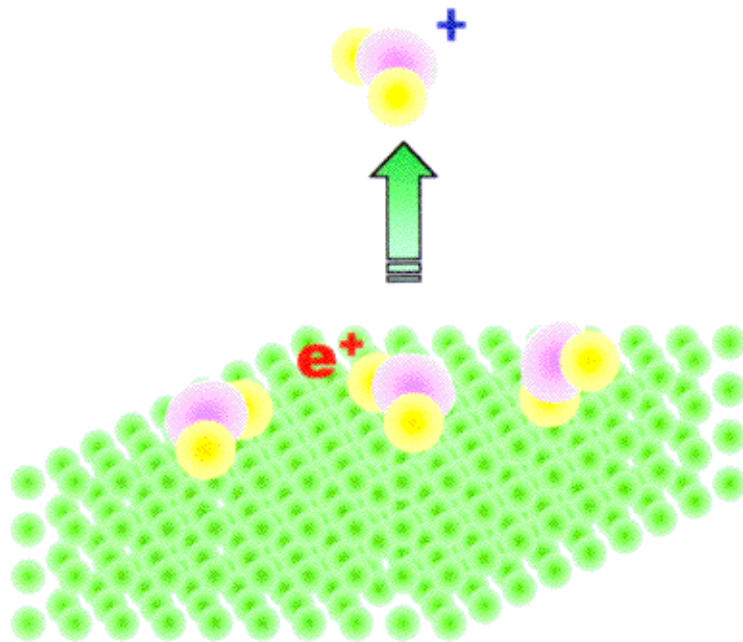


陽電子励起脱離法の開発

藤浪真紀、田所真一、赤羽隆史*
(東大院・新領域、* 物材研究機構)

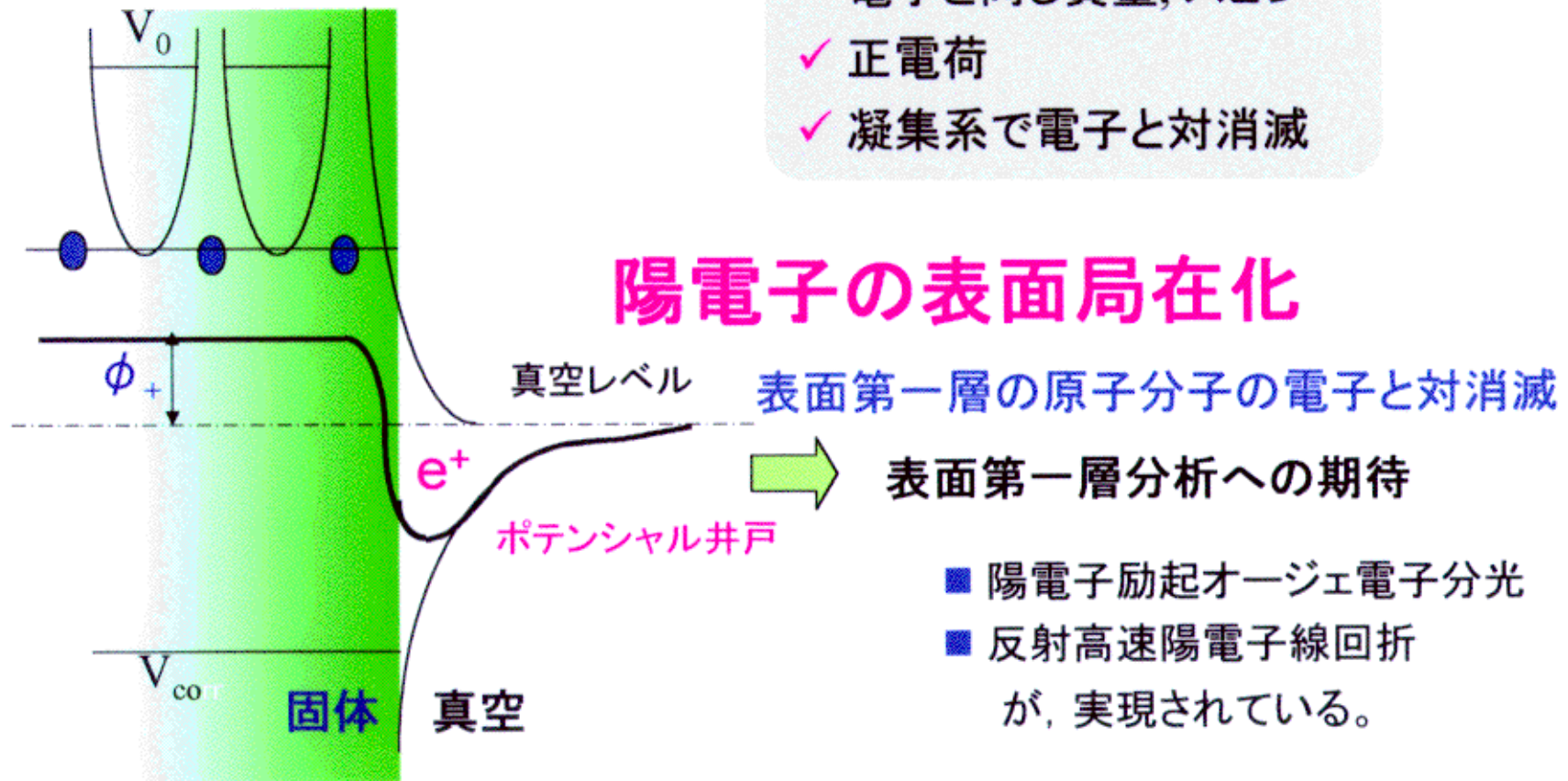


1. 緒言 —陽電子の表面選択性—
2. 静電場陽電子ビーム
3. 陽電子励起イオン脱離
4. 結語と今後の展開

陽電子の性質と表面分析プローブの原理

陽電子, e^+ = 電子の反粒子

- ✓ 電子と同じ質量, スピン
- ✓ 正電荷
- ✓ 凝集系で電子と対消滅



本研究の目的

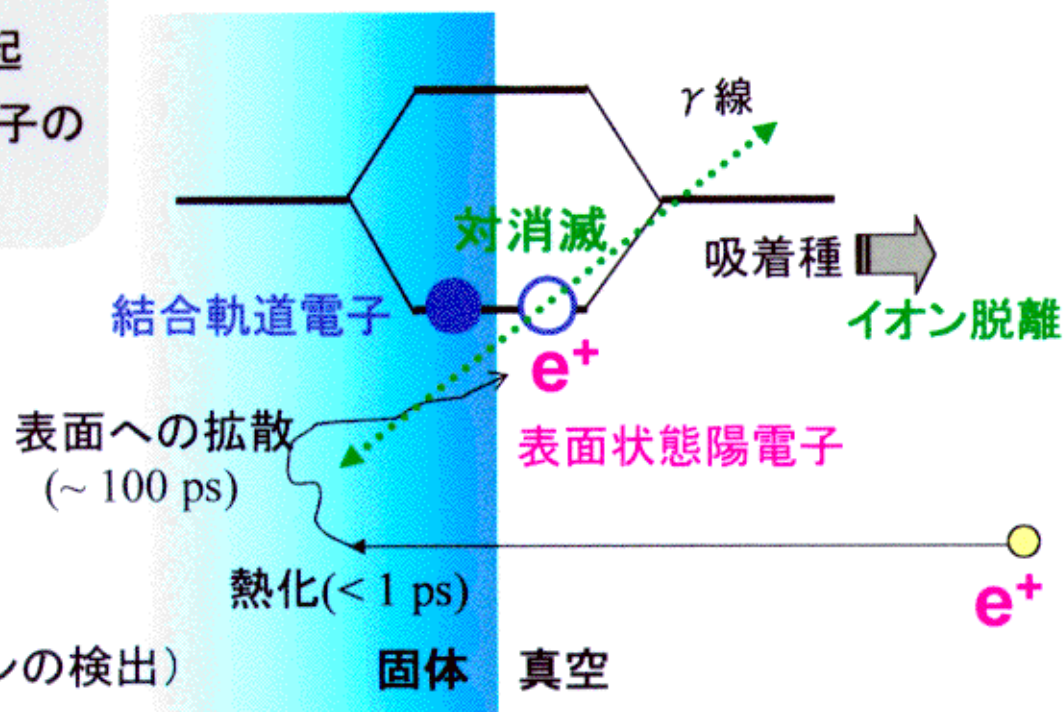
陽電子励起イオン脱離法の開発

- ✓ 表面状態陽電子の利用
- ✓ 陽電子－電子対消滅による励起
- ✓ 固体－吸着種間の結合軌道電子の選択的励起



期待される効果

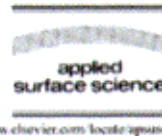
- ソフトなイオン化(分子イオンの検出)
- イオン化断面積の向上
- イオン化脱離メカニズム解明



従来の研究例



Applied Surface Science 194 (2002) 271–277



Desorption of protons from Ni and oxidized Ni surfaces with positron-induced ion-desorption spectroscopy

Y. Terashima^{a,*}, R. Arai^b, T. Wada^a, I. Kanazawa^a, Y. Ito^b,
K. Fukutani^c, Y. Murata^d, F. Komori^e

^aDepartment of Physics, Tokyo Gaijutsu University, Koganei, Tokyo 184-8501, Japan

^bResearch Center for Nuclear Science and Technology, University of Tokyo, Ibaraki 319-11, Japan

^cInstitute of Industrial Science, University of Tokyo, Meguro-ku, Tokyo 153-8505, Japan

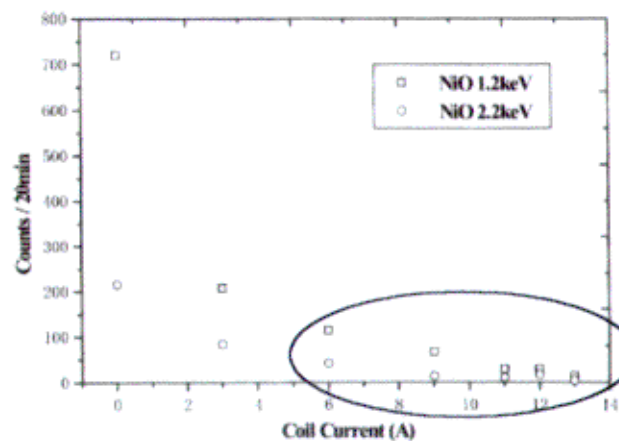
^dThe University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo 182-8585, Japan

^eInstitute for Solid State Physics, University of Tokyo, Kashiwanoha, Kashiwa-shi, Chiba 277-8581, Japan

Abstract

A system for positron-induced ion-desorption spectroscopy has been constructed. We report measurements of positron-induced hydrogen ion-desorption from clean and oxidized Ni surfaces. The hydrogen-ion-desorbed mechanism by re-emitted slow positrons will be discussed. © 2002 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Keywords: Slow positron beam; Ion-desorption; Ni and oxidized Ni surfaces; Hydrogen



正イオンおよび陽電子強度のコイル電流依存性

NiOに吸着した水素脱離の実験

Terashima et al. *Appl. Surf. Sci.* **194** (2002) 271

装置写真

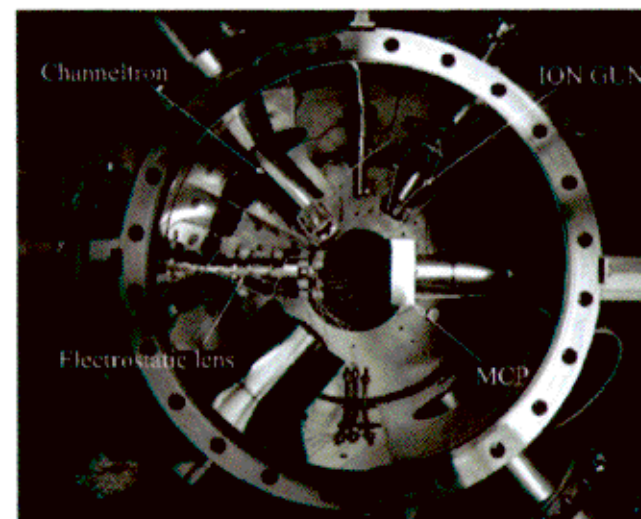


Fig. 1. A photograph of the target optics geometry in positron-induced ion-desorption spectroscopy.

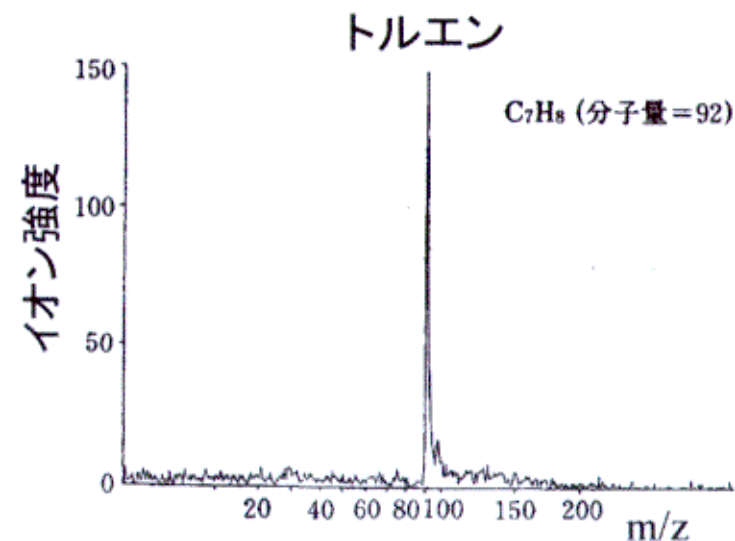
陽電子励起による水素イオンの寄与

陽電子と気相分子との相互作用

1. 衝撃イオン化 ($I_p \leq E$)
2. Ps形成, 分子解離誘起陽電子消滅 ($Ore \text{ギャップ} < E < I_p$)
3. 陽電子捕獲, 分子解離誘起陽電子消滅 ($kT < E < Ore \text{ギャップ}$)
4. 直接消滅, 陽電子捕獲 ($E < kT$)

気相中Ps形成条件下での
トルエンの陽電子励起イオン
化質量分析

L.D. Hulett *et al.*
Int. J. Mass Spec. Ion Process, 97, 227 (1990)



陽電子励起イオン脱離法実現への課題

1. 陽電子ビームの発生とイオン計測系の開発

陽電子の発生 ^{22}Na の β^+ 崩壊

- 陽電子は連続エネルギー分布($\sim 0.54 \text{ MeV}$)をもつ
- 二次電子が同時に発生



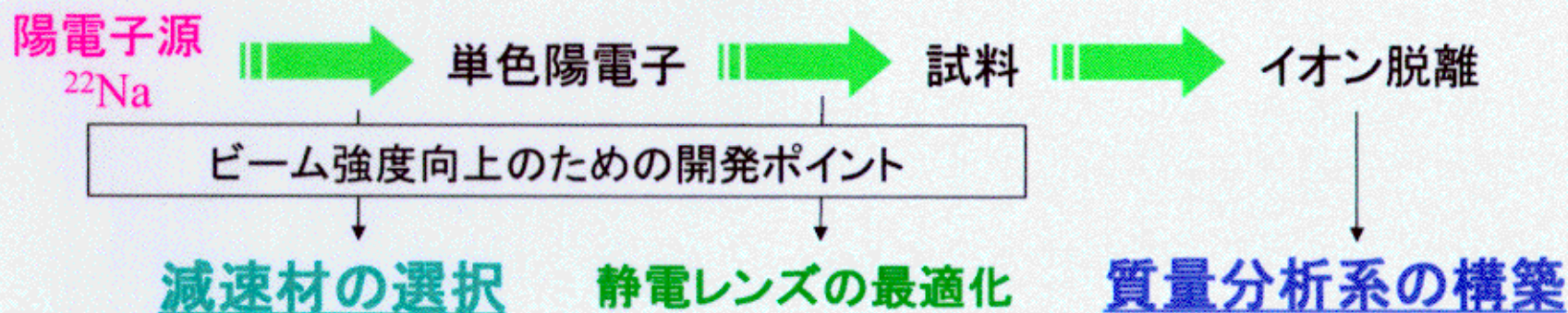
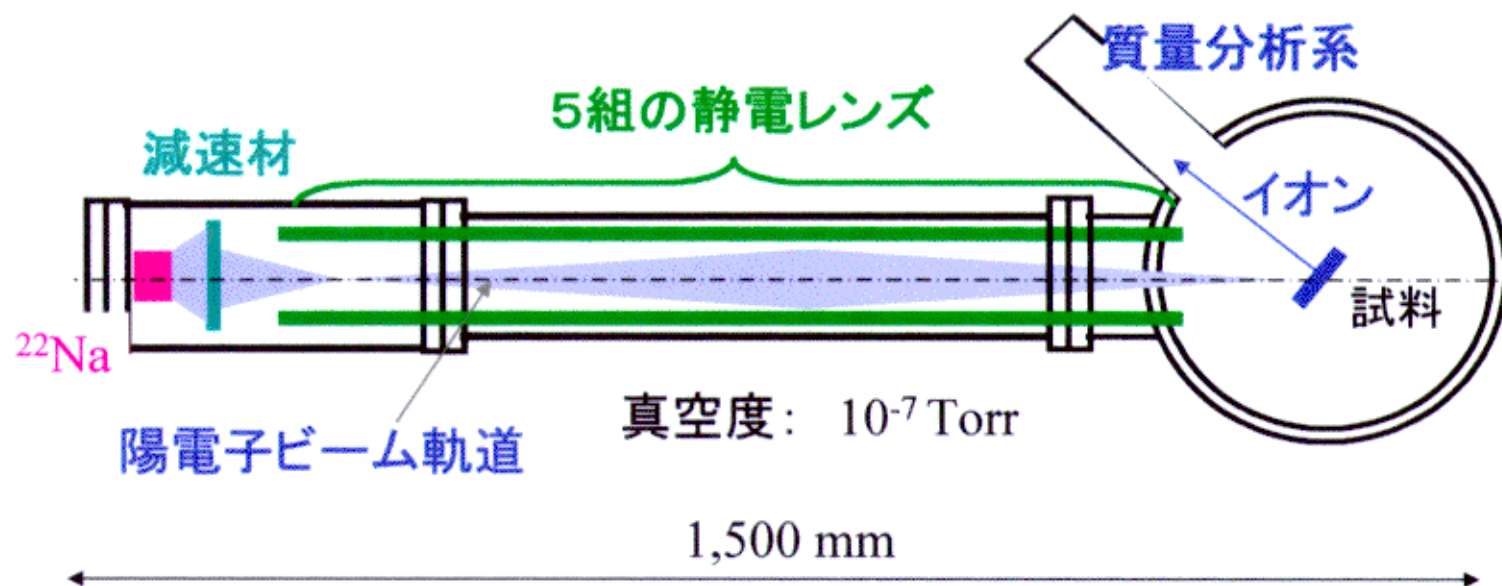
- ✓ 表面局在化のための低速化
- ✓ イオン計測のための陽電子源と試料の分離
- ✓ 二次電子の除去

静電場単色(2 keV)陽電子ビーム装置の開発

2. 表面吸着系試料の探索

- ◆ 表面局在化に適した基板の選択
- ◆ 吸着サイトで陽電子が消滅しやすい吸着系の選択

静電場陽電子ビームおよびイオン計測系の概略

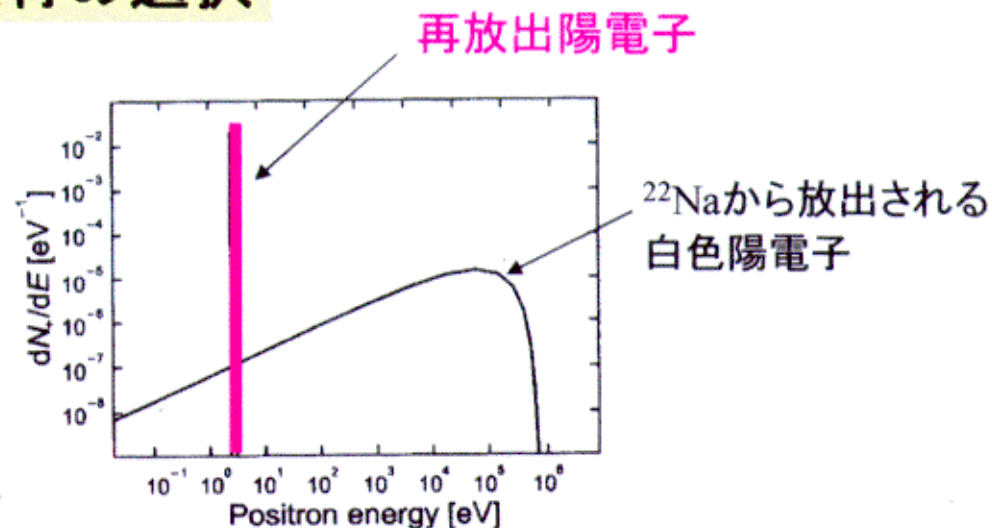


減速材の選択

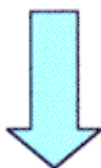
陽電子の単色化の方法



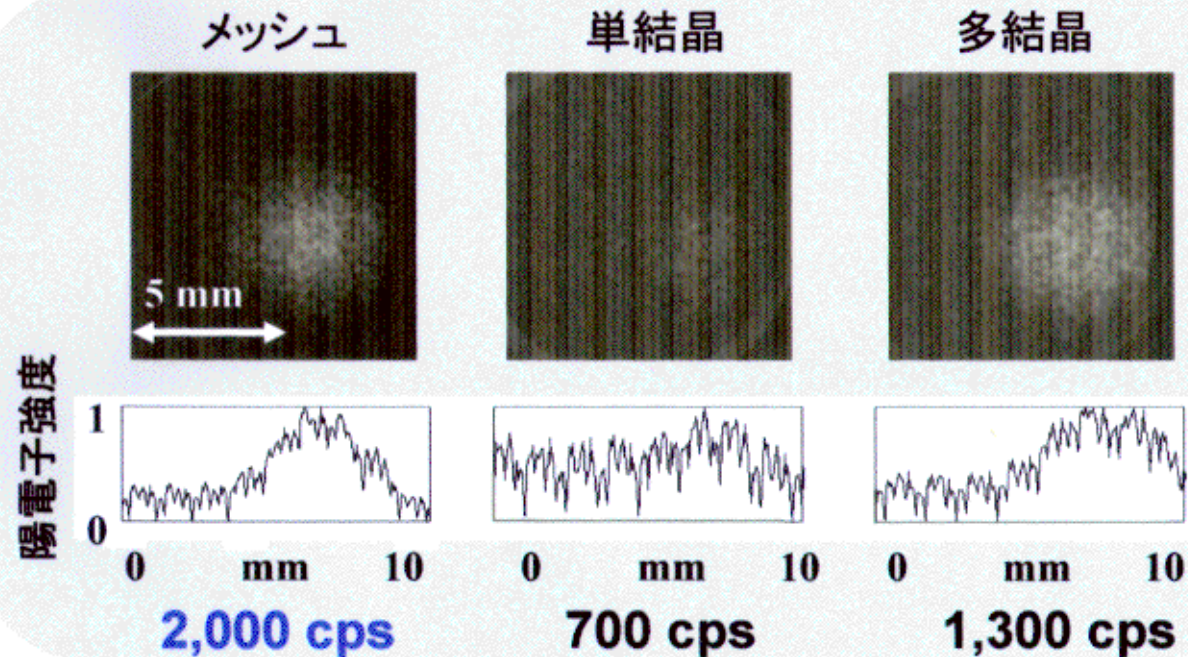
負の仕事関数を持つ物質からの
再放出現象を利用
タングステンが一般的



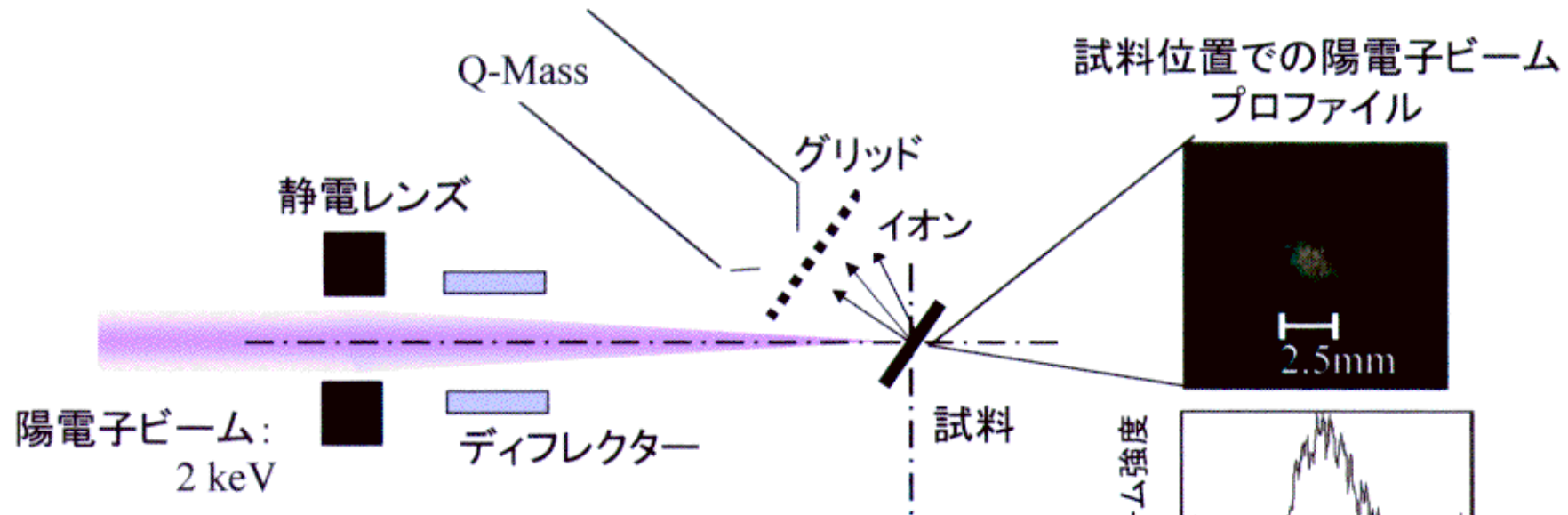
熱処理や形状・幾何学的配置が重要



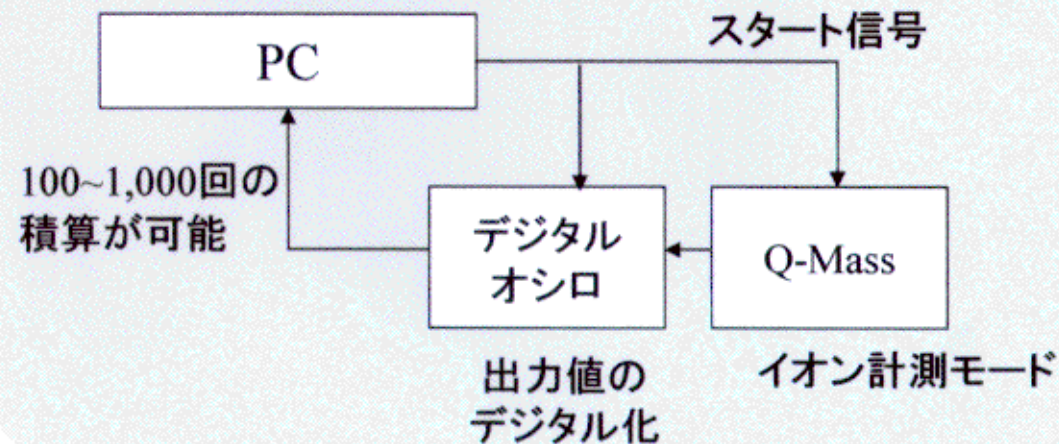
メッシュ(8枚重ね)が
最適



質量分析系の構築

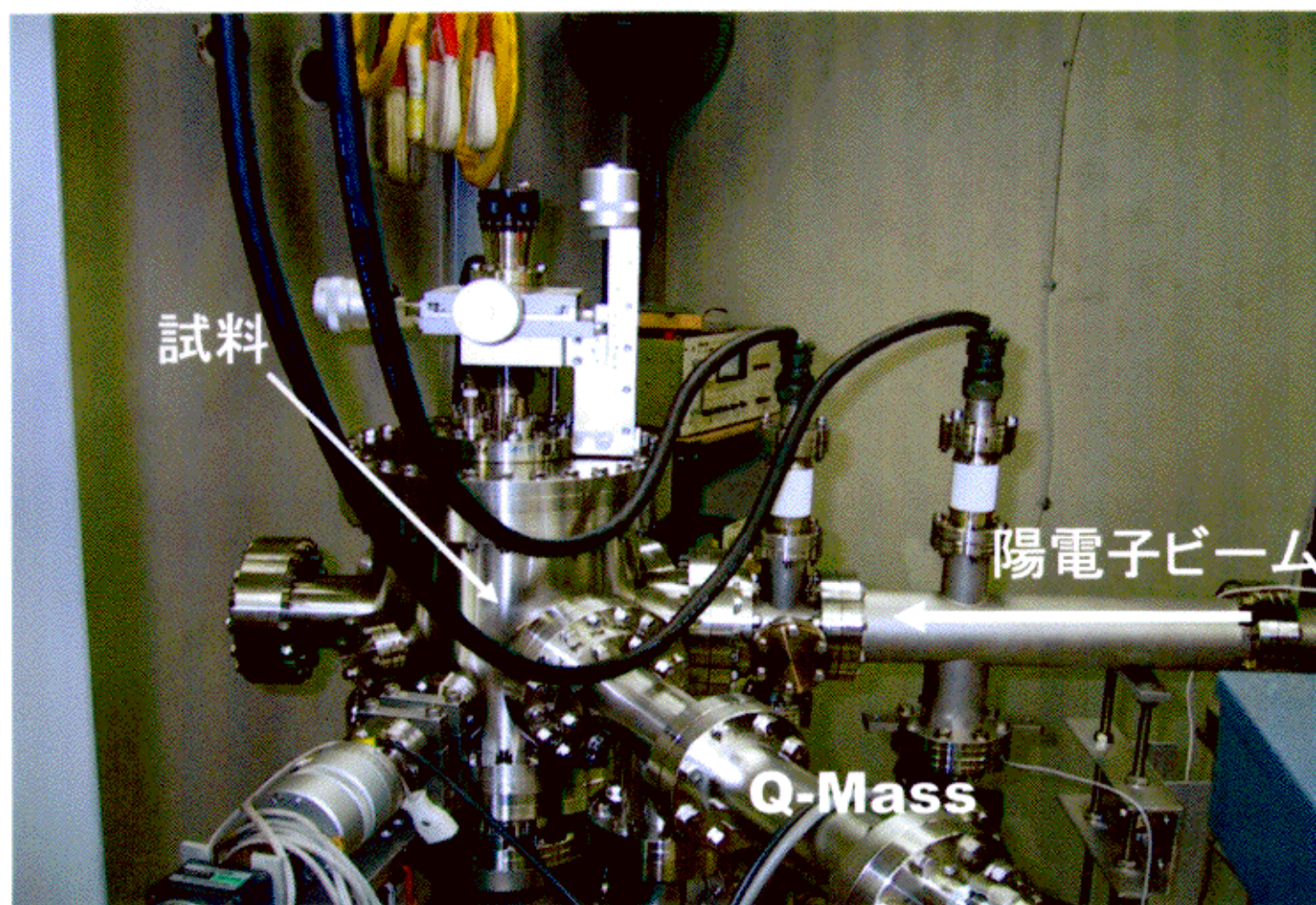


イオン質量分析系の概略図



長さ(mm) 0 10
4,000 cpsの陽電子強度

陽電子励起イオン脱離装置の写真

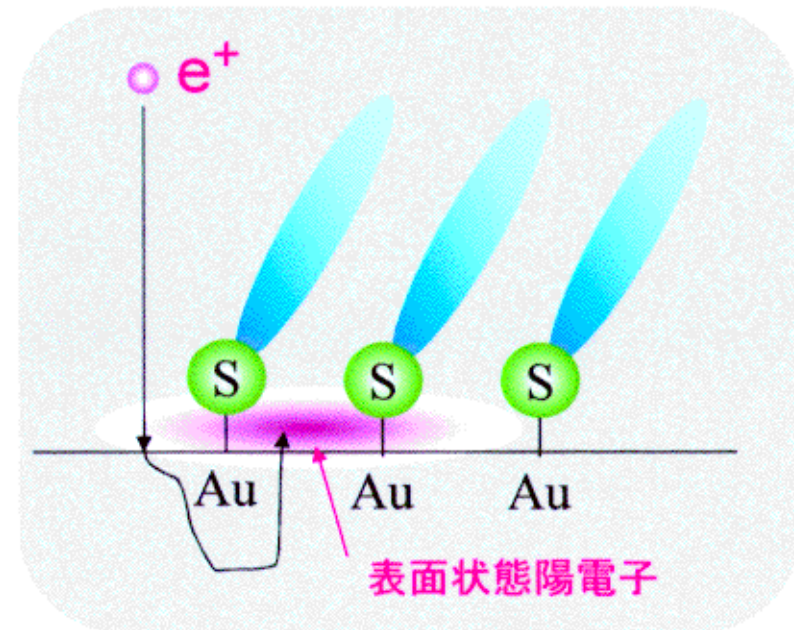


試料の選択

金表面に形成した
アルカンチオール($C_nH_{2n+1}SH$)単分子膜

選択理由

1. 金は高密度
⇒ 注入領域が浅く, 局在化しやすい
(90%以上の陽電子が表面に捕獲)
2. 金属-S系における陽電子の捕獲サイト
⇒ S側に局在化することが示唆



試料調製

金基板を800°Cで3時間アニール



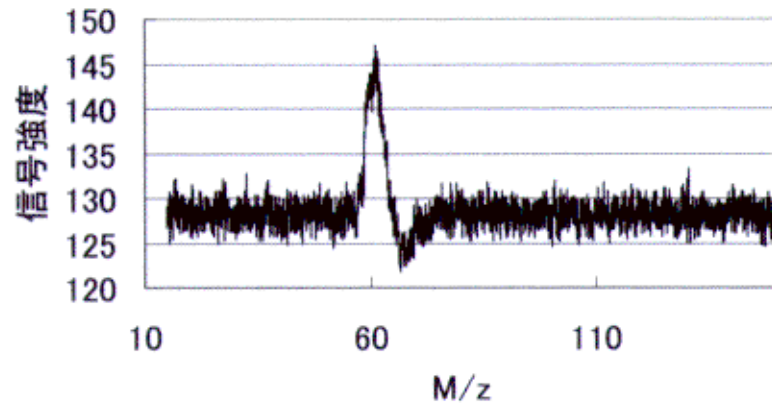
基板内の空孔を除去し, 表面局在化する陽電子の割合を高める

メタノール溶媒中で5 mMエタンチオール(分子量62.5)あるいは
ペンタンチオール(分子量104.2)溶液に浸漬して単分子膜を形成

エタンチオール/金の質量スペクトル

陽電子励起

2 keV, 4,000 cps

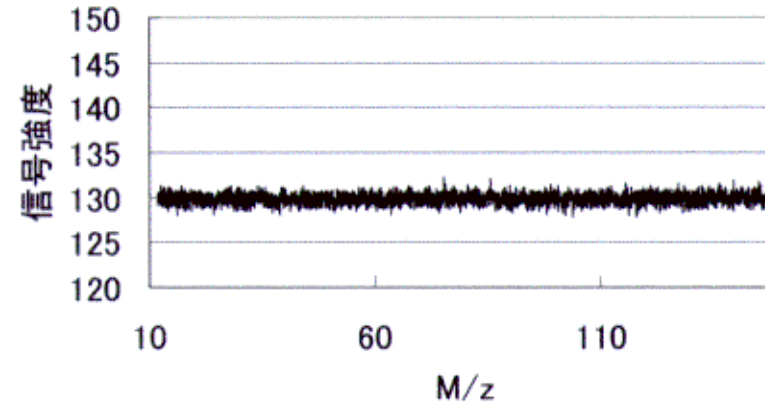


61の位置にピークが確認

→ $\text{C}_2\text{H}_5\text{S}^+$ によって得られた信号

電子励起

2 keV, 36,000 cps



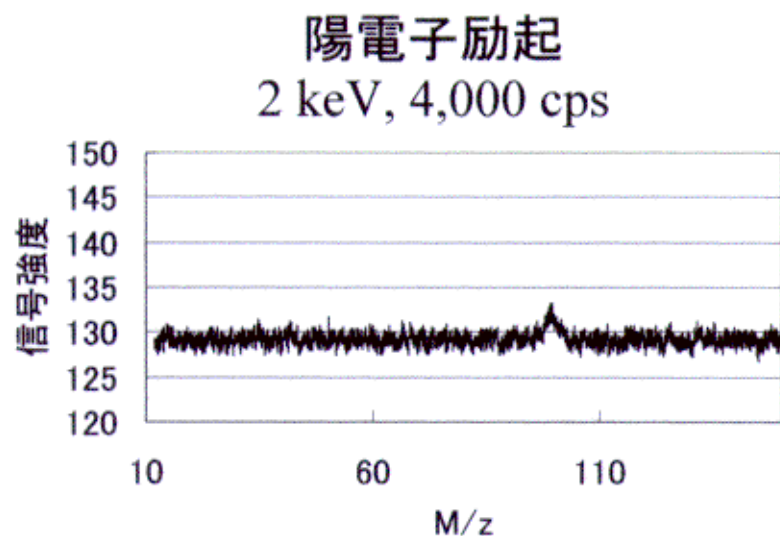
電子励起では脱離イオンが観測されず

吸着分子の分子イオンの検出(イオン励起脱離ではない)

エネルギー粒子による電子励起ではない

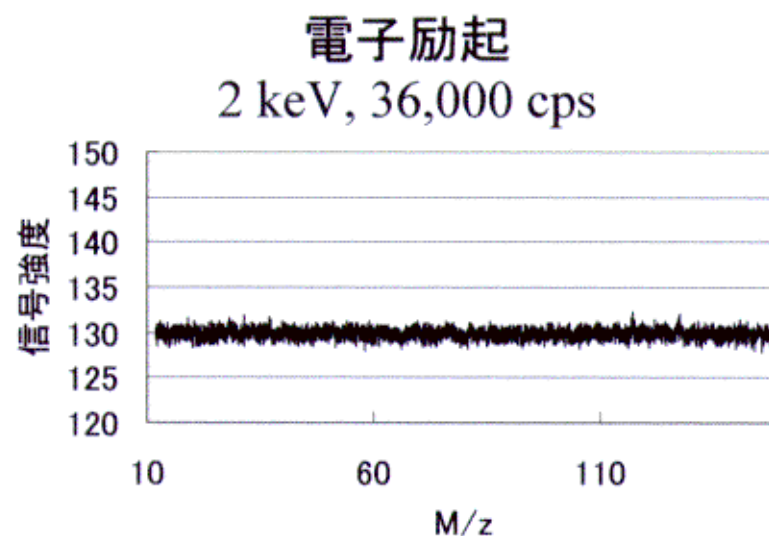
陽電子誘起により初めて固体表面吸着種の分子イオン化に成功

ペンタンチオール/金の質量スペクトル



103の位置にピークが確認

→ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{S}^+$ によって得られた信号



信号は確認されない

陽電子励起による分子イオンの発生を支持

結語

◇ 静電場による陽電子輸送装置の開発



陽電子励起による電子・イオンスペクトル測定

◇ 陽電子励起によるアルカンチオール/金系で分子イオンの検出



電子励起よりも高いイオン化断面積を示唆

初めて陽電子励起によるイオン化脱離に成功

今後の課題

✓ 陽電子励起イオン脱離断面積の決定

光, 電子励起によるイオン化断面積との比較

✓ イオン脱離メカニズムの解明

吸着種依存性

脱離エネルギー依存性

入射陽電子エネルギー依存性

陽電子励起サイトの決定



電子遷移脱離機構解明や表面反応研究に有用な知見を与える

液体表面と陽電子の相互作用

- 液体表面溶媒和の研究
- 液体中での陽電子挙動の研究

