

露光技術開発にデータ解析ソフトウェアが活躍

「S-PLUS」と「VMStudio」を駆使して露光精度向上技術を開発

キヤノン製品技術研究所が開発した技術「FDLN (Focus & Does Line Navigator)」が半導体技術者の関心を集めている。ウエハーの量産における露光工程の精度を向上する技術だ。2003年に開催された学会で発表して以来、業界で大きな反響を得ているという。この技術を開発する過程の効率向上に貢献したのが、数理システムが提供しているデータ解析ソフトウェア「S-PLUS」と汎用データ・マイニング・ツール「VMStudio (Visual Mining Studio)」である。

キヤノンは、民生用から産業用まで幅広い製品を手掛けている。この中で半導体製造装置は事業の大きな柱の一つだ。特に同社が提供する半導体製造装置の中でも、市場で大きなシェアを持っているのが半導体露光装置、いわゆるステッパーやスキャナである。

ステッパーやスキャナは、マスク（あるいはレチクル）と呼ばれる「原版」に描画されている回路パターンを、ウエハー表面に設けた感光性のフォトレジスト層に、光を使って転写する装置である。マスクにはLSIよりも大きな寸法で回路パターンが描かれている。マスクを介してフォトレジスト層に光を照射するとき、光学系を使って光路を絞ることで、マスクの回路パターンを実際のLSIの寸法に縮小する。

この工程で重要なのは、ウエハー表面に転写したパターンの線幅 (CD: Critical Dimension) を管理することだ。回路パターンを転写するとき、フォーカス（焦点）と露光量が最適化されていないと、パターンのCDが設計値と異なってしまう。

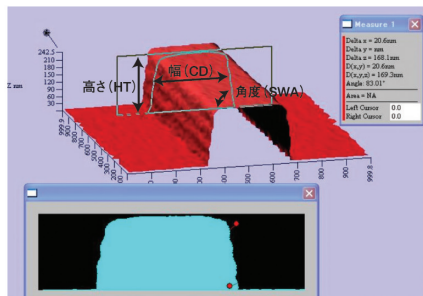


図1 レジスト・パターンからフォーカスと露光量のズレを導く技術「FDLN」。図はAFMC原子間力顕微鏡によるレジスト・パターン計測データ。

つまり、理想的には長方形の断面が台形になってしまう。このCDバラつきが許容範囲を超えたまま、工程を進めると加工不良を招く。「ところが、これまで量産ラインにおいて、最適値に対するフォーカスや露光量のズレを測定する技術が確立されていませんでした」（キヤノン製品技術研究所機器システム第一研究部機器システム13研究室の千徳孝一氏）。そこで、同研究所が開発したのが、「FDLN (Focus & Does Line Navigator)」だ。「前後の工程と連動してプロセスを制御する技術であるAPC (Advanced Process Control) とFDLNを組み合わせて、より高い精度の露光システムを実現できます」（千徳氏）。

複雑な多変量解析を短時間で処理

FDLNは、量産ウエハーに設けた微小な検査用パターンを作っている線の断面寸法を基に、フォーカスと露光量のズレを導く技術である。ズレを導く過程で「交差確認法」と呼ばれる統計技術や、ニューラルネットワーク技術を使った多変量解析を駆使している。キヤノン製品技術研究所は、ここで数理システムが提供している汎用データ解析システム「S-PLUS」や汎用データ・マイニング・ツール「VMStudio」を使って効率的にデータ解析を行った。「二つのソフトウェアの機能を利用することで、高度な解析技術が手軽に使えました。解析技術に詳しくなくても使えると思います」（千徳氏）。

FDLNでは、あらかじめ条件だし用ウエハーを作成し、これを基に線の断面の寸法

と、フォーカスおよび露光量のズレの関数を導く。この関数を利用して、実際の量産ウエハーの断面寸法からフォーカスと露光量のズレを推定する。

条件だし用ウエハーには、フォーカスと露光量を一定の間隔でズレしながら、複数の回路パターンを転写する。さらに、それぞれの回路パターンについて、線の断面の高さ、幅と側面の角度を測る（図1）。こうして集めたデータに基づいて多変量解析によって関数を割り出す。ここで、同研究所はS-PLUSやVMStudioを使った。「測定データを並べた表を用意したうえで、これを二つのソフトウェアに用意されているツールで処理するだけで、すぐに近似式を導くことができます。近似式を最適化するためには試行錯誤の作業が必要ですが、S-PLUSやVMStudioを使ったことによって、効率的に処理できました」（千徳氏）。

さらに、同研究所は「交差確認法」を用いて、FDLNによって予測したズレの精度を検証している。この作業にもS-PLUSを利用した。交差確認法は、少ないデータから汎化性を高めるための技術である。集めたデータを推定用と評価用の二つに分けて、このうちの推定用データから推定用モデルを導き、このモデルに評価用データをあてはめた結果を見て、モデルを評価する手法である。評価用データを変えながら何度もこの作業を繰り返すことによって、予測精度を検証する。「こういったこともS-PLUSの機能で効率的に処理できます」（千徳氏）。

高度なデータ解析技術を効率よく利用するために、ソフトウェアが果たす役割は大きい。新しい技術を素早く開発するカギの一つを握っているのが、データ解析ソフトウェアかもしれない。