

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】令和6年6月10日(2024.6.10)

【公開番号】特開2021-190716(P2021-190716A)

【公開日】令和3年12月13日(2021.12.13)

【年通号数】公開・登録公報2021-060

【出願番号】特願2021-93501(P2021-93501)

【国際特許分類】

H 01 L 21/66(2006.01)

10

G 06 T 7/00(2017.01)

G 06 T 1/00(2006.01)

G 01 N 23/2251(2018.01)

G 01 N 21/956(2006.01)

【F I】

H 01 L 21/66 J

G 06 T 7/00 350 C

G 06 T 7/00 610 B

G 06 T 1/00 305 A

20

G 01 N 23/2251

G 01 N 21/956 A

【手続補正書】

【提出日】令和6年5月31日(2024.5.31)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

30

【請求項1】

半導体試料上の関心パターン(POI)を分類するシステムであって、プロセッサおよびメモリ回路(PMC)を備え、前記PMCは、

前記試料上の前記POIの高分解能画像を示すデータを取得し、

欠陥性関連分類に応じて前記POIを分類するために使用可能なデータを生成するよう構成され、

前記生成は、少なくとも複数の訓練サンプルで、訓練された機械学習モデルを利用し、各訓練サンプルは、

試料上のそれぞれの訓練パターンであって、前記POIに類似している、それぞれの訓練パターンを高分解能試験ツールで走査することによって、高分解能訓練画像を捕捉し

40

、前記高分解能訓練画像に、前記それぞれの訓練パターンの低分解能検査から誘導されたラベルを関連付けることによって取得される、システム。

【請求項2】

前記高分解能試験ツールが、走査電子顕微鏡(SEM)画像である、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記複数の訓練サンプルの各訓練サンプルに関連付けられたそれぞれの前記ラベルが、前記それぞれの訓練パターンの光学検査から誘導される、請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

50

前記 P O I の低分解能画像を捕捉し、前記低分解能画像の光学検査を利用して、前記欠陥性関連分類に応じて前記 P O I を分類するように構成された、1つまたは複数の低分解能試験ツールと、

前記 1つまたは複数の低分解能試験ツールによる欠陥ありという前記 P O I の分類に応答して、前記 P O I の前記高分解能画像を捕捉するように構成された、1つまたは複数の高分解能試験ツールと

をさらに含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記機械学習モデルが、ニューラルネットワークを含み、前記ニューラルネットワークが、

10

前記 P O I の前記高分解能画像を示す入力データを考慮して、特徴マップを出力するように構成された第 1 の一連の 1つまたは複数のニューラルネットワーク層と、

前記特徴マップの入力を考慮して、少なくとも 1つの画素ブロック毎分類スコアを示すデータを生じさせるように構成された第 2 の一連の 1つまたは複数のニューラルネットワーク層とを含み、

各画素ブロック毎分類スコアが、前記 P O I のうち、前記高分解能画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記画素ブロック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示し、

前記欠陥性関連分類に応じて前記 P O I を分類するために使用可能なデータを生じさせ、請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 6】

前記機械学習モデルが、

a) 前記複数の訓練サンプルのうちの第 1 の訓練サンプルの第 1 の P O I の第 1 の高分解能訓練画像に前記第 1 の一連の 1つまたは複数のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記第 1 の P O I が、欠陥性を示すラベルに関連付けられ、前記ニューラルネットワークの現在の訓練状態に応じて、疑い特徴マップを生じさせる、適用すること、

b) 前記疑い特徴マップに前記第 2 の一連の 1つまたは複数のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて、少なくとも 1つの疑い画素ブロック毎分類スコアを示すデータを生じさせ、

30

各疑い画素ブロック毎分類スコアが、前記第 1 の P O I のうち、前記第 1 の高分解能訓練画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記疑い画素ブロック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示す、適用すること、

c) 前記複数の訓練サンプルのうちの第 2 の訓練サンプルの第 2 の P O I の第 2 の高分解能訓練画像に前記第 1 の一連の 1つまたは複数のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記第 2 の P O I が、非欠陥性を示すラベルに関連付けられ、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて、基準特徴マップを生じせる、適用すること、

a) 前記基準特徴マップに前記第 2 の一連の 1つまたは複数のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて、少なくとも 1つの基準画素ブロック毎スコアを示すデータを生じさせ、

40

d) 各基準画素ブロック毎分類スコアが、前記第 2 の P O I のうち、前記第 2 の高分解能訓練画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記基準画素ブロック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示す、適用することと、

e) 損失関数に応じて、前記第 1 および第 2 の一連の 1つまたは複数のニューラルネットワーク層のうちの少なくとも 1つの層の少なくとも 1つの重みを調整することであって、前記損失関数が少なくとも、

前記疑い特徴マップおよび前記基準特徴マップから誘導される距離メトリック、

前記少なくとも 1つの疑い画素ブロック毎分類スコア、ならびに

50

前記少なくとも 1 つの基準画素ブロック毎分類スコアに応じる、調整することと、
f) 前記複数の訓練サンプルのうちの 1 つまたは複数の追加の第 1 および第 2 の訓練サンプルに対して、a) ~ e) を繰り返すこととで訓練されている、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記第 1 および第 2 の一連の 1 つまたは複数のニューラルネットワーク層が、畳み込み層である、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記 P M C が、前記少なくとも 1 つの画素ブロック毎分類スコアの各々と欠陥性閾値とを比較し、前記 P O I に欠陥があるかどうかの指示を提供するようにさらに構成される、
10 請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記 P M C が、前記 P O I に欠陥があるかどうかの前記指示に応じてオペレータに警報するようにさらに構成される、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

半導体試料上の関心パターン (P O I) を前記パターンの高分解能画像から分類する方法であって、プロセッサおよびメモリ回路 (P M C) によって実行される方法であり、前記方法は、

前記試料上の P O I の高分解能画像を示すデータを受け取ることと、

欠陥性関連分類に応じて前記 P O I を分類するために使用可能なデータを生成することとを含み、
20

前記生成することが、少なくとも複数の訓練サンプルで訓練された機械学習モデルを利用し、各訓練サンプルが、

試料上のそれぞれの訓練パターンであって、前記 P O I に類似している、訓練パターンを高分解能試験ツールで走査することによって、高分解能訓練画像を捕捉し、

前記それぞれの訓練パターンを、前記それぞれの訓練パターンの低分解能検査から誘導されたラベルに関連付けることによって取得される、方法。

【請求項 11】

前記機械学習モデルが、ニューラルネットワークを含み、前記ニューラルネットワークが、
30

前記 P O I の前記高分解能画像を示す入力データを考慮して、特徴マップを出力するように構成された第 1 の一連の 1 つまたは複数のニューラルネットワーク層と、

前記入力特徴マップを考慮して、少なくとも 1 つの画素ブロック毎分類スコアを示すデータを生成するように構成された第 2 の一連のニューラルネットワーク層とを含み、

各画素ブロック毎分類スコアが、前記 P O I のうち、前記高分解能画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記画素ブロック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示し、

前記欠陥性関連分類に応じて前記 P O I を分類するために使用可能なデータを生じさせる、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記機械学習モデルが、

a) 前記複数の訓練サンプルのうちの第 1 の訓練サンプルの第 1 の P O I の第 1 の高分解能訓練画像に前記第 1 の一連のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記第 1 の P O I が、欠陥性を示すラベルに関連付けられ、前記ニューラルネットワークの現在の訓練状態に応じて、疑い特徴マップを生じさせる、適用することと、

b) 前記疑い特徴マップに前記第 2 の一連のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて、少なくとも 1 つの疑い画素ブロック毎分類スコアを示すデータを生じさせ、

各疑い画素ブロック毎分類スコアが、前記第 1 の P O I のうち、前記第 1 の高分解能訓練画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記疑い画素ブロ
40

10

20

30

40

50

ック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示す、適用することと、

c) 前記複数の訓練サンプルのうちの第2の訓練サンプルの第2のP O Iの第2の高分解能訓練画像に前記第1の一連のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記第2のP O Iが、非欠陥性を示すラベルに関連付けられ、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて、基準特徴マップを生じさせる、適用することと、

d) 前記基準特徴マップに前記第2の一連のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて、少なくとも1つの基準画素ブロック毎分類スコアを示すデータを生じさせ、

各基準画素ブロック毎分類スコアが、前記第2のP O Iのうち、前記第2の高分解能訓練画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記基準画素ブロック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示す、適用することと、

e) 損失関数に応じて、前記第1および第2の一連のニューラルネットワーク層のうちの少なくとも1つの層の少なくとも1つの重みを調整することであって、前記損失関数が少なくとも、

前記疑い特徴マップおよび前記基準特徴マップから誘導される距離メトリック、

前記少なくとも1つの疑い画素ブロック毎分類スコア、ならびに

前記少なくとも1つの基準画素ブロック毎分類スコアを利用する、調整することと、

f) 前記複数の訓練サンプルのうちの1つまたは複数の追加の第1および第2の訓練サンプルに対して、a) ~ e) を繰り返すこととを含む方法で訓練されている、請求項10に記載の方法。

10

20

20

【請求項13】

前記少なくとも1つの画素ブロック毎分類スコアの各スコアと欠陥性閾値とを比較し、前記P O Iに欠陥があるかどうかの指示を提供することをさらに含む、請求項11に記載の方法。

【請求項14】

前記P O Iに欠陥があるかどうかの前記指示に応じてオペレータに警報することをさらに含む、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記少なくとも1つの画素ブロック毎分類スコアに応じて欠陥バウンディングボックスを判定することをさらに含む、請求項11に記載の分類する方法。

30

【請求項16】

プログラム命令を含む非一時的コンピュータ可読ストレージ媒体を備えるコンピュータプログラム製品であって、前記プログラム命令が、

プロセッサによって読み取られたとき、前記プロセッサに、P O Iの高分解能画像を示す入力データを考慮して、欠陥性関連分類に応じて前記P O Iを分類するために使用可能なデータを生成するために、機械学習モデルを訓練する方法を実行させ、前記方法が、

a) 複数の訓練サンプルを取得することであって、各訓練サンプルが、

試料上のそれぞれの訓練パターンであって、前記P O Iに類似している、訓練パターンを高分解能試験ツールで走査することによって高分解能訓練画像を捕捉し、

前記それぞれの訓練パターンを、前記それぞれの訓練パターンの低分解能検査から誘導されたラベルに関連付けることによって取得されることと、

b) 前記複数の訓練サンプルで前記機械学習モデルを訓練することとを含む、コンピュータプログラム製品。

40

【請求項17】

前記機械学習モデルが、ニューラルネットワークを含み、前記ニューラルネットワークが、

前記P O Iの前記高分解能画像を示す入力データを考慮して、特徴マップを出力するように構成された第1の一連の1つまたは複数のニューラルネットワーク層と、

前記特徴マップの入力を考慮して、少なくとも1つの画素ブロック毎分類スコアを示すデータを生成するように構成された第2の一連のニューラルネットワーク層とを含み、

50

各画素ブロック毎分類スコアが、前記 P O I のうち、前記高分解能画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記画素ブロック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示し、

前記欠陥性関連分類に応じて前記 P O I を分類するために使用可能なデータを生じさせる、請求項 1 6 に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 1 8】

前記機械学習モデルを前記訓練することが、

a) 前記複数の訓練サンプルのうちの第 1 の訓練サンプルの第 1 の P O I の第 1 の高分解能訓練画像に第 1 の一連のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記第 1 の P O I が、欠陥性を示すラベルに関連付けられ、前記ニューラルネットワークの現在の訓練状態に応じて、疑い特徴マップを生じさせる、適用することと、10

b) 前記疑い特徴マップに第 2 の一連のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて、少なくとも 1 つの疑い画素ブロック毎分類スコアを示すデータを生じさせ、

各疑い画素ブロック毎分類スコアが、前記第 1 の P O I のうち、前記第 1 の高分解能訓練画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記疑い画素ブロック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示す、適用することと、

c) 前記複数の訓練サンプルのうちの第 2 の訓練サンプルの第 2 の P O I の第 2 の高分解能訓練画像に前記第 1 の一連のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記第 2 の P O I が、非欠陥性を示すラベルに関連付けられ、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて基準特徴マップを生じさせる、適用することと、20

d) 前記基準特徴マップに前記第 2 の一連のニューラルネットワーク層を適用することであって、前記ニューラルネットワークの前記現在の訓練状態に応じて、少なくとも 1 つの基準画素ブロック毎分類スコアを示すデータを生じさせ、

各基準画素ブロック毎分類スコアが、前記第 2 の P O I のうち、前記第 2 の高分解能訓練画像のそれぞれの画素ブロックの画素によって表される領域に属し、前記基準画素ブロック毎分類スコアが、それぞれの前記領域の欠陥性の可能性を示す、適用することと、

e) 損失関数に応じて、前記第 1 および第 2 の一連のニューラルネットワーク層のうちの少なくとも 1 つの層の少なくとも 1 つの重みを調整することであって、前記損失関数が少なくとも、30

前記疑い特徴マップおよび前記基準特徴マップから誘導される距離メトリック、

前記少なくとも 1 つの疑い画素ブロック毎分類スコア、ならびに

前記少なくとも 1 つの基準画素ブロック毎分類スコアを利用する、調整することと、

f) 前記複数の訓練サンプルのうちの 1 つまたは複数の追加の第 1 および第 2 の訓練サンプルに対して、a) ~ e) を繰り返すこととを含む、請求項 1 7 に記載のコンピュータプログラム製品。40

【請求項 1 9】

前記距離メトリックが、前記疑い特徴マップと前記基準特徴マップとの間のユークリッド差に応じて計算された差分マップである、または、前記疑い特徴マップと前記基準特徴マップとの間のコサイン類似度に応じて計算された差分マップである、請求項 1 8 に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 2 0】

前記損失関数が、前記第 1 の高分解能訓練画像の画素群に関連付けられた注釈データをさらに利用し、前記注釈データが、前記第 1 の P O I のうち、前記画素群によって表される領域の欠陥性を示す、請求項 1 8 に記載のコンピュータプログラム製品。