

平成21年3月31日現在

研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2007～2008  
課題番号：19700081  
研究課題名（和文）コードブックパターン情報処理に基づく物体形状分離認識技術の研究

研究課題名（英文）Object shape separation recognition technology based on codebook pattern processing

研究代表者

譽田 正宏 (KONDA MASAHIRO)

東北大学・未来科学技術共同研究センター・助教

研究者番号：80361202

研究成果の概要：

本研究は、画像から形状の特徴を抽出する技術及びその特徴を用いた認識技術の確立を目指して実施された。例として、原子オーダで平坦化されたシリコン表面を原子間力顕微鏡で測定した画像から原子ステップとテラスを形状認識し分離するアルゴリズムについて検討した。“方向”・“大きさ”などの特徴に注目し、候補間で相関をとることが認識するには有効であることが分かった。その結果、測定された画像から原子ステップとテラスを形状認識するため基本技術が確立した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	0	1,300,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	270,000	2,470,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：ベクトル量子化、アルゴリズム、形状認識

#### 1. 研究開始当初の背景

パソコン・携帯端末を利用したインターネットを中心とした情報化技術は広く浸透し、音声に比べて情報量の多い画像を利用したビジュアルコミュニケーションが主流となってきている。従来までの画像データの送受信だけではなく、様々な知的画像処理が

施されたデータのやり取りが期待されている。その中でも画像の中からオブジェクトを自動分離・抽出する技術、物体形状を認識する技術は、これまでも様々な研究開発がされており、今後の動画像圧縮技術・動画像データベースからの画像検索技術・ロボット技術など知的画像処理技術が必要な

アプリケーションには欠かせない技術である。特に、人と機械とのコミュニケーションを図る必要のあるアプリケーション(車載カメラを利用した安全運転支援技術・カメラを搭載したコミュニケーション用ロボットなど)分野では、実環境下での物体形状認識は多くの問題を抱え、その実現はこれまで困難であった。実環境下では、明るさの変化や外乱ノイズの影響を受けやすく、またカメラと物体の距離・位置が常に変動するため、撮像画面中の物体の位置と大きさを特定することが難しい。さらに、人間とのコミュニケーションを図るためには、リアルタイム応答が必須である。また、半導体製造プロセスにおける各種評価装置においても、測定結果を可視化した画像をもとに評価する機会が多くなっている。しかし、評価装置における画像処理機能は貧弱であることが多く、画像処理を駆使し細かな数値データ評価を行うのは困難である。

これらの問題は、既存の手法ではまだ十分な解決には至っていない。一般的な形状認識技術であるメディアンフィルタ処理、エッジ検出、2値化などを利用した手法では、画像全体に対してフィルタ処理を繰り返すことによる演算量の増加、また物体形状の認識率向上のために複数のフィルタ処理を併用する必要があるなど、問題となっている。一方、固有空間法のような学習サンプルのみから対象に関する情報を取得する手法では、処理が複雑で高速認識できない欠点がある。それに対し本研究では、これまでの成果であるコードブックを用いたベクトル量子化画像処理技術を基本とし、コードブック情報空間に変換された色情報とエッジ情報を扱うことで高速処理のメリットを生かしつつ、様々な外乱ノイズの影響を低減した物体形状認識技術の確立を目指すものである。

## 2. 研究の目的

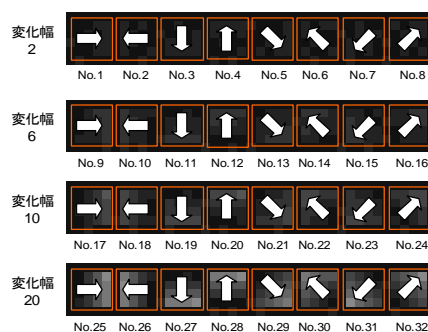
形状認識を行うために通常用いるメディアンフィルタ処理・エッジ検出・2値化などを利用した技術では、画像全体に対してフィルタ処理を繰り返すことによる演算量の増加、また形状の認識率向上のために複数のフィルタ処理を併用する必要があるなど、様々な問題がある。一方、固有空間法のような学習サンプルのみから対象に関する情報を取得するする手法では、処理が複雑かつ高速に認識できないなどの欠点がある。本研究では、形状認識に利用できるコードブックパターンを用いたベクトル量子化画像処理技術を基本とし、コードブック情報空間に変換されたエッジ情報を扱うことで高速処理のメリットを生かしつつ、形状認識技術の確立を目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、研究代表者らがこれまでに提案してきた「ベクトル量子化画像圧縮技術・コードブック空間情報処理」の基本コンセプトに基づき、

- (1) ベクトル量子化で選択されたコードブックパターンから物体形状の特徴量を抽出する技術(物体形状特徴量抽出技術)
- (2) 抽出された特徴量から形状を認識する技術(物体形状認識技術)
- (3) 物体形状認識高速演算技術

について、それぞれ研究開発を実施し、ベクトル量子化で用いるコードブックを応用し、コードブックパターンの構成から形状の特徴を抽出し、簡便な手法でその形状を認識する手法を確立する。



4 画素×4 画素コードブック基本パターン

具体的には、

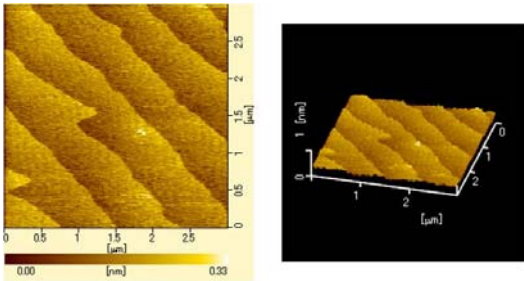
- (1) 4画素×4画素、2画素×2画素の数学的な構造を有するコードブックを用いて入力画像に対するマッチング処理を行う。入力画像の特徴に応じて選択された4画素×4画素、2画素×2画素のコードブックパターンから、物体形状の特徴量を抽出する。周辺のコードブックパターンとの平面的相関などを演算することで、物体形状の特徴を抽出する。このようにコードブックパターン同士の相関演算により、効率よく特徴量を抽出し、形状の特徴ベクトルを構成する手法について研究を行う。
- (2) 特徴ベクトルの構成内容から背景との分離・物体同士の重なりを解析し、形状の分離・認識する手法について検討する。また、分離された形状の特定を行う必要がある用途に対しては、特定したい形状の特徴量をデータベースとして保存しておき、分離された形状の特定を行う。これらの手法について検討を行い、形状の分離技術及び特定技術を確立する。
- (3) 高速演算方式については、これまでの研究成果として全コードブック検索に比べ8分の1の演算量で検索できる技術を開発しており、その演算省略技術を応用することでベク

トル量子化における演算コストの低減を図ることが可能である。

#### 4. 研究成果

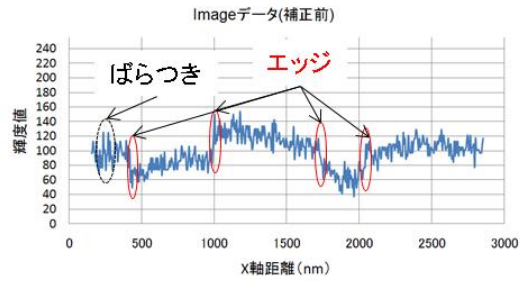
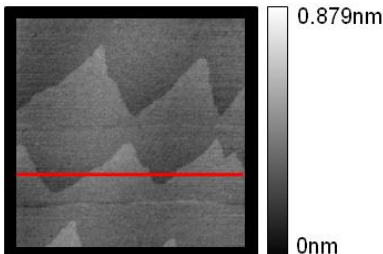
本研究を実施するにあたり、具体的なアプリケーションとして測定機器から得られる測定画像の解析手法を取り上げ、形状認識技術の研究を行った。具体的には、原子オーダーで平坦化されたシリコン表面を原子間力顕微鏡 (AFM) で測定した画像から、原子ステップとテラスを形状認識し分離するアルゴリズムについて検討した。

原子オーダーで平坦化された(100)面シリコン表面を AFM で測定した結果を示す。(100)シリコン表面に原子オーダーで平坦になったテラスとステップ形状を確認することができる。 $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$  の測定領域全体の粗さ (Ra) は  $0.0374\text{nm}$  で、テラスの幅は約  $600\text{nm}$  である。

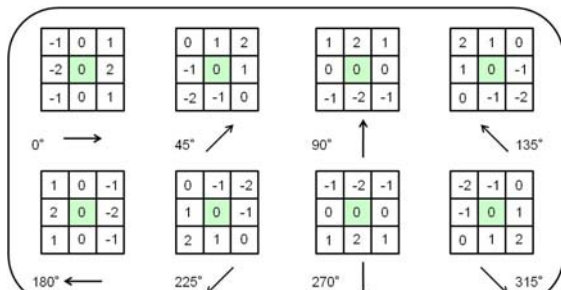
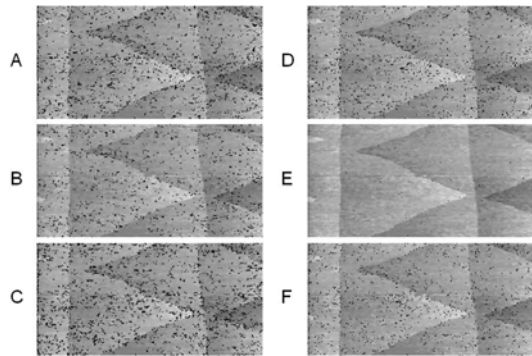
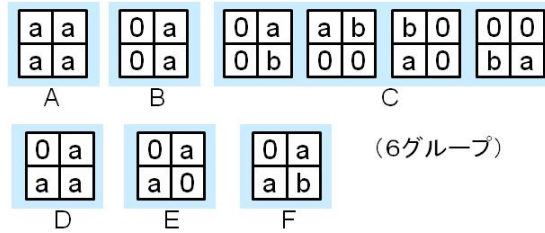


The surface of wafer by pure argon ambience annealing treatment at  $1200^\circ\text{C}$  (Ra: 0.0374, P-V: 0.6602, Rms: 0.0473)

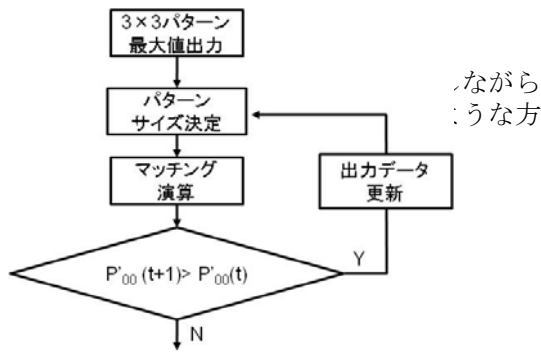
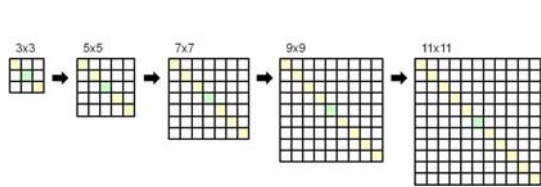
平坦シリコン表面のエッジとテラスを分離し、解析を容易にすることを目指した。原子オーダー平坦化シリコン表面の断面プロファイルを示す。図に示すように本来のエッジと測定ばらつきの判別が難しく、ノイズ成分を多く含んだ画像であることが分かる。



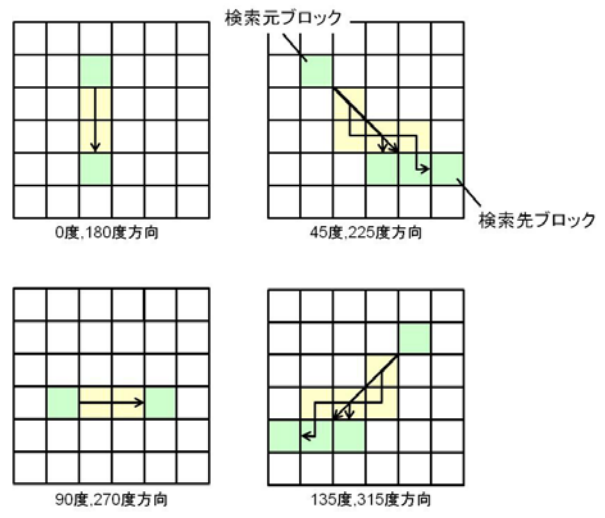
次に示すような基礎的なコードブックパターンを用いて、測定画像に対してマッチング処理を行った。2画素 $\times$ 2画素のコードブックパターンであり、エッジパターンを考慮した6グループで構成している。これらパターンを用いてマッチング処理をし、割り当てられた各グループのパターンを黒で表示させた結果を併せて示す。



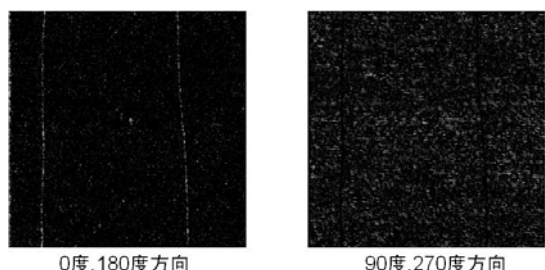
3画素×3画素のパターンを設定することにより、45度刻みで傾き・方向を考慮したパターンを作成することができる。各パターン内の画素と対象画素を掛け合わせ、その結果の総和を求める。8種類あるパターンから最大の総和を示したパターンをデータ変化の傾き方向とする。次に、3画素×3画素のパターンで強く反応したパターンについて、画素の拡大を行う。例えば、3画素×3画素のパターンで、135度・315度の方向に最大強度を示したとすると、次図に示すようにパターンを5画素×5画素、7画素×7画素、9画素×9画素、11画素×11画素に順次拡大する。ただし、サイズを大きくした場合にひとつ前のサイズのパターンより演算結果が大きくなければ、そこでパターンの拡大を中止する。



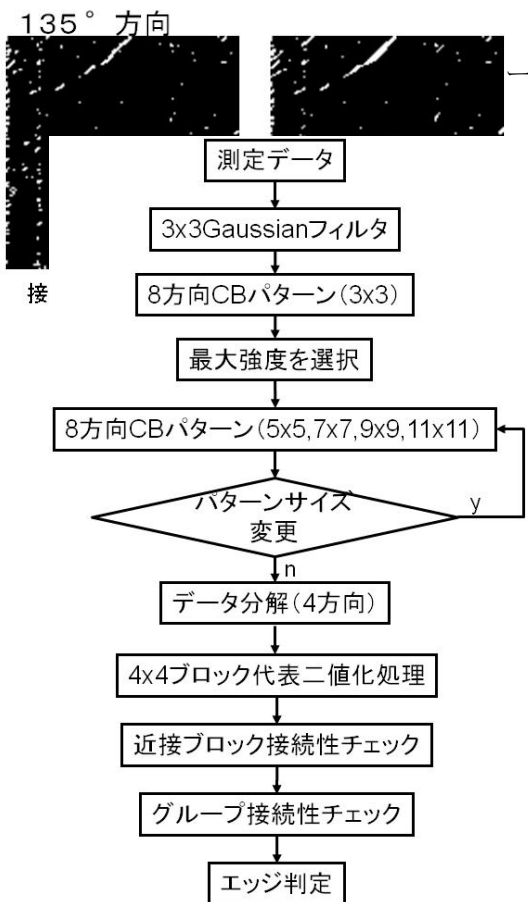
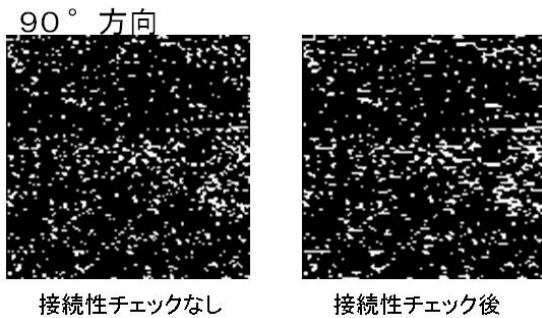
次に、3画素×3画素のブロック単位でブロックのつながりについて検討する。(0度, 180度)方向, (90度, 270度)方向, (45度, 225度)方向, (135度, 315度)方向の4方向に分けて、それぞれブロックのつながりを検討する。(0度, 180度)方向については90度, 270度方向の縦方向について近隣12画素以内に同じ方向性を持つブロックがあれば、間にあるブロックをすべて同じ方向の特性を持つブロックであると判断する。同様に、(45度, 225度)方向は135度, 315度の斜め方向について、(90度, 270度)方向は0度, 180度の水平方向について、(135度, 315度)方向は45度, 225度の斜め方向について、ブロック間の接続性をチェックする。これにより近いブロックについては同一グループのブロックとして認識することができる。(次図)



ブロック接続性のチェックをした結果を以下に示す。処理結果については、分かりやすくするために二値化処理を行い、エッジとそれ以外のところを分けている。また、併せてブロック持続性のチェックの効果を確認するため、チェックを行っていない場合の結果も示す。



0° 方向  
接続性チェック前  
接続性チェック後



上記フローチャートに従いデータ処理を行うとエッジ候補を抽出することが可能となる。これにより、原子間力顕微鏡で測定した画像とそれから抽出したエッジ画像を用いて、原子オーダー平坦化(100)面シリコンウェハの詳細評価が可能となった。その結果、これまで詳細な評価が出来ていなかった原子オーダー平坦化(100)面シリコンウェハのテラスの粗さがRaで0.03nm程度であり、原子間力顕微鏡のノイズレベルとほぼ同程度であることが分かった。このエッジ検出手法は、他の面方位の原子オーダー平坦化ウェハの評価にも応用できると考えられる。

また、本エッジ検出手法は、ノイズ成分が多い原子間力顕微鏡の測定画像に有効であることが分かったので、この基本手法を応用すれば他の種類の画像に対しても対応できる。さらに、時間軸方向のつながりを考慮すれば動画像に対しても応用できる可能性があると考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

1. Masahiro Konda, Akinobu Teramoto, Tomoyuki Suwa, Rihito Kuroda, and Tadahiro Ohmi, "Data analysis technique of atomic force microscopy for atomically flat silicon surfaces", IEICE Transaction on Electronics, Vol. E92-C, No. 5, May, 2009, to be published. (査読有)

[学会発表] (計2件)

1. Masahiro Konda, Akinobu Teramoto, Tomoyuki Suwa, Rihito Kuroda and Tadahiro Ohmi, "The data analysis technique of the atomic force microscopy for the atomically flat silicon surface", 2008 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD 2008), Sapporo, July 11, 2008. (査読無)

2. Masahiro Konda, Takahiro Nakayama, Naoto Miyamoto and Tadahiro Ohmi, "A Balanced Vector-Quantization Processor Eliminating Redundant Calculation for Real-Time Motion Picture Compression", International Conference on Field-Programmable Technology, Kitakyushu, December 14, 2007. (査読有)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

譽田 正宏 (KONDA MASAHIRO)

東北大学・未来科学技術共同研究センター・助教

研究者番号：80361202

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：