



加速電圧を「極低加速電圧」と記述する。) 著者らは、このような にいち早く着目し、極低加速電圧領域における鋼板表面の微細構造観察技術を構築してきた。実際には、極低加速 の特徴を端的に示す鋼板表面の観察例、さらに検出器の選択により異なる表面情報を取得した例を示し、実用材料極表層の微視的な均一性、不均一性を評価する際の極低加速電圧 技術の有用性について述べる。

## 2. 装置

本報の実験には、ドイツ

b ( 現 b ) 製のショットキー型 を用いた。本装置は、電子線が陰極から試料に達するまでにクロスオーバーを作らない磁場-電場複合型レンズ<sup>1)</sup>を有することが特徴で、加速電圧は . から の間で容易に変化させることができる。通常の光学系と異なり極低加速電圧領域でも電子線を細く絞ることができ、加速電圧 で空間分解能は 以下に達する。また、いわゆるインレンズ のように試料が対物レンズの磁場中に置かれるタイプではないので、鉄鋼材料のような磁性材料の観察にも適している。本装置は、鏡体内に配置された環状の二次電子検出器 (以下、インレンズ検出器) と、一般的に で用いられる - 二次電子検出器 (以下、 検出器) を有しており、同一観察領域から異なる情報をもった信号を検出できる。

## 3. 極低加速電圧の意義

### 3.1 情報深さ

極低加速電圧観察の最大の特長は、表面敏感になることである。Photo 1 は、メッシュ上のカーボン薄膜 (厚さ

### 3.2 実効的分解能

P のシミュレーションからも分かるように、極低加速電圧では入射電子の表面平行方向の広がりも小さくなる。これは、材料表面を観察する上で、実効的な空間分解能の向上に繋がる。

**Photo 3** は、微細な結晶粒を有する鋼板表面の二次電子像である。同一視野を加速電圧 . . . , . . . で検出器を用いて観察したものを示している。 . . . という低い加速電圧では、粒界に存在する微粒子などの微細構造が明瞭に観察されていることが分かる。これに対し、加速電圧を高くするに従い、入射電子の試料内での広がりが大きくなることにより、微細な形態の認識が困難となる。

通常、 . . . の分解能は入射電子のプローブ径が指標として用いられ、実験的には、孤立した蒸着 . . . 粒子の観察により評価されることが多い。しかし、実際の材料では、たとえプローブ径が小さくとも、高い加速電圧では入射電子の試料内部での広がりが大きくなるため、材料表面の観察では実効的な空間分解能は . . . 粒子の場合と比べて大幅に低下する。したがって、本観察例のように、加速電圧を下げ入射電子の広がりを小さくすることは、実効的な分解能を向上させる点で有効であり、材料表面の実態を正確に

知るためには重要なことである。

. . . 項で示した結果は、一般的に用いられる . . . 以上の高い加速電圧では、表面の数 . . . 以下の物質や構造は見落とされる可能性の高いことを意味しており、ナノレベルの極表層の形態に着目する場合には、低い加速電圧での観察が不可欠であることが分かる。

### 4. 二次電子検出器の選択

**Photo 4** に、加速電圧 . . . でインレンズ検出器と検出器の二つの異なる二次電子検出器泡 . . . 鳥艶妣宇子翠驚佳克の觀 . . . 物肇

るという点である (P )。

これに対し、従来多用されてきた 検出器では、検出される二次電子のうち物質の状態に敏感な低エネルギーの二次電子の割合が低いので、表面形状によるコントラストが支配的になる。加えて、 検出器では、試料の斜め上方に位置することから生じる投影効果も表面形状を強調する上で有効に働いていると考えられる。

以上のように、検出器の特性により得られる情報は大きく異なる。上記以外にもさまざまなタイプの検出器があるが、その一例として、阻止電場方式のエネルギー選別により反射電子成分を選択的に検出できる検出器があげられる<sup>3)</sup>。このような検出器を有する極低加速 では、加速電圧 以下での反射電子像観察を行うことができる。反射電子像は、材料表層の原子番号や密度を反映し像解釈が比較的容易であるため、材料極表面観察において本論文で述べたものとは異なる新たな極表面情報を取得できる。

## 5. 極低加速 SEM の課題と展開

章で述べたように、極低加速電圧領域の利用により、表面感度および実効的分解能が向上する。一方で、得られる情報が多くなった裏返しとして、得られた像を正しく解釈することの重要性が増している。 章では、異なる検出器を使い分けることで、表面の物質情報と形状情報を分離

著者： 氏名 所属機関 連絡先