

Даний винахід стосується автоматизованої системи виявлення склокерамічних матеріалів в зразку фрагментів скла або склобої. Винахід стосується галузі промисловості виробництва продуктів на основі скла.

Зразки фрагментів скла, або склобій, використовуються при виготовленні різних продуктів на основі скла. Наприклад, в зоні ізоляції звичайно використовується скловолокно, яке отримується здебільшого зі скляного бою. Склобій можна також використовувати у виробництві пляшок і іншої скляної тари.

Виготовлення скловолокон реалізовується способом, який спочатку включає нагрівання склобою в склоплавильній печі до температури, достатньої щоб розплавити скло, тобто приблизно до 1500 °С. Потім розплавлене скло подається в пристрій центрифугування типу волокноутворювального диска, що приводить до утворення волокон, які шліхтуються на своєму шляху до конвеєра, на якому вони потім сушаться, обпікаються і формуються.

Через помилки сортування, які допускаються операторами, склобій може містити не лише скло, але і інші матеріали, в тому числі склокераміку. Ця склокераміка, властивості якої відрізняються від властивостей скла, може приводити до серйозних проблем в процесах виробництва продуктів на основі склобою, ушкоджуючи станки і/або створюючи дефекти в продуктах.

Наприклад, при виробництві скловолокон, згаданому вище, склокераміка, температура плавлення якої становить близько 1700 °С, не розплавляється в склоплавильній печі, в якій скло плавиться при 1500 °С. Коли для отримання скловолокон розплавлений матеріал, який виходить з печі, потрапляє в пристрій внутрішнього центрифугування типу волокноутворювального диска, шматочки склокераміки, які присутні в розплавленому склі, забивають отвори у волокноутворювальному диску, діаметр яких може бути, зокрема, менший 1 мм. У такому випадку необхідно зупиняти весь виробничий ланцюг.

При виробництві пляшок і тари зі склобою шматки склокераміки, які присутні в склобої, можуть привести до локальної крихкості отриманих продуктів і/або до проблем із зовнішнім виглядом.

Зі сказаного вище виходить, що існує необхідність в аналізі склобою, щоб можна було точно ідентифікувати склокераміку серед всіх шматків до можливої операції видалення цієї склокераміки зі склобою.

Відомі різні способи проведення сортування склобою, кожен з яких має один або декілька недоліків.

Один спосіб згідно з рівнем техніки полягає в здійсненні спектрометричного аналізу склобою. Однак обладнання, необхідне для проведення спектрометричного аналізу, є дорогим і громіздким. Більше того, цей тип аналізу не дозволяє виявляти прозору склокераміку.

Інший спосіб згідно з рівнем техніки полягає в опроміненні склобою джерелом ультрафіолетового випромінювання і джерелом видимого світла і подальшого аналізу відповідності між двома зображеннями, отриманими методом затінення. Іншими словами, одна камера аналізує, чи є зображення склобою, яке освітлене видимим світлом, темним або світлим, тобто чи пропускає склобій видиме світло, а інша камера аналізує, чи є зображення склобою, яке освітлене ультрафіолетом, темним або світлим, тобто обриває чи ні склобій ці ультрафіолетові промені. Залежно від результату кожного тесту, пристрій дозволяє класифікувати тип склобою, який аналізується. Потрібно зазначити, що цей метод не адаптований конкретно для склокераміки в тому значенні, що він може прийняти за склокераміку осколки кольорового і/або брудного скла. Крім того, цей метод вимагає декілька пристроїв отримання зображень, які можуть виявитися дорогими і/або громіздкими.

Існують також способи виявлення за допомогою рентгенівських променів, але ці способи вимагають вживання дуже серйозних заходів безпеки через постійний ризик опромінення.

Даний винахід дозволяє усунути ці проблеми, зумовлені присутністю склокераміки в склобої, особливим чином, обмежуючи виробничі витрати і не наражаючи на небезпеку здоров'я інших.

Винахід стосується автоматизованої системи виявлення склокерамічних матеріалів в склобої, що містить щонайменше одне джерело білого кольору, щонайменше одне джерело монохроматичного ультрафіолетового випромінювання, кожне з яких орієнтоване для випромінювання в одній і тій же зоні опромінення, при цьому система містить також пристрій отримання зображень, призначений для отримання зображення вказаної зони опромінення, і пристрій обробки зображень, призначений для обробки кожного зі зображень, отриманих пристроєм отримання зображень, причому пристрій обробки зображень містить модуль колориметричної обробки зображень, здатний забезпечити виявлення склокераміки серед інших типів скла.

Для виявлення склокераміки використовуються два джерела світла. Джерело монохроматичного ультрафіолетового випромінювання являє собою щонайменше один світлодіод (LED), який випромінює ультрафіолетове випромінювання на довжині хвилі приблизно 365 нм. Особливістю склокераміки є те, що вона обриває ультрафіолетові промені, тоді як переважно більшість інших типів скла пропускає ці ж промені, які, як наслідок, проходять через їхню структуру. Зокрема, для діапазону довжин хвиль від 355 нм до 365 нм склокераміка має властивість поглинати велику частину ультрафіолетових променів. Така відмінність властивостей пояснюється присутністю в склокераміці оксидів металів, зокрема, діоксиду титану TiO_2 , особливістю яких є поглинання ультрафіолетових

променів. Таким чином, різниця оптичних властивостей між склокерамікою і іншими типами скла в ультрафіолетовій ділянці є визначальним чинником для виявлення конкретно склокераміки.

Джерело білого кольору є поліхроматичним, тобто, на відміну від джерела монохроматичного ультрафіолетового випромінювання, джерело білого кольору випромінює світлове випромінювання, яке об'єднує множину довжин хвиль. Білий колір знаходиться у видимому діапазоні спектра, при цьому діапазон довжин хвиль становить приблизно 400-800 нм. Білий колір пропускається всіма видами прозорого скла, в тому числі склокерамікою.

Джерела світла орієнтовані так, щоб випромінювати світлове випромінювання в одній і тій же зоні опромінення. Саме комбінація цих світлових променів дозволяє оптично відрізнити склокераміку від інших типів скла в склобої.

Пристрій отримання зображень переважно являє собою ПЗЗ-камеру, яка звичайно використовується для отримання зображень в цифровій формі. Як буде описано пізніше, пристрій отримання зображень вловлює світлові промені, які випромінені джерелами випромінювання.

Пристрій обробки зображень - це алгоритм, який обробляє знімки, зроблені пристроєм отримання зображень. Пристрій обробки зображень включає в себе модуль колориметричної обробки зображень. Під колориметричною обробкою маються на увазі будь-які типи обробних модулів, які дозволяють отримати відповідність відтінків кольору, які з'являються на зображенні, яке отримане у вигляді цифрових або буквених даних.

Згідно з однією характеристикою винаходу, модуль колориметричної обробки зображень обробляє знімки, які отримані пристроєм отримання зображень, враховуючи усього один параметр колориметричної моделі з трьох. Більшість колориметричних моделей здійснює перетворення колірному відтінку на три елементи даних, які дозволяють визначити кожен з кольорів в заданому колірному спектрі. Винахід відрізняється тим, що він здатний детектувати колірні відтінки, виходячи з єдиного параметра з трьох. Таким чином, аналіз, який здійснюється відповідно до даного винаходу, забезпечує кращу ефективність, наприклад, у разі потенційного виявлення в конвеєрному виробництві.

Згідно з однією характеристикою винаходу, модуль колориметричної обробки зображень є модулем колориметричної обробки зображень по моделі HSV і обробляє знімки, отримані пристроєм отримання зображень, з урахуванням лише параметра H з моделі HSV.

Колірний простір HSV є акронімом, що означає Hue-Saturation-Value (тон-насиченість-значення кольору). Кожен з цих трьох членів дозволяє визначити будь-який колірний відтінок у видимій ділянці спектра.

Тон є параметром, який можна представити у вигляді кола і який задається діапазоном даних від 0 до 360°. Кожен градус відповідає одному тону, згідно з наступною таблицею:

Градус	Тон
0°	червоний
60°	жовтий
120°	зелений
180°	блакитний
240°	синій
300°	пурпуровий
360°	червоний

Насиченість є параметром, який змінюється в межах від 0 до 1, цей параметр відображає поняття кількості кольору. Насиченість, яка наближається до 0, буде найслабшою, тоді як насиченість, яка наближається до 1, буде більш насиченою.

Значення (кольори) також є параметром, який змінюється в межах від 0 до 1, цей параметр відображає поняття блиску або яскравості. Будь-який параметр зі значенням 0 асоціюється з чорним кольором. Чим ближче значення до 1, тим світлішим буде відповідний колір.

Сукупність різних параметрів HSV може бути представлена конусом обертання, всередині якого всі відтінки видимого світла можуть бути перетворені на параметри моделі HSV і всі відповідають точці на поверхні цього конуса обертання. "Тон" відповідає довжині окружності конуса, "насиченість" відповідає радіусу конуса, а "значення" відповідає висоті конуса.

Модуль колориметричної обробки зображень обробляє по моделі HSV знімки, отримані пристроєм отримання зображень, з урахуванням лише одного параметра моделі HSV, більш конкретно лише параметра H цієї моделі HSV. Як згадувалося вище, модель HSV відповідає сукупності трьох параметрів. Проте, автори даного винаходу продемонстрували за допомогою різних тестів, що лише тон H є параметром, який представляє інтерес при аналізі склобою за допомогою даної системи виявлення. Це дозволяє налаштувати систему виявлення для розрахунку лише параметра "тон" H моделі HSV і, таким чином, розраховувати усього один елемент даних замість трьох, що підвищує

швидкість виконання і, отже, ефективність системи.

Згідно з однією характеристикою винаходу, зона опромінення включає відбивну поверхню, на якій знаходиться склобій і яка освітлюється одночасно двома типами джерел світла. Випромінені одночасно світлові промені уловлюються пристроєм отримання зображень, що знаходиться з тієї ж сторони від відбивної поверхні, що і джерела світла.

Джерела світла одночасно проєктують своє випромінювання на склобій, коли він знаходиться в зоні опромінення джерелами світла. Таким чином, останній освітлюється ультрафіолетовими променями і променями білого світла. Саме це одночасне випромінювання дозволяє системі виявлення відрізнити склокераміку від інших типів скла.

Коли джерела світла випромінюють свої промені одночасно, склобій знаходиться як в зоні опромінення джерелами світла, так і в площині захоплення пристрою отримання зображень. Відбивна поверхня відбиває падаючі на неї промені, які випромінені джерелами світла, спрямовуючи ці світлові промені у бік пристрою отримання зображень. Така конфігурація дозволяє розміщувати джерела світла і пристрій отримання зображень з одного боку від відбивної поверхні і, таким чином, обмежувати механічні габарити системи.

Згідно з однією характеристикою винаходу, промені від джерела монохроматичного ультрафіолетового випромінювання проходять через смуговий фільтр, центрований на довжині хвилі 365 нм. Цей смуговий фільтр пропускає лише світлове випромінювання з довжиною хвилі, яка дорівнює 365 нм. Хоча джерело монохроматичного ультрафіолетового випромінювання теоретично розсіює лише на 365 нм, можливо, воно випромінює паразитне ультрафіолетове випромінювання, яке може спотворити обробку отриманого зображення пізніше. Фільтр нижніх частот дозволяє усунути ці паразитні промені, які виходять від джерела монохроматичного ультрафіолетового випромінювання і які не мають довжину хвилі 365 нм, щоб гарантувати чисто монохроматичне світлове випромінювання. У більш загальному значенні, смуговий фільтр, центрований на довжині хвилі 365 нм, забезпечує монохроматичне випромінювання навіть у випадку, коли УФ-джерело випромінює в деякому діапазоні довжин хвилі, а не є базовим джерелом монохроматичного випромінювання.

Згідно з однією характеристикою винаходу, світлові хвилі, які випромінюються щонайменше джерелом білого світла, обробляються блоком перехресних поляризатора і аналізатора до того, як вони будуть уловлені пристроєм отримання зображень.

Якщо джерело білого кольору має дуже велику яскравість, пристрій отримання зображень буде захоплювати "паразитний шум". Цей шум відповідає відбиттям світла такої інтенсивності, що отримане зображення буде складно аналізувати, тому що деякі дуже яскраві відбиті промені можуть приховувати частину фрагментів склобою через свій блиск.

Щоб усунути цю проблему "шуму", в системі встановлений блок поляризатор-аналізатор. Поляризатор вміщується перед джерелом білого кольору, тоді як аналізатор вміщується перед об'єктивом пристрою отримання зображень.

Згідно з однією характеристикою винаходу, система виявлення містить конвеєр, призначений для проведення склобою через зону опромінення джерелами світла.

Хоча склобій можна аналізувати в статичному режимі, можна передбачити варіант здійснення, який включає конвеєр всередині системи, з відбивною стрічкою або ж зі склобом, коли кожен осколок скла рухається на власній відбивній поверхні, щоб осколки аналізувалися по черзі при їхньому проходженні на рівні зони опромінення джерелами світла і площини захоплення пристрою отримання зображень. Для цього джерела світла і пристрій отримання зображень повинні розташовуватися так, щоб зона опромінення і площина захоплення співпадали з траєкторією конвеєра. Цей варіант здійснення дозволяє інтегрувати виявлення склокераміки в процесі виробництва продуктів на основі склобою, що дозволяє полегшити видалення склокераміки, якщо вона буде детектована як така.

Згідно з однією характеристикою винаходу, система включає в себе обчислювальний модуль, призначений для визначення місцеположення фрагментів склобою в ході його переміщення. Іншими словами, якщо реалізовується варіант, який передбачає автоматизоване переміщення склобою, система виявлення містить обчислювальний модуль, здатний в реальному часі видавати місцеположення різних фрагментів скла при його переміщенні за межами зони опромінення і площини захоплення. Цей обчислювальний модуль враховує, зокрема, швидкість руху склобою, так що при переміщенні склобою кожен фрагмент відстежується і розпізнається як такий. Таким чином, цей обчислювальний модуль служить для реєстрації положення фрагментів склобою, детектованих як фрагменти склокераміки, в кожен момент часу t на рівні зони опромінення і для оцінки їхнього більш пізнього положення в момент $t+\Delta t$, з урахуванням швидкості руху склобою на конвеєрі, зокрема, для відправлення інформації на зовнішній відносно системи пристрій видалення фрагментів склокераміки, щоб він викинув один або декілька необхідних фрагментів склобою, будучи активованим в потрібному місці і в потрібний час.

Згідно з однією характеристикою винаходу і в доповнення до написаного вище, пристрій колориметричної обробки може додатково містити модуль колориметричної обробки зображень відповідно до моделі RGB. Модель RGB є моделлю визначення кольорів, відмінною від моделі HSV.

Як і модель HSV, модель RGB базується на значенні трьох параметрів для визначення кожного колірної відтінку у видимій частині спектра. Кожен колір встановлюється на основі значення кожного з трьох базових кольорів, які використовуються для визначення цього кольору, а саме червоного R, зеленого G і синього B. Кожен з параметрів RGB знаходиться в діапазоні від 0 до 255.

Модуль колориметричної обробки зображень по моделі RGB може бути включений в систему виявлення для верифікації результатів модуля колориметричної обробки зображень по моделі HSV і гарантує кращу точність виявлення системою.

Згідно з однією характеристикою винаходу, модуль колориметричної обробки зображень по моделі RGB може перетворювати на RGB-дані повністю все зображення, яке отримане пристроєм отримання зображень. Однак переважно система може бути виконана так, щоб модуль колориметричної обробки зображень по моделі RGB перетворював на RGB-дані лише пікселі отриманого зображення, які відповідають фрагментам, які детектовані як фрагменти склокераміки в результаті аналізу зображення модулем колориметричної обробки зображень по моделі HSV. У результаті стає меншою тривалість додаткової колориметричної обробки по моделі RGB.

Винахід стосується також установки для отримання скловолокна, порожнистого скла або плоского скла, що містить щонайменше одну склоплавильну піч і вузли формування, в якій склобій засипається в склоплавильну піч для отримання розплавленого скла, призначеного для подачі у вузли формування, причому вказана установка містить автоматизовану систему виявлення, описану вище, і вказана автоматизована система виявлення встановлюється на шляху склобою в напрямку склоплавильної печі.

Винахід стосується також способу застосування вказаної автоматизованої системи виявлення склокерамічних матеріалів в склобої колориметричним методом, який відрізняється тим, що він включає наступні етапи:

- етап одночасного освітлення склобою щонайменше одним джерелом білого кольору і щонайменше одним джерелом монохроматичного ультрафіолетового випромінювання,
- етап уловлювання відображених світлових променів пристроєм отримання зображень,
- етап колориметричної обробки знімка, отриманого пристроєм отримання зображень, модулем колориметричної обробки зображень, що дозволяє ідентифікувати склокераміку серед інших типів скла.

Згідно з однією характеристикою винаходу, колориметрична обробка реалізовується шляхом визначення значення одного параметра на піксель або групу пікселів зображення, що аналізується, з подальшим порівнянням з діапазоном даних.

Точність обробки може змінюватися залежно від потреби і/або розмірів склобою. Отже, обробка зображення може виконуватися для кожного пікселя зображення, яке отримане пристроєм отримання зображень, щоб гарантувати кращу точність.

Піксель являє собою базову одиницю, що дозволяє визначити якість цифрового зображення. Іншими словами, він відповідає конкретній точці зображення. Число пікселів пристрою отримання зображень залежить від розділювальної здатності пристрою отримання зображень, вибраного для вбудовування в систему виявлення.

Обробка може також виконуватися на групі пікселів, щоб обробити групу пікселів з меншою точністю, але з вищою швидкістю обробки. Використання того або іншого варіанту аналізу залежить від таких чинників, як розмір фрагментів склобою, кількість фрагментів або ж від ризику накладення фрагментів один на одного в склобої, що знаходиться на відбивній поверхні.

Згідно з однією характеристикою винаходу, колориметрична обробка здійснюється по моделі HSV, і порогове значення параметра H (тон) в системі HSV вибране в інтервалі від 50° до 70° при $S=1$ і $V=0,5$.

Колориметрична обробка по моделі HSV дозволяє ідентифікувати фрагменти склобою як фрагменти склокераміки. Після активації джерел світла для спрямування їхнього випромінювання на поверхню склобою, уловлювання відбитого світла пристроєм отримання зображень, і колориметричної обробки цього зображення по моделі HSV, оброблене зображення аналізується, і фрагменти склобою можуть мати або не мати певного кольору. Дійсно, залежно від умов освітлення системи виявлення, фрагменти склокераміки виявляють певний колір на отриманому зображенні, обробленому по моделі HSV, який відрізняє його від іншого склобою. Теоретично, склокераміка при застосуванні системи виявлення на склобої сама демонструє властивий їй особливий колір.

Вибір порогових значень колориметричної обробки базується на кольорі, який відбиває склокераміка при впливі променів, які випромінюються одночасно двома типами джерел світла. Через присутність в своєму складі оксидів металів склокераміка поглинає частину ультрафіолетових променів, які падають. Ці оксиди металів поглинають ультрафіолетові промені, а відповідні кристали розсіюють синє світло, в результаті склокераміка теоретично є єдиним типом скла, яка здається жовтим, коли склобій аналізується системою виявлення, з чого виходить вибір цього порогового значення. Після колориметричної обробки обчислювальний модуль може бути сконфігурований так, щоб ідентифікувати як склокераміку всі пікселі або групу пікселів, для яких тон H становить від 50° до

70°.

Згідно з однією характеристикою винаходу, отримані пристроєм отримання зображень відбивання фрагментів склобою, ідентифікованих як фрагменти склокераміки в результаті колориметричної обробки по моделі HSV, перевіряються шляхом розрахунку відношення синього кольору до червоного кольору після другої колориметричної обробки цих же зображень фрагментів модулем колориметричної обробки зображень по моделі RGB.

Іншими словами, після аналізу знімка пристроєм обробки зображень по моделі HSV з вибраним пороговим значенням параметра H лише склокераміка теоретично виявляє колір, близький до порогового значення. Однак обробка зображення по моделі HSV може привести до появи хибнопозитивних результатів при обробці зображення. Хибнопозитивні результати можуть з'явитися, коли колір скла дуже схожий на колір порогового значення, який використовується при обробці по моделі HSV, або ж ці результати можуть бути зумовлені присутністю пилинок деяких типів скла на фрагментах. Оскільки ці хибнопозитивні результати викликані не склокерамікою, ці фрагменти можуть використовуватися для отримання продуктів на основі скла, тому їх видалення зі склобою не потрібно. Для поліпшення точності виявлення і визначення місцеположення фрагментів, що дають хибнопозитивні результати, HSV-дані пікселів або груп пікселів, виявлені як такі, які співпадають з цифровим представленням фрагментів склокераміки, перетворюються на RGB-дані. Ця друга обробка зображення призначена для усунення хибнопозитивних результатів.

Згідно з одним варіантом здійснення, додаткова колориметрична обробка зображення по моделі RGB може здійснюється незалежно від колориметричної обробки зображень по моделі HSV. У цьому варіанті обробка по моделі RGB буде виконуватися на зображенні, отриманому пристроєм отримання зображень, без його попередньої обробки.

Після того як всі пікселі або групи пікселів, ідентифіковані як потенційно відповідні склокераміці, будуть перетворені на RGB-дані, для кожного перетвореного елемента даних розраховується відношення B/R . У подальшому тексті відношення B/R відповідає співвідношенню між значеннями синьої складової і червоної складової, виявлених на зроблених знімках, або у фрагментах склобою, виявлених як фрагменти склокераміки. Таким чином, співвідношення між синьою і червоною складовими дозволяє відрізнити склокераміку від хибнопозитивних результатів. Розрахунок цього відношення гарантує, що всі хибнопозитивні результати будуть виключені, і збережуться лише детектовані фрагменти, які відповідають склокераміці.

Згідно з однією характеристикою винаходу, фрагменти склобою, ідентифіковані як фрагменти склокераміки в результаті колориметричної обробки по моделі HSV, підтверджуються як фрагменти склокераміки, якщо розрахунок відношення синього кольору до червоного кольору після колориметричної обробки по моделі RGB дає значення більше 0,5.

Склокераміка є єдиним видом скла з тих, що можуть бути детектовані як позитивний результат при обробці зображень по моделі HSV, які мають відношення B/R більше 0,5. Інші види скла, які звичайно вважаються хибнопозитивним результатом, такі, як скло, яке використовується для пляшок для вина або шампанського, мають відношення B/R в інтервалі від 0,07 до 0,23. Скло класичного типу має відношення B/R , яке дорівнює 1, але цей тип скла не може бути детектований як склокераміка при обробці зображення по моделі HSV.

Інші характеристики і переваги винаходу виявляються, з одного боку, із наступного опису, а з іншого боку, з декількох прикладів здійснення, наведених для довідки, але не як обмеження, зі зверненням до прикладених схематичних креслень, на яких:

- фіг. 1 схематично показує систему виявлення згідно з одним варіантом здійснення винаходу,
- фіг. 2 схематично показує, що відбувається з випромінюванням джерел світла системи на фрагменті звичайного скла і на фрагменті склокераміки,
- фіг. 3 показує схему способу застосування системи виявлення,
- фіг. 4 є графіком, що показує коефіцієнт світлопропускання різними типами скла залежно від довжини хвилі падаючого світла.

На фігурі 1 показана система 1 виявлення, яка пропонується винаходом. Система 1 містить два типи джерел світла, з яких перший тип відповідає джерелу 3 білого кольору, а другий тип відповідає джерелу 4 монохроматичного ультрафіолетового випромінювання. Джерело або джерела 3 білого кольору і джерело або джерела 4 світла монохроматичного ультрафіолетового випромінювання закріплені на конструкції 13, яка підтримує джерела світла і містить засоби подачі електроживлення. Пристрій 5 отримання зображень піднімається над конструкцією 13. У показаному прикладі пристрій 5 отримання зображень підтримується засобом 36 фіксації, але він також може бути вбудований напряму в конструкцію 13.

Промені, випромінені джерелом 3 білого кольору, відразу фільтруються в поляризаторі 16, щоб обмежити інтенсивність світіння і уникнути паразитних відображень, які можуть оброблятися пізніше. Що стосується променів, випромінених джерелом 4 монохроматичного ультрафіолетового випромінювання, вони фільтруються через смуговий фільтр 15, центрований на 365 нм, щоб отримати чисто монохроматичне ультрафіолетове випромінювання. У показаному прикладі джерела світла і

фільтри розташовані симетрично з двох сторін конструкції 13, щоб забезпечити загалом однорідне освітлення.

Джерело 3 білого кольору і джерело 4 монохроматичного ультрафіолетового випромінювання випромінюють світлові промені 12 в напрямку зони опромінення 11. Зона опромінення 11 співпадає з площиною захоплення пристрою 5 отримання зображень. Світлові промені 12, випромінені джерелом 3 білого кольору і джерелом 4 монохроматичного ультрафіолетового випромінювання, проектується на відбивну поверхню 10, де знаходиться склобій 2.

У показаному прикладі відбивна поверхня 10 знаходиться на конвеєрі 8, який рухається в напрямку 9. Світлові промені, випромінені джерелом 3 білого кольору і джерелом 4 монохроматичного ультрафіолетового випромінювання, поводяться по-різному, коли вони потрапляють в зону опромінення, де знаходиться склобій 2, як це можна бачити на фігурі 2.

Світлові промені 14 відбиваються поверхнею 10 в напрямку пристрою 5 отримання зображень. Ці світлові промені 14 фільтруються аналізатором 18, перехресним з поляризатором 16. Комбінація поляризатора 16 і аналізатора 18 призначена для обмеження паразитних відображень, які відбиваються від світлових променів, які випромінюються джерелом 3 білого світла, і які ускладнюють інтерпретацію обробки зображення. Пристрій 5 отримання зображень записує зображення склобою 2 завдяки світловим променям 14, які відбиті від відбивної поверхні 10.

Після запису зображення воно обробляється пристроєм 6 обробки зображень, підключеним за допомогою електроніки до пристрою 5 отримання зображень. Пристрій 6 обробки зображень містить модуль 17 колориметричної обробки зображень по моделі HSV, який призначений для аналізу зображення піксель за пікселем або групами пікселів і перетворення цих пікселів на HSV-дані. Модуль 17 колориметричної обробки зображень по моделі HSV виконаний так, щоб для кожного пікселя або групи пікселів параметр "тон" H визначався при фіксованих параметрах Насиченості S і Значення кольору V . Тут ці фіксовані параметри дорівнюють $S=1$ і $V=0,5$.

Потім кожне визначене значення тону H порівнюється зі щонайменше одним пороговим значенням. У даному прикладі значення тону H порівнюється з мінімальним порогом 50° і максимальним порогом 70° . Іншими словами, якщо піксель або група пікселів мають HSV-параметри в діапазоні $50^\circ \leq H \leq 70^\circ$, $S=1$ і $V=0,5$, цей піксель або група пікселів ідентифікується як частина фрагмента склокераміки. Ця інформація передається або користувачу системи, щоб він міг втрутитися і вручну видалити склокерамічний фрагмент зі склобою, або автоматизованому пристрою, який дозволяє цілеспрямовано викидати ідентифіковані фрагменти склокераміки.

Альтернативно можна здійснити додаткову колориметричну обробку. При цьому HSV-дані фрагментів, виявлених як фрагменти склокераміки модулем 17 колориметричної обробки зображень по моделі HSV, перетворюються на RGB-дані модулем 7 колориметричної обробки зображень по моделі RGB, що міститься в пристрої 6 обробки зображень, який розраховує відношення синього кольору до червоного кольору B/R з генерованих RGB-даних, щоб виявити потенційні хибнопозитивні результати обробки, яка здійснена модулем 17 колориметричної обробки зображень по моделі HSV, і підвищити точність системи 1 виявлення. Згідно з варіантом здійснення, модуль 7 колориметричної обробки по моделі RGB може також перетворити повністю все зображення, яке отримане пристроєм 5 отримання зображень. У такому випадку зображення відразу передається на модуль 7 колориметричної обробки по моделі RGB.

Фігура 2 схематично показує світлове випромінювання від джерел світла на двох різних типах скла. Для спрощення схеми показано усього по два промені від кожного джерела світла, але в реальності джерела світла випромінюються в множині напрямків, наприклад, з кутом випромінювання 90° . Крім того, не показані явища заломлення світлових променів на осколках скла, знову ж для спрощення малюнка.

На фігурі 2 показані джерело 3 білого кольору і джерело 4 монохроматичного ультрафіолетового випромінювання, кожне з яких випромінює відповідне йому випромінювання. Джерело 3 білого кольору випромінює промені 26 білого кольору, показані суцільними лініями, а джерело 4 монохроматичного ультрафіолетового випромінювання випромінює ультрафіолетові промені 25 з довжиною хвилі 365нм, показані пунктиром. Ці два світлові промені зустрічаються на рівні зони опромінення 11, де знаходиться склобій, вміщений на відбивну поверхню 10. Тут фрагмент 23 класичного скла і фрагмент 24 склокераміки знаходяться в склобії.

Фрагмент 23 класичного скла 23 пропускає всі типи світлових променів. Таким чином, промінь 26 білого кольору і ультрафіолетовий промінь 25 проходять крізь структуру фрагмента 23 класичного скла, відбиваються відбивною поверхнею 10 і знов проходять через структуру фрагмента 23 класичного скла в напрямку пристрою 5 отримання зображень.

Фрагмент 24 склокераміки має оптичні властивості, які відрізняються від властивостей фрагмента 23 класичного скла. Особливістю склокераміки є те, що вона поглинає більшу частину ультрафіолетових променів, як це буде детальніше пояснено в зв'язку з фігурою 4. Таким чином, ультрафіолетовий промінь 25 не проходить повністю через структуру фрагмент 24 склокераміки, і в більшій частині поглинається. Звичайно ультрафіолетовий промінь з довжиною хвилі 365 нм майже не

відбивається в напрямку пристрою 5 отримання зображень, якщо його шлях проходить через фрагмент склокераміки. Промінь 26 білого кольору, як і у випадку з фрагментом 23 класичного скла, проходить крізь фрагмент 24 склокераміки і відбивається в напрямку пристрою 5 отримання зображень.

Теоретично пристрій 5 отримання зображень приймає всі промені 26 білого кольору, випромінені джерелом 3 білого кольору, і ультрафіолетові промені 25 від джерела 4 монохроматичного ультрафіолетового випромінювання, за винятком ультрафіолетових променів 25, які поглинені в своїй більшій частині фрагментом або фрагментами 24 склокераміки. Це подвійне освітлення і часткове відсікання ультрафіолетових променів склокерамікою забезпечує можливість колориметричного аналізу отриманого зображення, оскільки склокераміка набуває жовтого відтінку на відміну від іншого скла.

На фігурі 3 схематично представлений спосіб застосування системи виявлення.

Етап 27 прокручування конвеєра із заданою швидкістю приводить до переміщення одного або декількох фрагментів скла на їхніх відбивних поверхнях або безпосередньо на відбивній стрічці конвеєра.

Прокручування конвеєра 27 запускає етап 29 позиціонування скла в зоні опромінення. Паралельно цьому запускається етап 28 випромінювання світлового випромінювання джерелами світла, щоб освітлювати скло, який знаходиться в зоні опромінення. Поєднання етапу 29 позиціонування скла в зоні опромінення і етапу 28 випромінювання світлового випромінювання джерелами світла приводить до етапу 30 отримання зображення пристроєм отримання зображень.

Після отримання зображення воно піддається етапу 32 обробки зображення, який включає щонайменше один підетап 33 колориметричної обробки зображення по моделі HSV. Підетап 33 колориметричної обробки зображення по моделі HSV аналізує зображення, яке отримане на етапі 30 отримання зображення, піксель за пікселем або групами пікселів, застосовуючи до цього зображення порогове значення H в інтервалі від 50° до 70° , так щоб $50^\circ \leq H \leq 70^\circ$ при заданих параметрах S і V . Якщо жоден піксель або жодна група пікселів не відповідає цьому пороговому значенню, процес застосування системи виявлення завершується, і починається новий цикл з новим склом, який рухається на конвеєрі.

Якщо ж один або декілька пікселів або одна або декілька груп пікселів відповідають вибраному порогу H , то фрагменти скла, які стосуються цих пікселів або груп пікселів, теоретично ідентифікуються як фрагменти склокераміки. Як результат, відбувається або передача інформації на описаний пізніше розрахунковий етап 31 моніторингу скла, або здійснюється верифікація хибнопозитивних результатів за допомогою підетапу 34 колориметричної обробки зображення по моделі RGB. Для цього послідовно виконується декілька стадій: спочатку записане зображення обробляється по моделі RGB, або зображення повністю, або лише пікселі, які відповідають пороговому значенню параметра H моделі HSV. Для кожного з цих пікселів генерується червона складова R і синя складова B , при цьому обидва значення знаходяться в інтервалі від 0 до 255. Модуль колориметричної обробки зображень по моделі RGB розраховує потім відношення B/R і порівнює ці відношення з пороговим значенням. Встановлене порогове значення B/R більше 0,5. Іншими словами, якщо відношення B/R для одного або декількох пікселів або для однієї або декількох груп пікселів перевищує це порогове значення 0,5, то підтверджується, що відповідний фрагмент є фрагментом склокераміки. Якщо це відношення менше порогового значення 0,5, то відповідний фрагмент ідентифікується як хибнопозитивний результат, а не як фрагмент склокераміки.

Потім вся ця інформація передається на розрахунковий етап 31 моніторингу. У ході розрахункового етапу 31 моніторингу відмічаються як цільові фрагменти, які представляють інтерес тобто фрагменти, які були ідентифіковані як фрагменти склокераміки відповідно до підетапу 33 колориметричної обробки зображення по моделі HSV і які були підтверджені як такі на підетапі 34 колориметричної обробки зображення по моделі RGB, якщо такий етап виконується в системі. Ці фрагменти відмічаються як цільові і відстежуються з урахуванням швидкості переміщення скла залежно від швидкості конвеєра. Мається на увазі, що фрагменти є цільовими в тому значенні, що виходячи з відомого положення в момент t , система може з точністю визначити їхнє положення в момент $t + \Delta t$.

Після того, як ці фрагменти були відмічені як цільові на розрахунковому етапі 31 моніторингу, йде етап 35 видалення фрагментів склокераміки, показаний пунктиром на фігурі, оскільки він є зовнішнім відносно системи виявлення. Етап 35 видалення фрагментів склокераміки може бути виконаний за допомогою пристрою здування, розташованого вздовж конвеєра за системою виявлення. Завдяки розрахунковому етапу 31 моніторингу, пристрій здування, отримавши інформацію про місцеположення від обчислювального модуля, активується в потрібний момент в місці, де знаходяться фрагменти склокераміки. Потім фрагменти склокераміки витягуються зі скла.

Фігура 4 є графіком, який показує частку світла, яке пропускається різними типами скла, залежно від довжини хвилі випроміненого світла. На графіку показані чотири криві, які відповідають різним типам скла: крива 19, яка відповідає класичному склу, тобто найпоширенішому склу, крива 20, яка

відповідає склокераміці, крива 21, яка відповідає пляшковому склу, яке зазвичай використовується для виготовлення винних пляшок, і крива 22, яка відповідає склу для шампанського, яке зазвичай використовується для виготовлення пляшок для шампанського. На осі абсцис на графіку ділянка значень менша 400 нм відповідає ультрафіолетовому діапазону, а ділянка значень більша 400 нм відповідає видимому діапазону.

Крива 19 для класичного скла і крива 20 для склокераміки мають схожий хід, а саме, крива включає різке зростання коефіцієнта світлопропускання до досягнення плато в інтервалі 85-90 %. Основна різниця між цими двома кривими полягає в тому, що крива 19 для класичного скла різко йде вгору при короткій довжині хвилі, ніж крива 20 для склокераміки. Таким чином, класичне скло має набагато вище пропускання в ультрафіолетовій ділянці, ніж склокераміка. Ця різниця виправдовує використання джерела монохроматичного ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 365 нм, оскільки при цьому значенні коефіцієнт світлопропускання класичного скла перевищує 80 % (точка P1 на фіг. 4), тоді як для склокераміки він нижчий 20 % (точка P2 на фіг. 4). Таким чином, пристрій отримання зображень вловлює ультрафіолетові промені 365 нм і промені білого світла усього видимого спектра, наприклад 550 нм, якщо вони пройшли через фрагмент класичного скла, але вловлює не всі ультрафіолетові промені, які потрапили на фрагмент склокераміки, оскільки вони були значною мірою поглинені склокерамікою. Умови освітлення системи виявлення такі, що склокераміка, через її оптичні властивості, виглядає з легким відтінком жовтого, що відповідає вибраному пороговому параметру HSV, тобто $50^{\circ} \leq H \leq 70^{\circ}$. Колірний відтінок, який відповідає склокераміці, зумовлений кількома чинниками, які включають джерела світла або ж тип пристрою отримання зображень.

Цей жовтий колір, як вказувалося вище, пояснюється присутністю оксидів металів в складі склокераміки.

Дві інші криві, а саме крива 21 пляшкового скла і крива 22 скла для шампанського також мають близький хід. Ці два типи скла, відповідна крива яких є змінною, і які погано пропускають світлові хвилі, ніколи не перевищуючи світлопропускання 50 % (точка P3 на фіг. 4). У зоні ультрафіолету пляшкове скло і скло для шампанського мають коефіцієнт світлопропускання, близький до світлопропускання склокераміки, зокрема, на 365 нм, що відповідає довжині хвилі, яка випускається джерелом монохроматичного ультрафіолетового випромінювання. Таким чином, пляшкове скло і скло для шампанського поглинають ультрафіолетові промені, які випромінює джерелом монохроматичного ультрафіолетового випромінювання, в тій же мірі, що і склокераміка. Крім того, довжина хвилі, на якій обидва типи скла краще усього пропускають світло, становить близько 550-570 нм. У видимому спектрі цей діапазон довжин хвилі відповідає жовтувато-зеленому кольору.

Отже, пляшкове скло і скло для шампанського мають по суті таку ж здатність поглинання ультрафіолетових променів, що і склокераміка, і їхній кращий коефіцієнт світлопропускання відповідає жовтувато-зеленому кольору, тобто тону, досить близькому до порогового значення для склокераміки, коли зображення, яке отримане пристроєм отримання зображень, обробляється модулем колориметричної обробки зображень по моделі HSV. Отже, пляшкове скло і скло для шампанського є двома типами скла, які можуть приводити до хибнопозитивних результатів, тобто вони можуть бути детектовані як фрагменти склокераміки при аналізі модулем колориметричної обробки зображень по моделі HSV, хоча вони такими не є. Наявність модуля колориметричної обробки зображень по моделі RGB має в цьому випадку всі основи, враховуючи, що відношення B/R для пляшкового скла і скла для шампанського складає менше 0,5, що дозволяє спростувати той факт, що мова йде про фрагменти склокераміки.

З написаного вище зрозуміло, що даний винахід пропонує автоматизовану систему виявлення склокераміки в склобої. Винахід не обмежується засобами і конфігураціями, описаними і проілюстрованими тут, він розповсюджується також на будь-які еквівалентні засоби або конфігурації і на будь-яку технічну комбінацію, яка працює з такими засобами. Зокрема, якщо описаний приклад здійснення, в якому умови освітлення спричиняють жовте забарвлення склокераміки, можна передбачити, щоб порогові значення, реалізовані в обчислювальному модулі, пов'язаному з модулем колориметричної обробки, відрізнялися від описаних, щоб детектувати кольори, які відрізняються від жовтого, оскільки, як описано, відповідно до винаходу лише один параметр моделі HSV порівнюється з діапазоном значень, щоб забезпечити швидке виявлення, що дозволяє реалізацію на виробничій лінії.

Згідно з винаходом, параметр моделі, яка враховується HSV порівнюється з пороговими значеннями, які залежать від умов освітлення і які можуть також залежати від якості пристрою отримання зображення. Таким чином, залежно від якості використовуваної камери колір склокераміки може демонструвати тенденцію, наприклад, до зеленого, відповідно до того, що було описано вище, тоді як неозброєним оком він сприймається як жовтий. Для підлаштування порогових значень моделі HSV може бути потрібне калібрування камери. Потрібно розуміти, що згідно з винаходом при відповідному освітленні, такому як від джерела білого світла з широким спектром і джерела ультрафіолетового випромінювання з цільовою довжиною хвилі 365 нм, склокераміка реагує,

набуваючи особливого для неї кольору, зокрема жовтого, що дозволяє за допомогою пристрою отримання зображень і модуля колориметричної обробки виявляти цю склокераміку серед інших зразків скла.

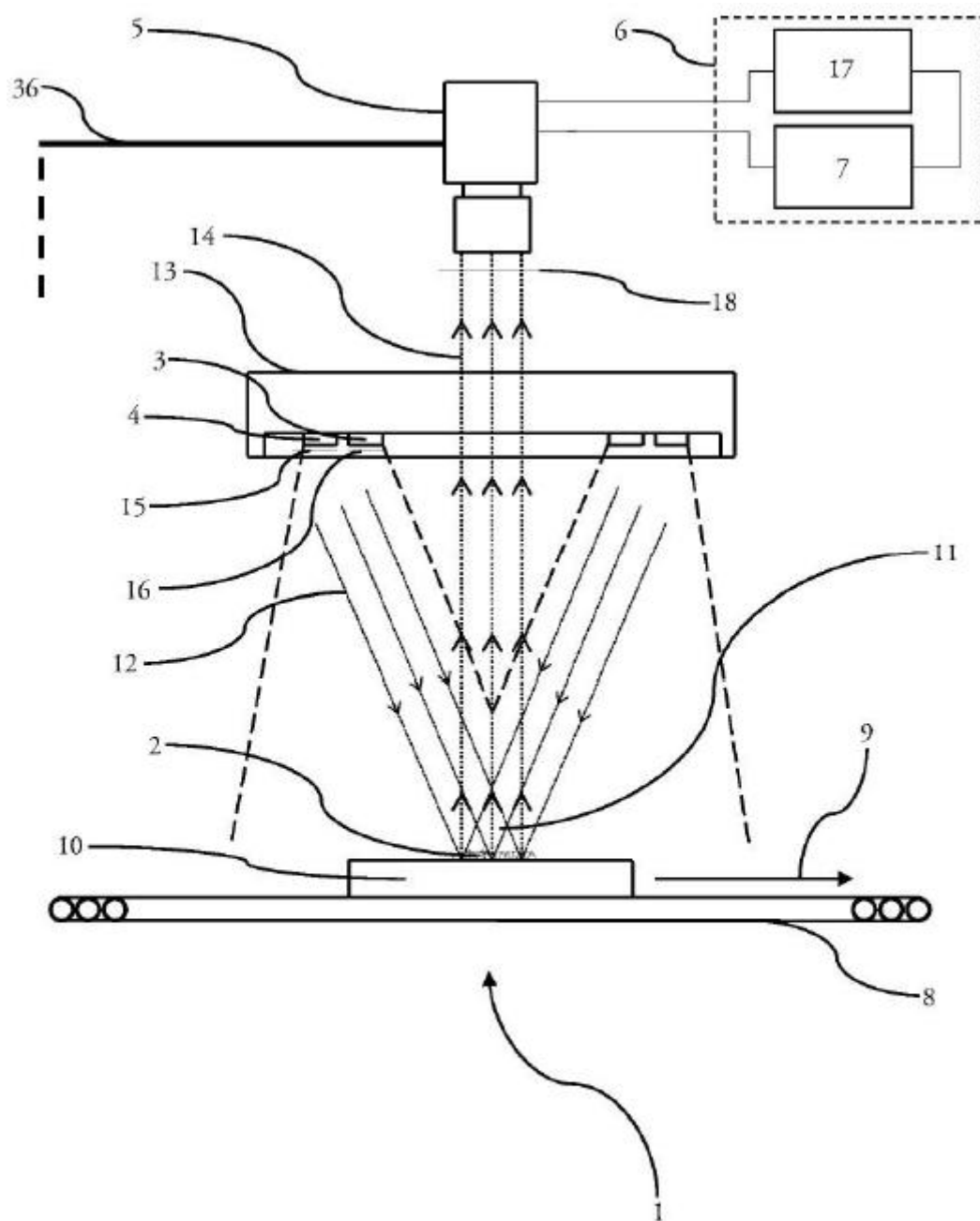


Fig. 1

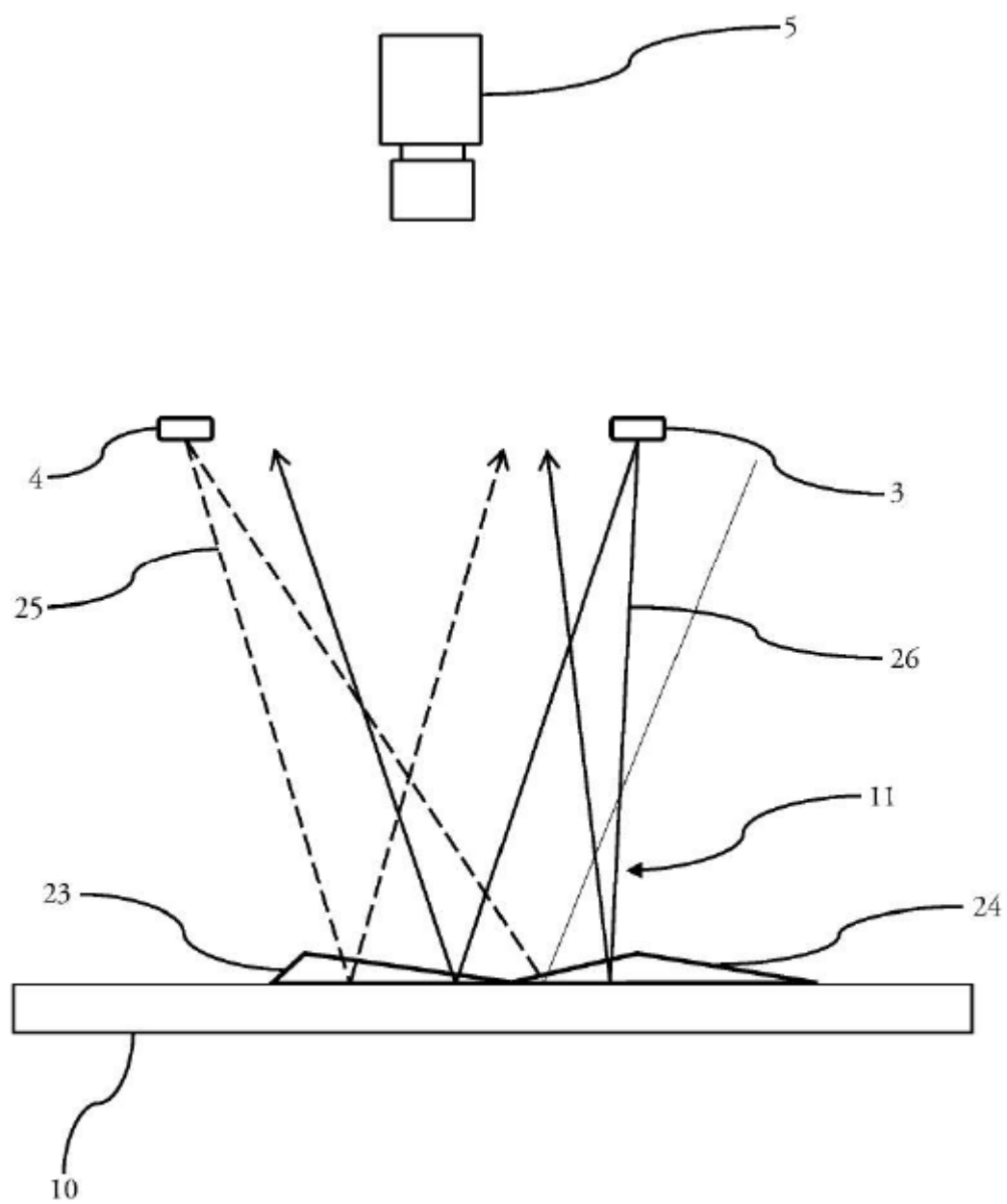


Fig. 2

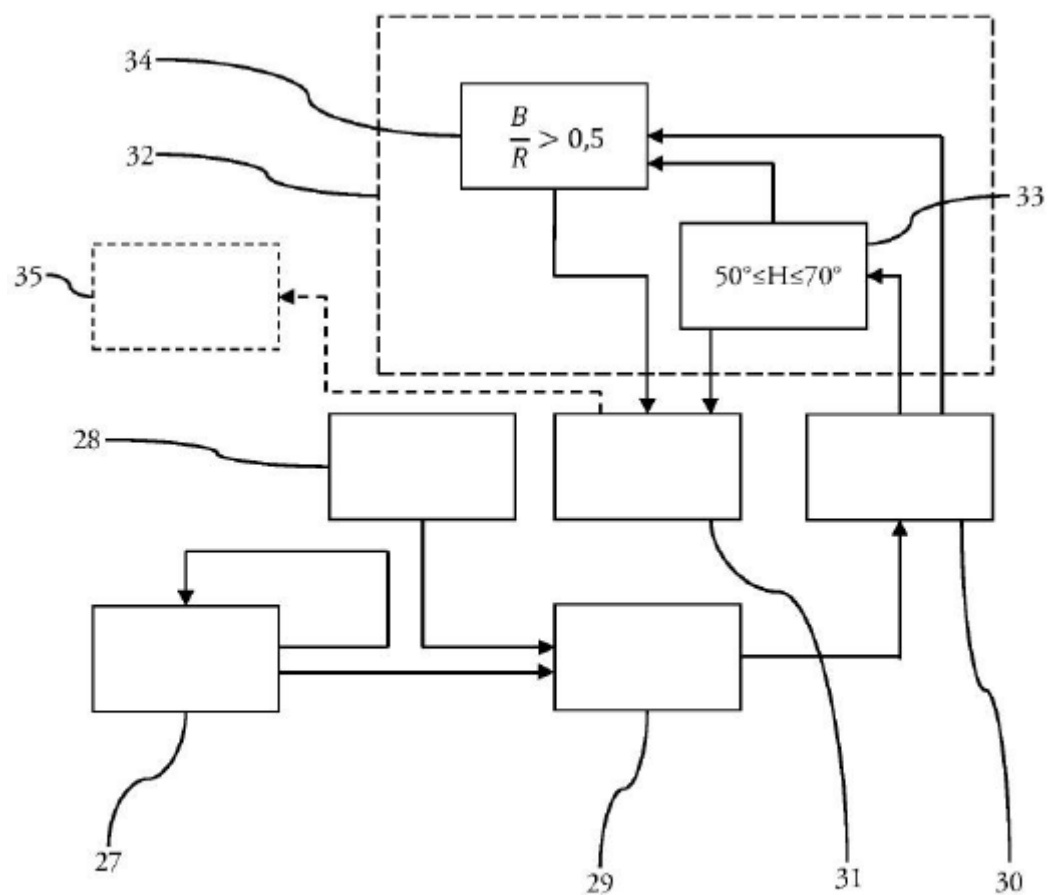


Fig. 3

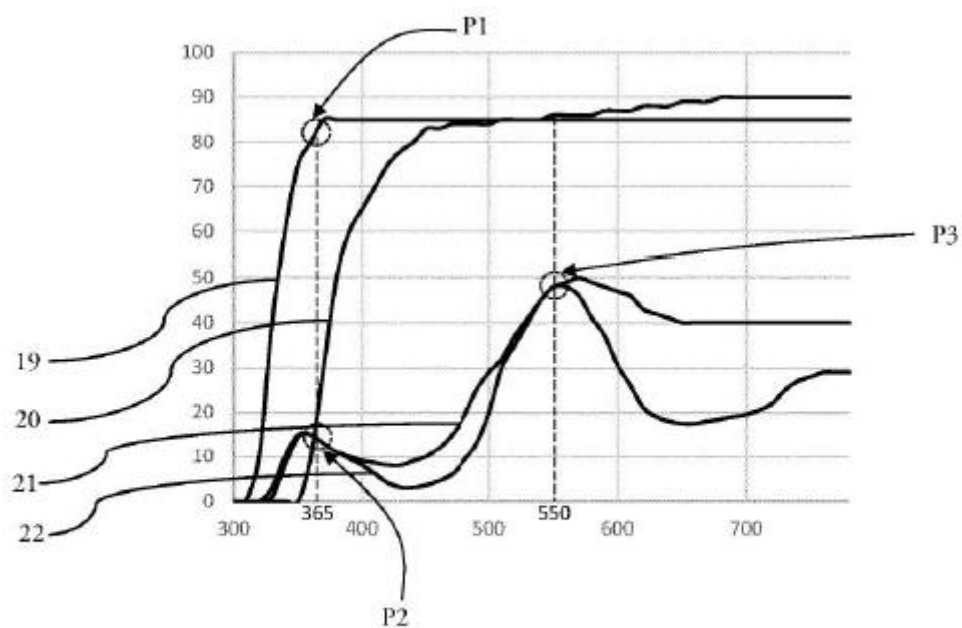


Fig. 4