

高角度検出反射電子(High angle backscattered electron)と 低角度検出反射電子(Low angle backscattered electron)

最近、反射電子検出器の位置を工夫することで、試料から放出した反射電子を入射電子の入射方向に近い角度で検出(高い取り出し角度)したり、入射電子から遠い角度で検出(低い取り出し角度)することが可能になっています。一般的には前者を高角度反射電子(high angle backscattered electron)、後者を低角度反射電子(low angle backscattered electron)と呼んでいます。それぞれが、異なった試料情報をもたらすので以下に整理します。

[高角度検出(高い取り出し角)による反射電子像の情報]

- ・ 主に組成情報(Zコントラスト)を示す。加速電圧が高いほど試料内部の組成情報をもたらす。
- ・ 結晶性試料では結晶方位の情報(チャネリングコントラスト)を示す。

[低角度検出(低い取り出し角)による反射電子像の情報]

- ・ 豊富な凹凸情報示す。組成情報の割合は少ない。試料の内部情報は乏しい。
- ・ 結晶性試料では結晶方位の情報(チャネリングコントラスト)を示す。

なぜ反射電子の検出角度を変えると得られる試料情報が異なるのかは、反射電子放出の原理で説明できません。図1は、試料から放出される反射電子の強度分布を示します。この図から分かるように、反射電子の強度分布は入射電子に対して鏡面反射方向に最大の強度を持ちます。垂直入射の場合、放出される反射電子は、角度分布がブロード、試料内部からの情報が多い、エネルギー損失が大きい、という特徴があります。一方斜め入射の場合は、角度分布が狭く鋭い、試料表面からの情報が多い、エネルギー損失が小さい、という特徴があります。

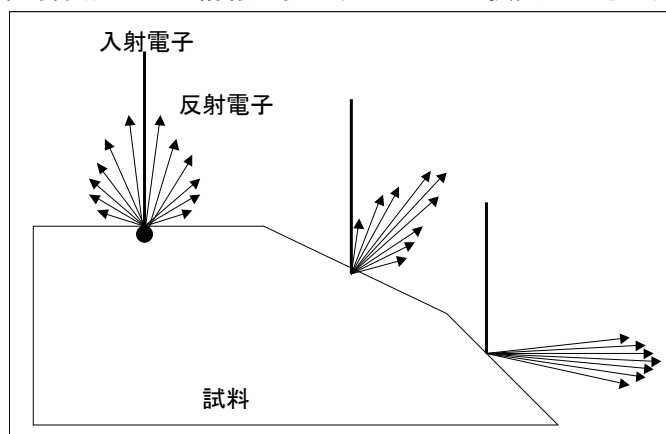


図1. 反射電子放出の角度依存性

高角度検出される反射電子は、垂直入射によってブロードに放出された反射電子の中で入射電子に近い方向に飛び出したもので、試料表面の傾斜に鈍感であるとともに試料内部の情報を多く含みます。また、反射電子放出の原子番号依存性(組成差によるコントラスト)を強く示すとともに結晶性試料では結晶方位情報(チャネリングコントラスト)を示します。

一方、低角度検出される反射電子は、垂直入射によって試料に近い方向に飛び出したものもありますが、多くは斜め入射によって狭く鋭い強度分布を持つ反射電子であり、検出器を見込む角度が小さいため、反射電子の方向がわずかに変わっても信号強度に影響します。すなわち、試料表面の傾斜の変化に非常に敏感であるとい

えます。また試料表面からの情報が多いので凹凸のコントラストが強くなる一方で、組成情報の割合は少なくなります。結晶性試料においては、元々結晶方位情報は表面近くの情報のため減衰せずに結晶情報(チャネリングコントラスト)をもたらします。

図2は、入射電子に近い方向に飛び出した反射電子と試料に近い方向に飛び出した反射電子およびそれぞれを検出するための反射電子検出器の配置を模式的に示します。

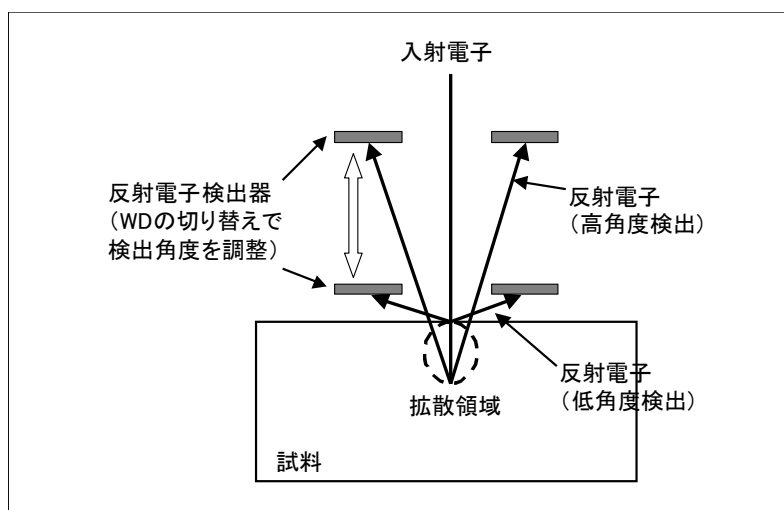


図2. 検出器の位置と検出角度の違い

図3に検出角度の違いによる反射電子像の違いを示します。反射電子の検出は半導体ペア検出器を用い、試料と検出器間の距離を変えることによって検出角度の高・低を切り替えた結果です。試料は NiP 基板上的のはんだの断面です。この断面はウルトラミクロトームで作ったもので、表面には切削の際のメスマークやチャタリングによる凹凸があります。低角度検出による反射電子像では、鉛(Pb)と錫(Sn)の組成の違いによるコントラストと結晶によるチャネリングコントラストに加えて、表面の凹凸が観察できます。しかし検出角度が高くなるにしたがって凹凸情報は欠落して組成情報とチャネリングコントラストのみになることが分かります。

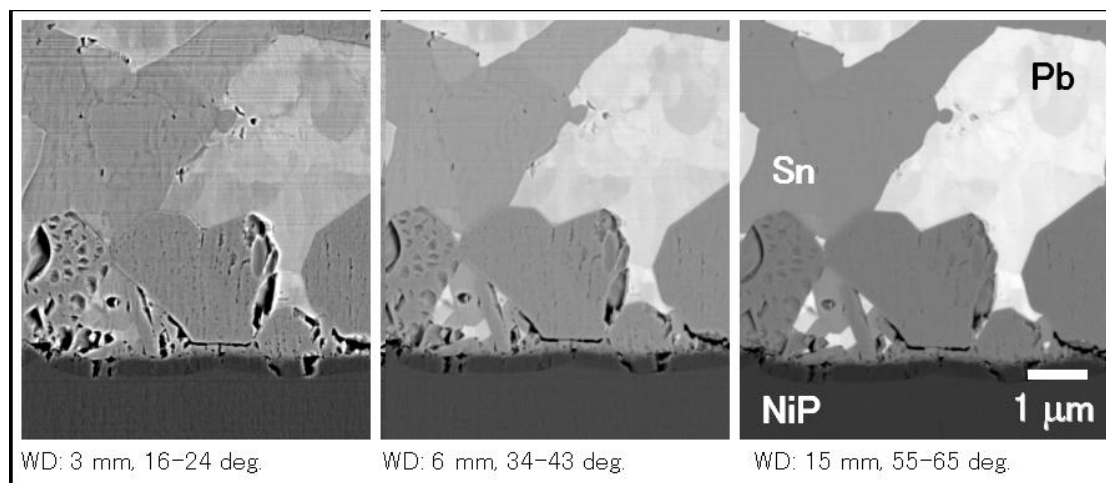


図3. 反射電子の検出角度の違いによる像の違い(加速電圧: 5 kV、試料: NiP 基板上的のはんだ断面、図中の角度は反射電子の取り出し角)