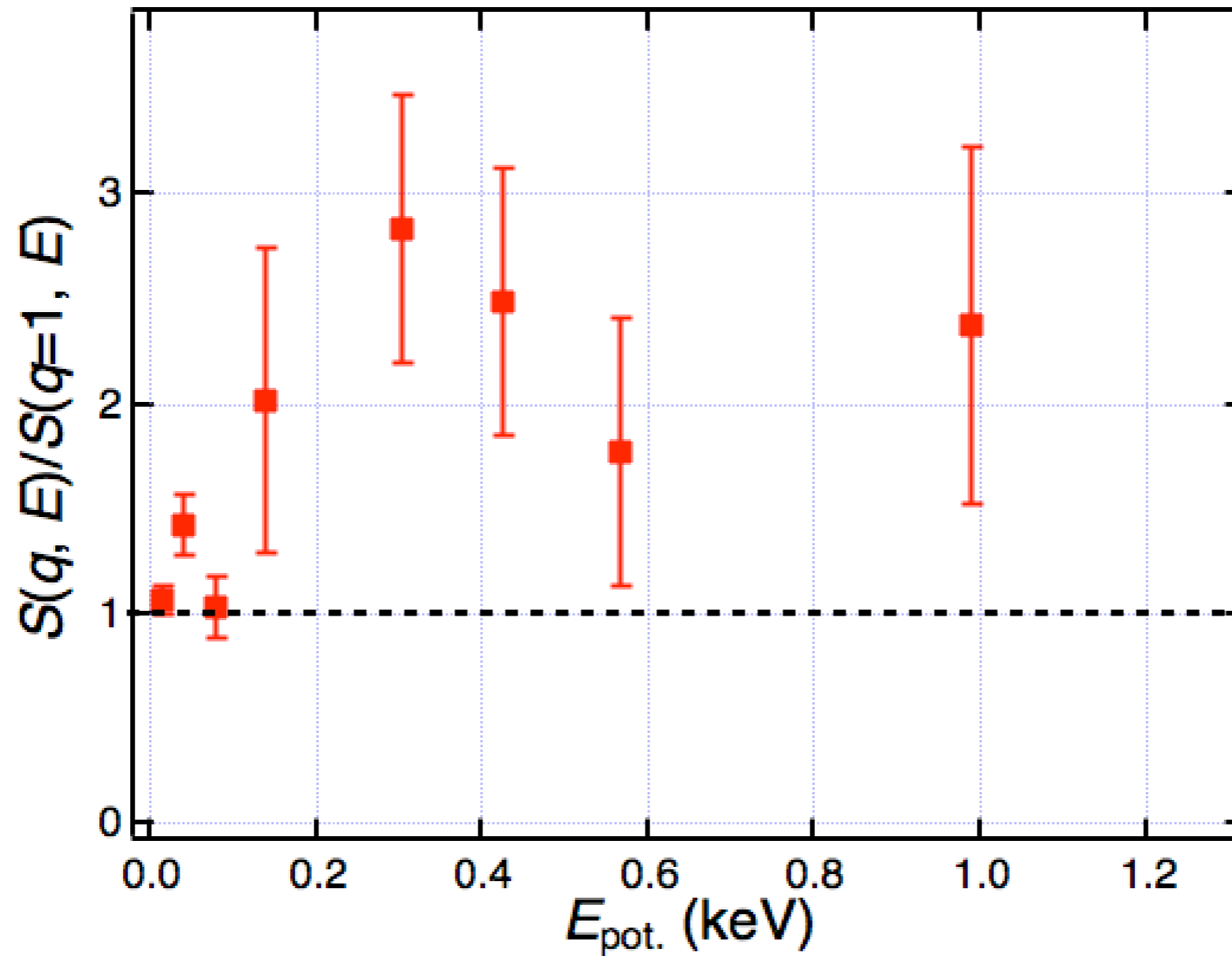
Ar(1価)によるAgのスputタリング率



Sの価数依存性



$E_{\text{pot.}}$ を横軸にすると



結論

- Agのスputタリング率がArイオンの価数とともに増加傾向

結論

- Agのスputタリング率がArイオンの価数とともに増加傾向

しかし、測定の不確定性が大きい

改善すべき点

改善すべき点

- 測定精度の向上
質量減少量の測定精度
←より多い照射量

改善すべき点

- 測定精度の向上

 - 質量減少量の測定精度

 - ←より多い照射量

- エネルギー依存性の効果の排除

 - ←価数によらずエネルギーを一定に

