

標準物質協議会

会 報

1996・1
第24号

Japan Association of Standard Substances

標準物質とは

標準物質とは、測定器の校正、測定方法の評価、あるいは物質の値付けの標準として用いられる素材又は物質で、その一つ又はそれ以上の特性値がこれらの目的に使用されるのに十分な程度で確定されているものを言い、これを使用することによって、物理的、化学的、生物学的又は工学的量の測定又は付与された値が、異った2箇所間で共用することを可能とするものである。

標準マイクロスケール

計量研究所 豊田 幸司

μm やサブ μm オーダの微小寸法の測定には、走査型電子顕微鏡 (SEM) を高性能化して、さらに測長機能を付加した電子ビーム測長機 (EB 測長機、又は CD-SEM ともいう。) が使用されます。この電子ビーム測長機の精度管理には、装置の校正が不可欠です。このときに基準寸法を提供するための「ものさし」—標準マイクロスケール—を、計量研究所と (株) 日立製作所中央研究所が共同開発しました。今回開発した標準マイクロスケールは、 $0.24\mu\text{m}$ という世界で最も細かいピッチを持つ正確な「ものさし」です。

何故、標準マイクロスケール

μm オーダ以下の形状を作っているものの代表として、集積回路 (IC) があります。IC

自身は、電子部品であるので、最終的には電気的特性を満足することが重要です。ところが、その生産プロセス中で電気的特性を測定することができないので、IC パターンの形状寸法を測定して、生産管理をする必要があります。

ところで、IC は高集積化による急速な進展を見せています。高速化、省電力化など IC の性能向上をもたらす高集積化は、加工パターンの微細化によって始めて可能になります。したがって、最小加工線幅の微細化は、IC の高性能化と表裏一体の関係にあります。IC の生産プロセスでの加工線幅の管理には、当初、光学的測定機が用いられていました。ところが、加工線幅がサブ μm 領域に入ってくると光の波長に起因する分解能不足のために、新たに電子ビーム測長機が用いられるようになりました。

電子ビーム測長機は、走査型電子顕微鏡をベースにしています。したがって、測長には、測定試料上の電子ビームの走査距離とCRT上の画像との比一倍率を正確に知る必要があります。すなわち、電子ビーム測長機は比較測定機なので、測長の基準となる試料を用いて倍率を正しく校正する必要があります。

これまで校正用の基準試料は、各ICメーカーや各IC工場がそれぞれ作製、使用していました。したがって、各メーカー毎、あるいは各工場毎での生産は同じ基準寸法で管理されていました。言い換えると、各メーカー、各工場ごと別々の基準寸法を採用していました。このような状況のなか、加工の微細化が進むに従って、より信頼性のある基準試料の出現が要望されていました。また、ISO9000ファミリーで求められる品質管理のためにも国家標準にトレーサブルな基準試料の要望が年々強くなってきました。そこで、計量研究所では、これまでの研究成果を基に、電子ビーム測長機の倍率校正用標準試料—標準マイクロスケール—を開発しました。

開発のねらい

標準マイクロスケールの開発に当たっては、信頼性が高いこと、広く普及すること、今後の技術進歩に対応できることなどを特に重視しました。また、微小寸法領域の標準試料としては種々の適用範囲が考えられるが、今回は電子ビーム測長機用とすることを最優先しました。

標準マイクロスケールの最も基本的な仕様は、目盛間隔（ピッチ）です。目盛間隔は、測定寸法の大きさに比べて十分小さいことが求められます。一方、測定対象そのものが限界に挑戦しながら微細加工されているので、それに比べて十分細かいピッチの目盛を作ることは、最新の技術でも不可能です。しかしながら、このような極限の加工条件の中で、できるだけ細かいピ

ッチの実現を目標としました。このことは、一面、光学測定機への適用が困難なことを意味し、電子ビーム測長機に対象を絞った結果といえます。

電子ビーム測長機の測定対象であるICは、前記のように急速に微細化の一途をたどっております。従ってこれに対応する基準スケールも年々より細かいピッチのものが求められるようになります。そこで今回の開発目標を、今後予想される256MビットDRAMにも対応できるように設定しました。

電子ビーム測長機は、SEMと異なり、試料室内に測定試料であるウェハ以外に必ず校正用の基準試料をセットできる場所が用意されています。したがって、装置の精度確認が必要などときには迅速に校正することができます。国内には電子ビーム測長機メーカーが現在5社ありますが、それぞれセットできる基準試料の形状が全て異なっています。形状の違いは、装置の校正方法に対する考え方の違いとの側面もあり、標準試料の形状に装置側を単純に合わせれば良いと云う訳にはいきません。したがって、電子ビーム測長機用の標準試料を広く普及させるためにも、これらの異なる考え方を網羅する形状を追求することとしました。

単なるスケールを標準スケールとするためには、正しく校正しなければなりません。計量研究所では、これまでに微小寸法絶対測定装置を開発し、レーザの波長を基準とした微小寸法の測定を可能としました。そこで、この装置を頂点とした標準マイクロスケールの校正体系を整えることによって、計量研究所にトレーサブルな信頼性の高い標準試料の実現を図ることとしました。

実現のための技術的条件

標準マイクロスケールを実現するためには、

二つの条件が必要です。すなわち、微細加工によってマイクロスケールそのものを作製することと、そしてその微小寸法を正確に校正する技術です。

マイクロスケールの作製のためには、目盛間隔（ピッチ）の均一性や目盛形状の品質などのスケール自身の性質ばかりではなく、電子ビーム測長機で使用するための形状や材質上の制約なども考慮しました。一方、微小寸法校正技術としては、電子ビームで目盛線の位置を検出し、目盛線の間隔を超高分解能レーザ干渉計で測定する方法を採用しました。標準マイクロスケールは、これらを組合わせて実現したもので、等間隔で幾何学的に美しい目盛の間隔を、レーザの波長を基準に校正した標準試料といえます。

マイクロスケールの特徴と仕様

マイクロスケールの形状として求められる条件は、目盛線の幾何学的形状が美しく整っていることです。すなわち、目盛線のエッジが直線で、各目盛線の幅が等しいことが重要です。その上、目盛間隔の均一性が望まれます。このような性質を厳密に追求したのがマイクロスケールの加工で、同じ微細加工でも形状の性質より電気的特性が必要なICの加工とは異なっています。

マイクロスケールは、4mm角のシリコンチップ全面に渡って $0.24\mu\text{m}$ ピッチのラインアンドスペースをパターンニングしたものです。すなわち、1個の試料に約1万6千本余の目盛が並んでいます。例えば、これを使って10万倍の倍率校正をしたとすると、試料上では約 $1\mu\text{m}$ 角の部分しか使用していません。したがって、電子ビームが照射された試料上には、コンタミネーションと呼ばれる汚染が生じますが、常に汚染のない新しいパターンを使うことができ、極めて長寿命であるといえます。

図は、マイクロスケールの走査型電子顕微鏡写真です。パターンの断面は、矩形波状となっています。シリコンチップは、アルミニウムの試料台の上に接着されています。試料台の形状は、幅広い利用を可能とするために2種類用意し、電子ビーム測長機にそのまま、あるいは僅かな改造で組込めるように設計しました。

校正技術とトレーサビリティ体系

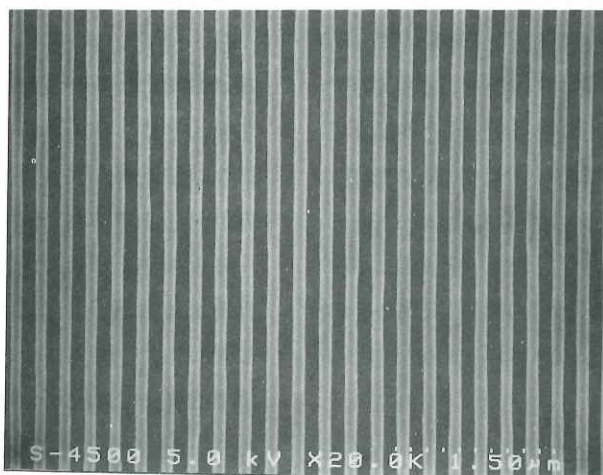
マイクロスケールのピッチを校正するために、微小寸法絶対測長装置を開発しました。この装置はマイクロスケールのパターン位置を電子ビームで検出し、それを分解能 0.8nm のレーザ干渉計で絶対測長することができます。ところが、1個のマイクロスケールには、1万6千余の目盛があり、これを全部測定することは現実的には不可能です。そこで、この装置によって精度チェックした光回折式ピッチ校正装置によって一個ずつマイクロスケールを校正し、供給することにしました。この装置は、直径2mmに含まれるピッチの平均値を効率よく測定することができます。これは、マイクロスケールが原理的に等ピッチとなるようなプロセスで作製されていることから可能な方法で、チップの場所による平均値のばらつきは、 1nm 以下となっています。

今後の課題

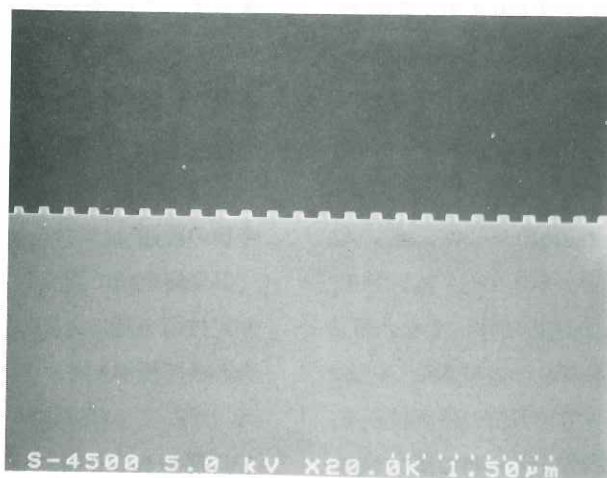
計量研究所で開発した高精度な微小寸法絶対測定技術を基に、高品質な微細加工技術と組み合わせ標準マイクロスケールを完成させました。そして、製造体制や検査態勢を整備など全てに携わることによって始めて標準試料としての供給が可能となりました。物理系の標準試料の場合、その供給までを推進する特定の組織が存在しないので、個々の努力によって対応しているのが現状と思われます。現在のところ、計量研究所が関係する物理系標準試料は、硬さ標

準片、光学フィルタ、粘度標準液など数例にとどまっているにすぎません。しかしながら、産業基盤や技術基盤の整備や発展のためには、今後ますます多くの種類の標準試料の発展や整備が必要とされており、そのためには校正技術や試料作製技術の研究ばかりでなく、物理系

標準試料の供給を行う公的機関が出現し、標準試料の製造から校正、供給までを一貫として支援・遂行する体制が現実することが待たれます。そして、将来的には、NISTのSRMにも匹敵するような標準試料群が整備されることが先進工業国としての責務と考えます。



(a) 表面



(b) 断面

図. 標準マイクロスケールの走査電子顕微鏡写真

標準物質協議会講演会

主 催 標準物質協議会
協 賛 日本環境測定分析協会
日本化学会
日本分析化学会

日 時 平成8年3月6日（水）13時30分～17時

場 所 家の光会館 1階講習会室
東京都新宿区市谷船河町11

- 演 題 1. 機器分析と標準物質
元化学技術研究所化学標準部長
セイコー電子工業（株）
顧 問 川 瀬 晃 氏
2. 地球環境問題と環境への負荷の低減
埼玉大学大学院理工学研究科
環境制御工学専攻
教 授 坂 本 和 彦 氏

参 加 費 一般5,000円、主催・協賛団体の会員3,000円（資料代を含む）
当日受付にてお支払いください。

申込方法 氏名、勤務先、所属団体を明記のうえ、2月29日（木）までに
FAX又は郵便でお申し込みください。

申 込 先 〒131 東京都墨田区東向島4-1-1
（財）化学品検査協会内
標準物質協議会
TEL (03) 3610-4164
FAX (03) 3614-1109

— 編集後記 —

みなさま、明けましておめでとうございます。

今回は、計量研究所力学部主任研究官の豊田幸司様から電子ビーム測長機の倍率校正用標準試料として用いる標準マイクロスケールの開発について執筆していただきました。まことに、ありがとうございました。

平成7年はいろいろ災難の多かった年でありますが、本年は是非、皆様にとりまして、より良い年になりますよう心からお祈り申し上げます。

東京都墨田区東向島4-1-1
(財) 化学品検査協会内
標準物質協議会