HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on Robust SEM Photometric Stereo Using Two BSE Detectors [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	陳, 德山
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11315号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55663
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Deshan_Chen_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　氏名　陳　徳山

審査担当者　主　査　教　授　金子 俊一
副　査　教　授　小野里 雅彦
副　査　准教授　田中 孝之

学位論文題名

A Study on Robust SEM Photometric Stereo Using Two BSE Detectors
（2 つの BSE 検出器を用いたロバスト SEM 照度差ステレオに関する研究）

陳徳山により提出された学位請求論文は, 2 枚の BSE 観測画像を利用する SEM 照度差ステレオに基づいて,3 次元形状に起因する遮蔽のために生じる影の影響を低減するためのロバストな独自手法を提案するものである. 半導体製造過程においてはレビュー SEM による製品の実観測は半導体製品の高い品質を維持するために重要である. 従来より, SEM 照度差ステレオに基づく手法は数多く提案されているが, その中で影の悪影響を除去する問題は困難で高い計算コストを必要とする問題の一つである.

上記の目的をロバストに行うために, 本論文においては, そこにおいては, まず観測画像の全画素ごとの補償係数値 (推定値) を求めるために, 2 個の BSE 信号値の差を有効に利用している. 併せて半導体表面における BSE 反射モデルを, 水平面のみを前提したタイプ : SCM 法, および斜面をも導入したタイプ:ESCM 法の 2 種類を提案し, これらを有効に利用している. 電子の反射放出量は一般に半導体の材質, 入射及び出射角度に依存すると考えられるが, 現実的なモデル化を行うために, 更に反射強度の強調パラメタを導入した. また, ESCM 法においては対象面 (対象画素中心の微小面領域) の傾斜を赦しているために, 反射放射量が復元形状に SCM 法に比べてより大きく依存することになり, 形状復元処理と補償係数値の推定処理を交互に繰り返す反復型計算アプローチを採用している.

更に, 影生成の物理モデルに依存する新しい影補償計算アルゴリズムを提案している. 影生成を行うために, 一端復元した 3 次元形状における任意の対象点と左右 BSE センサとの位置関係に依存する遮蔽現象をモデル化した. すなわち, 対象画素から反射放出されるすべての電子が左右 BSE センサに到達するわけではなく, 壁のような立体形状に遮られる現象が起こり, センサ値を低減することになり, 対象画素ごとにこの低減率を推定し, 遮蔽のないときの明度値を補償して推定する. この推定明度値を用いることにより, 影補償処理を実現している. 両手法においてセンサ配置やその形状・センサ効率などの影響を軽減するために, 反射角度の上下限度値を実験的に推定し有効に利用して

いる点もこの研究の独自な利点である.

TV 法に基づく逐次的形状復元法をベースとして, 独自に設計したペナルティ関数の提案を行っている. 大きな利点は上記で導入した影の補償係数値をすべての対象点において推定し利用している点である. 対象点位置及び計測角度を離散化した離散型の弛緩法に基づく繰返し計算法を独自に計算器上に実装した.

実製造過程より提供された実製品の実観測データに基づく検証実験を行っており, それによって提案手法の有効性を確認している. 通常の校正用パタン, LS パタンなどの規則的 3 次元形状に効果的であることを確認し, 更に製造ラインにおける欠陥パタンの複雑な 3 次元形状部分の復元にも大きな効果を確認した. 特に ESCM 法は計算コストも小さくはないが, 欠陥部分の曲率の小さくない部分の 3 次元形状をもよく再現しており, 提案手法の有効性は高いと思われる.

上記を要するに, 本研究において提案された半導体対象物の 3 次元形状復元手法は, 技術的にも高い独自性および有効性をもち, 学術的にも高い価値をもつと判断される. 学位申請者である陳徳山が北海道大学博士 (情報科学) を付与される資格あるものと認める.