

Title	SEMを用いたLSI微細構造計測のための統計的画像処理法に関する研究
Author(s)	御堂, 義博
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46638">https://hdl.handle.net/11094/46638</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	御 堂 義 博
博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)
学位記番号	第 20487 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 情報科学研究科情報システム工学専攻
学位論文名	SEM を用いた LSI 微細構造計測のための統計的画像処理法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 尾上 孝雄 (副査) 教授 中前 幸治 教授 竹村 治雄

#### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、SEM を用いた LSI 微細構造計測のための統計的画像処理法に関する研究成果をまとめたものであり、次の 6 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、目的ならびにその半導体工学上の意義、および関連分野における本研究の位置付けについて述べ、また本論文の構成を説明する。

第 2 章では、SEM (Scanning Electron Microscope、走査電子顕微鏡) を用いた LSI 微細構造計測と信号のモデル化について述べる。まず、SEM の原理と、SEM を用いたパターン寸法計測手法について述べる。次に、ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) による半導体ロードマップや、実験結果から見られる今後のパターン寸法計測への課題について述べる。最後に、微細構造の境界抽出手法を統計的に扱うために、ショット雑音 (真空管や電子銃などにおいて電子放出の不規則性により生じる雑音) を考慮した二次電子信号および SEM 画像のモデルを提案する。ここで、画像全体を一括して雑音解析できるパラメータを導入する。

第 3 章では、既存の境界抽出手法として代表的な Canny オペレータを用いて微細ラインパターン寸法計測を行うために、Canny オペレータのパラメータをショット雑音を考慮して統計的に最適化する手法を提案する。まず、Canny オペレータのアルゴリズムについて概説する。次に、パラメータ最適化のために用いるモデルパラメータを、SEM 画像から ANOVA (Analysis of Variance、分散分析) を用いて推定する手法について述べる。続いて、Canny オペレータを統計的に解析し、推定されたモデルパラメータから Canny オペレータの最適なパラメータを決定する手法について述べる。最後に、モデル画像および SEM 画像へ適用し、本手法の有効性を示す。

第 4 章では、スケールスペース理論を用いた境界抽出手法を提案する。まず、提案する境界抽出手法について概説する。提案手法は、強く平滑化した画像における境界成分を、徐々に弱く平滑化した画像へとその位置を追跡することにより、雑音の低減と境界抽出精度の向上を図る。その際、ショット雑音を考慮し、幾何学的・統計的解析により追跡範囲を決定する。続いて、提案手法の手順に従って、雑音成分の推定、スケールスペースの構築、エッジ追跡の初期設定、エッジ追跡手法、形状計測について述べる。最後に、モデル画像および SEM 画像へ適用し、本手法の有効性を示す。

第 5 章では、モデル画像・SEM 画像への適用結果から、LSI 微細構造計測手法の比較を行う。まず、従来のパターン寸法計測手法であるしきい値法 (SEM によって得られた二次電子強度分布からライン幅を計測するための手法

で、強度分布のボトムとピークの中央値の距離を計測する手法) による計測と、第3章と第4章で提案した境界抽出手法を用いた計測の結果を示した後、それぞれの手法について寸法計測精度・処理時間の観点から比較・検討を行う。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題について述べる。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、走査型電子顕微鏡 (SEM : Scanning Electron Microscope) を用いた LSI 微細構造計測のための統計的画像処理法に関する研究成果をまとめたものである。得られた主な成果は次の通りである。

- (1) SEM を用いた次世代の LSI 微細構造計測に対する要求について検討し、要求される SEM の分解能で LSI 微細構造計測を行う場合の SEM 観測画像の信号対雑音比を導出している。
- (2) 低信号対雑音比、低コントラストな SEM 観測画像から LSI 微細構造の境界抽出を統計的に行うために、画像全体を一括して雑音解析することを可能とする、ショット雑音を考慮した SEM 観測画像のモデルを提案している。
- (3) 既存の境界抽出手法として代表的である Canny オペレータを用いて、ショット雑音を含む SEM 観測画像から LSI 微細構造の計測を行うために、まず、分散分析により SEM 観測画像のモデルパラメータを推定し、推定した画像モデルパラメータから Canny オペレータのパラメータを統計的に最適化する手法を提案し、最適パラメータをもつ Canny オペレータをモデル画像および SEM 観測画像へ適用し、提案手法の有効性を示している。
- (4) SEM 観測画像に含まれるショット雑音成分の推定、スケールスペースの構築、エッジ追跡の初期設定、エッジ追跡、形状計測の一連の処理からなる、スケールスペース理論を用いた境界抽出手法を提案し、提案手法をモデル画像および SEM 観測画像へ適用し、提案手法の有効性を示している。
- (5) 従来のしきい値法、最適化パラメータをもつ Canny オペレータによる手法及びスケールスペース理論を用いた境界抽出手法を、計測精度と処理時間の観点から比較・検討し、計測精度を重視した場合にはスケールスペース理論を用いた境界抽出手法が、処理時間を重視した場合には Canny オペレータによる手法が有効であることを明らかにしている。

以上のように、SEM を用いた LSI 微細構造計測のための統計的画像処理法に関して多くの新しい知見を含んでおり、情報科学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士 (情報科学) の学位論文として価値あるものと認める。