



SEMの帯電現象(チャージアップ)を抑制する

関連製品:走査型電子顕微鏡(SEM)

はじめに

走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: SEM)は、光学顕微鏡と同様に試料の表面を観察できる装置です。SEMは、電子線を利用するた め、装置内が真空に保たれており、真空に耐えられる導電性試料であれば容易に観察できます。一方、非導電性試料を SEMで観察すると、帯電現 象(以下帯電とする)が起こります。帯電を抑えて観察するには、試料と電子の関係について理解する必要があります。ここではSEMの帯電を抑制す る方法の内、一般的に利用されている試料前処理と測定条件について紹介します。

帯電

なぜ非導電性試料では帯電が起こるのでしょうか。これは試料の導電性が関係しています。試料の導電性は、試料中の自由電子の数によって決まりま す。導電性試料では、自由電子が多いため、電子が流れます。一方で非導電性試料では、自由電子が少ないため、電子が流れにくくなります。 SEM内での電子の動きに置き換えます。試料表面に電子線を照射すると、入射電子(I_n)が試料内部で散乱し、二次電子(I_c)や反射電子(I_b)が試料 表面から放出され、一部は試料を通じてアースに流れます(I_a)。図1にSEM観察時の電子の流れとSEM画像(二次電子像)を示します。導電性試料 の場合は、アースに電子が流れるため、試料に入射した電子と試料から放出された電子の数は等しくなります($I_p = I_s + I_b + I_a$)。一方、非導電性 試料の場合は、アースに電子が流れにくいため、試料に入射した電子と試料から放出された電子のバランスが崩れ、帯電します($I_n ≠ I_s + I_h$)。帯 電した状態では、試料表面の部分部分で試料に入射する電子よりも試料から放出される電子が多かったり、あるいは少なかったりするために、観察 される像に異常が起こります。



帯電の抑制

図2に非導電性試料であるワシミミズクの羽根をSEMで観察した事例を示します。無処理のまま観察すると帯電が起こります(図2a)。試料前処理とし てOsをコーティングすると帯電の影響を受けずに観察できます(図2b)。また、試料室の真空度や入射電圧といった観察条件の調整で、帯電を低減し て観察できます(図2c, d).

15

毛髮



図2	ワシミミ	ズクの	羽根の	S	E	N	N	阃	傓	ł

帯電対策	入射電圧[kV]	試料室真空度[Pa]	
(a)無処理	15	1×10-3(高真空)	
(b)コーティング(Os)	15	1×10 ⁻³ (高真空)	
(c)低真空	15	80(低真空)	
(d)低入射電圧	0.8	1×10-3(高真空)	

本誌の記載内容は予告なしに変更することがあります。本誌掲載の商品は外国為替及び外国貿易法の規制品に該当する場合がありますので、輸出す るとき、または日本国外に持ち出すときは弊社までお問い合わせ下さい。 Copyright © 2023 JEOL Ltd.

前述した方法以外にも複数の帯電対策があり、それらの分類を図3に示します。帯電抑制効果が高い試料前処理(コーティング)、測定条件(低真空、 低入射電圧)が主に利用されています。各方法の抑制メカニズムについて図2のSEM画像を用いて説明します。



図3 帯電対策の分類

◇試料前処理:コーティング

コーティングとは、試料表面を導電性材料(Au, Pt, Os, Cなど)で薄くコートする手法です。入射電子がコーティングした試料表面を通じてアースに流れるようになるため、導電性試料と同等に観察できます(図4)。



◇測定条件:低真空

低真空とは、試料室に空気や窒素ガスを導入(試料室真空度を悪く)し、測定する手法です。入射電子で陽イオン化されたガス分子が、帯電した試料 表面を電気的に中和するため、帯電を抑制して観察できます(図5)。真空度が悪いほど、陽イオン化されたガス分子が増えるため、帯電抑制効果が 高まります。試料前処理が必要ないため、簡易観察でよく利用されます。



◇測定条件:低入射電圧

低入射電圧とは入射電圧1kV程度で観察する手法です。図6に入射電圧を変えたときの二次電子放出率の模式図を示します。二次電子放出率が1 付近の入射電圧を利用することで、I。と+I。+I。の平衡が保て、帯電の影響を低減して観察できます(図7)。この手法は、低入射電圧でもプローブ径 を細く保つことができる電界放出電子銃を搭載したSEM(FE-SEM)で有効です。



まとめ

SEMのチャージアップ(帯電現象)を抑制するには、試料側を調製する方法と観察条件を調整する手法があります。これらの手法を用いて、帯電を抑 制し、非導電性試料を観察することが大切です(図8)。



Copyright © 2023 JEOL Ltd. このカタログに掲載した商品は、外国為替及び外国貿易法の安全輸出管理の規制品に該当する場合がありますので、輸出するとき、または日本国外に持ち出すときは当社までお問い合わせください。



本社・昭島製作所 〒196-8558 東京都昭島市武蔵野3-1-2 TEL: (042) 543-1111(大代表) FAX: (042) 546-3353 www.jeol.co.jp ISO 9001 · ISO 14001 認証取得

東京専務所 〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目1番1号 大手町野村ビル **業務統括センター** TEL: 03-6262-3564 FAX: 03-6262-3569 **デマンド推進本部** TEL: 03-6262-3560 FAX: 03-6262-3577 S1営業本部 S販促室 TEL: 03-6262-3567 FAX: 03-6262-3577 セミコンダクタ・ソリューションセールス部 TEL: 03-6262-3567 産業機器営業部 TEL: 03-6262-3570 MEソリューション販促室 TEL: 03-6262-3571 SE事業戦略本部 SE営業グループ TEL: 042-542-2383 (本社・昭島製作所)

