

## FOM 研究所 (AMOLF) 滞在記

——高速 (~100 keV) イオン散乱法  
による表面研究——

岩見基弘

大阪大学工学部電気工学科 〒565 大阪府吹田市山田丘

(1983年1月21日 受理)

## On the Stay at FOM-Institute: AMOLF

——Surface Study by Using High speed  
(~100 keV) ion scattering——

Motobiro IWAMI

Department of Electrical Engineering, Faculty of  
Engineering, Osaka University Yamada-Oka,  
Suita, Osaka 565

(Received January 21, 1983)

筆者の滞在した FOM 研究所の正式名は FOM (Fundamenteel Onderzoek der Materie)—Instituut voor Atoom- en Molecuul-fysica で FOM は英語で Fundamental Research on Matter に、後半は AMOLF と略され英語で Atomic and Molecular Physics と訳されている。この研究所では、名前の通り原子および分子物理に関する基礎研究を行っている。所員総数約 160 人、研究者数約 60 人 (内外国人 (客員) 研究員約 10 人) という規模の研究所である。1981~82 年にかけては次のようなテーマで研究を行っていた。① Surface Physics (F. W. Saris), ② Atomic Excitation (F. J. de Heer), ③ Mass Spectrometry (A. J. H. Boerboom), ④ Electron Physics (M. J. van der Wiel), ⑤ Atomic Beams (J. Los), ⑥ Molecular Physics (A. E. de Vries), ⑦ Plasma Physics-Beams (H. J. Hopman), ⑧ Flash Pyrolysis Mass spectrometry (J. Haverkamp), ⑨ Theory (A. Tip)。なお、( ) 内はグループの責任者である。筆者はこの中で ① の表面のグループに入って 1 年間研究を行ったわけである。研究者のうち、所長の J. Kistemaker (ライデン大学), J. Los (アムステルダム大学), M. J. van der Wiel (カルヴィン派大学: アムステルダム), F. W. Saris (ユトレヒト大学) の 4 人が ( ) 内の大学の教授でもあり、この 4 教授を通じて FOM 研究所は大学とも密な交流のある研究所になっている。過去 30 年間に、博士 122 人、学士 20 人、外国人研究者 (3 ヶ月以上滞在) 165 人を輩出 (又は受入れ) し、国際的な学術雑誌に約 1, 100 件の論文を

Table 1 研究所の構成

年度	研究者		全所員	
	人数	平均年齢	人数	平均年齢
1969	51	30	167	32
1981	68	34	158	36

発表し、25 の特許をとり、15 の国際会議 (参加者 100~800 人) を組織している。研究所の構成は Table 1 のようであり、この期間に平均年齢が 4 才も (?) 上っているのは、パーマノントの所員が 50 人 (も) 居り、その存在が平均年齢押し上げの因となっている。いま一つの悩みは財政問題で、研究者 1 人あたりの研究費が 1975 年に比べ 10% 近く減少しており、インフレを考慮すると約 1/2 になっていることである。FOM 研究所での研究を進めるポリシーとして次のようなことを言っている。研究 (計画) の質をはかる尺度に①研究所で研究を行った外国人研究者の数、②国際会議や他の研究機関のコロキウムで招待講演を依頼される数をあげている。FOM 研究所では年平均 75 人が研究発表で外国へ出かけ、そのうち 10 人が招待講演である。研究は①ユニークさ、②研究所での特殊な知識、③基礎的な挑戦、④素早く切替える可能性に基礎を置くべきであり、⑤ 5 年以内に興味ある結果の出なかったものや⑥非常に成功を収めたために 8 年後には大きな国際会議が持たれるほど (一般化した) の場合には中止されるべきであるとしている。以上、FOM 研究所の概略を 1982 年 4 月に行われたキストマーカ所長の退官記念講演会での同氏の講演の中から紹介させて頂いた。

筆者はこの研究所で 100 keV 領域の高速イオン散乱法を用いた表面 (界面) 研究グループに入り、Si(111) 清浄面 (熱アニール) の 7×7 およびレーザーアニール) の 1×1、Pd-Si (111)、Ag-Si (111) の研究を行ってきた。

固体表面研究におけるイオン散乱法の特徴は、加速イオンの試料構成原子による散乱を応用するため、試料表面 (層) での原子配列を直接知り得ることである。FOM 研究所のグループにより実現された方法は、この中で便宜的に MEIS (Medium Energy Ion Scattering) と言われている。これは MeV 領域のイオンを用いる場合を HEIS (High Energy Ion Scattering)、数 keV のイオンを用いる場合を LEIS (Low Energy Ion Scattering) と呼ぶこととの関連で使われているが、HEIS と共に高速イオンとして扱える領域のものである。FOM 研究所での MEIS 法の特徴の一つは試料により散乱されたイオンのエネルギー分析に静電形のエネルギー分析器 (ESA) を使っていることである。これが MeV

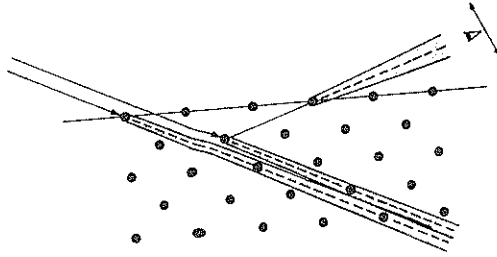


Fig. 1 An example of channeling-blocking alignment in a crystal plane.

領域のイオンを用いる場合一般に固体検出器 (SSD) が使われることとの大きな相違点で、試料表面層の分析における深さ分解能が、SSD では通常約  $50 \text{ \AA}$  までであるが、ESA では  $3 \sim 5 \text{ \AA}$  まで向上させている。また、ESA をトロイダル形にして約  $20$  度の角度範囲にわたり、散乱イオンの角度分布を同時測定できるようにしている点がいま一つの特徴である。このため、チャンネルング・ブロッキング (C-B) 測定<sup>1)</sup> (Fig. 1 参照) が短時間に行える。ここでチャンネルングとは、入射イオンを試料結晶のある原子列に平行に入射させること、ブロッキングとは、結晶内部で散乱された入射イオンが、検出器に入る前に、表面側に存在する原子に進路を妨げられ

ることを指している。この C-B 法を使うと、測定の表面感度が高くなり、また、表面 (吸着) 原子位置を原子間隔の  $1\%$  程度の精度で決定することができる。C-B 実験装置の概略図を Fig. 2 に示す。イオンビームは差動排気されたビームラインを通して散乱槽中へ導入される。槽内の真空度は散乱実験中で約  $1 \times 10^{-10}$  Torr である。試料は 3 軸ゴニオの上に固定される。これは水平、垂直移動も可能である。試料により散乱されたイオンはトロイダル形 ESA でエネルギー分析され、ポジションセンシティブディテクタによりその角度分布が同時測定される。散乱槽にはオージェ分析装置 (CMA)、LEED 装置、差動排気スパッタイオン銃がついている。また、エア・ロックの試料および蒸着源取換え機構があり、これらの取換えが 10 分以内で行える。

Pd-Si (111)-(7×7) 系での実験結果の一例を Fig. 3 (a) に示す<sup>1)</sup>、Pd 量が数字 (1, 2, ..., 8) の順に多くなっている。このスペクトルの Pd および Si 信号の高さから表面に室温で Pd<sub>2</sub>Si 層の形成されていること、および約  $5 \sim 20 \text{ \AA}$  の Pd<sub>2</sub>Si 層が室温で Si 基板上に均一に形成されていることが分る。さらに、Pd 信号の低エネルギー側の傾きから Pd<sub>2</sub>Si-Si 界面が  $5 \text{ \AA}$  程度の急峻な界面を持っていることも分る。比較のために MeV 傾

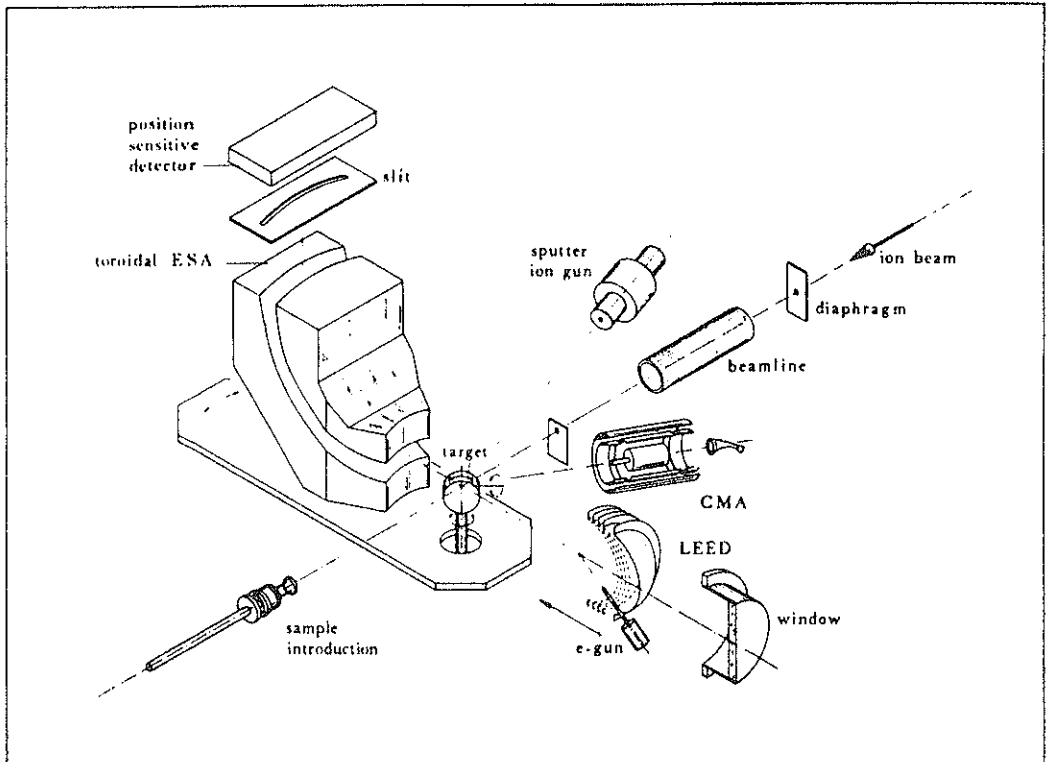
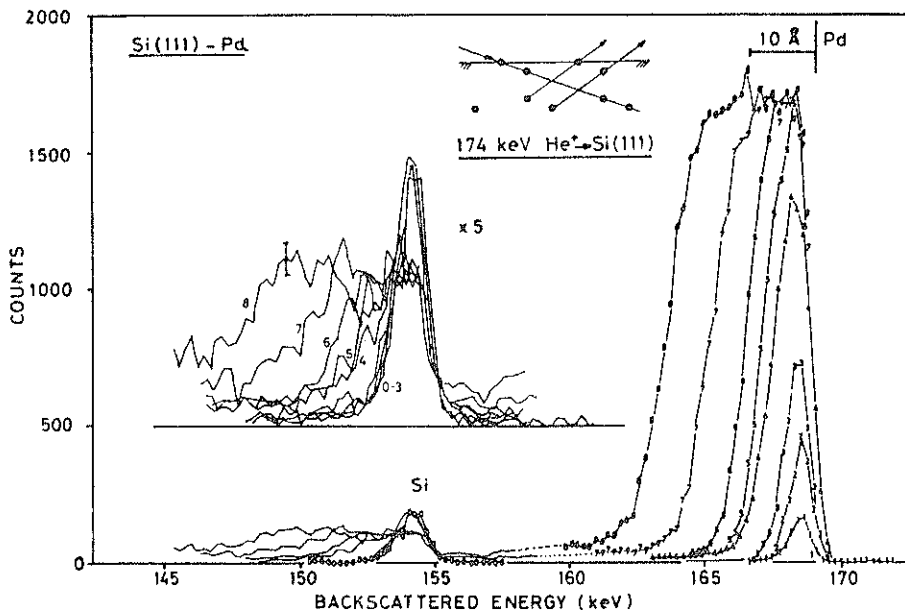
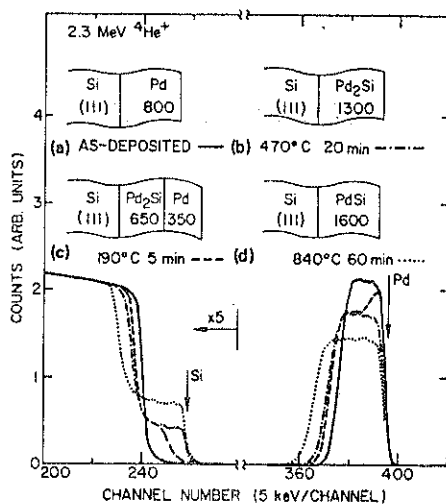


Fig. 2 Schematic illustration of UHV ion scattering apparatus.



(a)



(b)

Fig. 3 (a) An experimental result of channeling-blocking studies on Pd-Si (111) system.  
 (b) An example of MeV ion scattering on Pd-Si(111) (from G. Ottaviani et al.: Phys. Rev. B 24 (1981) 3354)—the numbers (800, etc.) represent thickness of overlayer metal- (or silicide-) films.

域の加速イオンと SSD を用いた場合の Pd-Si 系のスペクトルを Fig. 3(a) に示す。両者の比較から、本 C-B 法の深さ分解能の良さが明瞭であろう。Fig. 3(a) の結果とイオン中性化率の Pd 被覆率依存性などから、Pd-Si (111) 系では、室温で Pd<sub>2</sub>Si を形成する反応をひき起すのに Pd にある臨界厚さ (1~2 原子層) のあることが明らかとなった。

C-B 法により Si(111)-(7×7) および (1×1) 面の構造を調べたが、レーザアニールによる形成された (1×1) 構造では Si 原子がバルクと同じ配置を表面でもとっているというのではなく、(7×7) 構造がその長周期の周期性を失った、乱された (7×7) であることが明らかとなった<sup>2)</sup>。また、Ag-Si (111) 系での C-B 実験から Ag は室温で Si (111)-(7×7) 面上に Stranski-Krastanov

機構で成長することが明らかにされた<sup>3)</sup>。

なお、イオンビーム (に限らないと思うが) を用いた実験では、情報を得るために用いるビームによる効果に注意しなければならない<sup>4)</sup>。とくに基板構成原子より重い原子を吸着させた系では、イオンビームによる効果 (本質的でないもの) が強く観測される。

以上、筆者の1年間の滞在中での経験をもとに、FOM研究所 (AMOLF) およびそこでの表面研究の一端を紹介した。読者の皆さんのお役に立てば幸である。

## 文 献

- 1) R. M. Tromp, E. J. van Loenen, M. Iwami, R. G. Smeenk and F. W. Saris: Thin Solid Films **93** (1982) 151.
- 2) R. M. Tromp, E. J. van Loenen, M. Iwami and F. W. Saris: Proc. Material Research Symposium, Boston, Nov. 1982. (in press).
- 3) E. J. van Loenen, M. Iwami, R. M. Tromp and F. W. Saris: (to be published).
- 4) M. Iwami, R. M. Tromp, E. J. van Loenen and F. W. Saris; Proc. Intern. Conf. Rad. Effects in Solids, Aug.-Nov., 1982, Amsterdam.

## 化学センサー国際会議

- 主 権: 電気化学協会  
 協 賛: 日本表面科学会他  
 日 時: 昭和58年9月19日(月)~22日(木)  
 会 場: 福岡市 電気ビル (福岡市中央区渡辺通 2-1-82)  
 参加申込締切: 昭和58年6月15日(水) (申込用紙は事務局までご請求下さい)  
 参加登録費: 40,000円 (プロシーディングを含む) パンケット 8,000円  
 連絡先: 化学センサー国際会議組織委員会事務局  
 〒816 福岡県春日市春日 九州大学大学院総合理工学研究科  
 山添 昇 Tel. (092) 573-9611 (内) 310

## 第36回コロイドおよび界面化学討論会

- 主 権: 日本化学会コロイドおよび界面化学部会 日本化学会近畿支部  
 日 時: 1983年10月8日(土)~10日(月)  
 会 場: 関西学院大学理学部 (西宮市上ヶ原一番町)  
 主 題: 表面物性と表面分光  
 発表申込締切: 6月11日(土)  
 申込み・問合せ先: 〒101 東京都千代田区神田駿河台 1-5  
 日本化学会 DCSC 担当