

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 12.06.92.

③0 Priorité : 14.06.91 US 715802.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 18.12.92 Bulletin 92/51.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : Le rapport de recherche n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite: BALL CORPORATION
— US.

⑦2 Inventeur(s) : Wertz Ronald Duane, Davies Jeffrey
Paul et Cornack Robert H.

⑦3 Titulaire(s) :

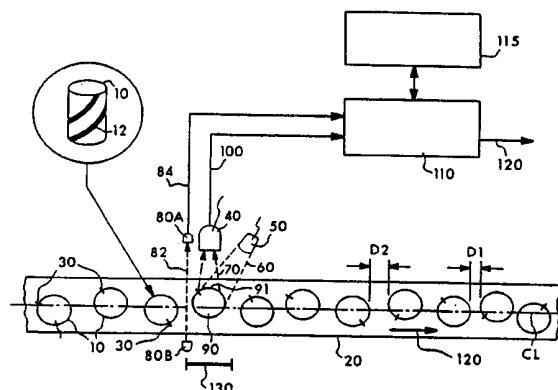
⑦4 Mandataire : Cabinet Simonnot.

⑤4 Installation d'inspection optique d'étiquettes de couleurs identiques.

⑤7 L'invention concerne une installation d'inspection opti-
que destinée à inspecter la présence de défauts dans des
étiquettes de couleurs identiques.

L'installation comprend un dispositif (20) de transport des
étiquettes ayant une orientation aléatoire, un dispositif (40,
50, 80A, 80B) qui détecte la présence d'un nombre choisi
de couleurs, et crée un ensemble de signaux électriques
analogiques pour chaque couleur, et un dispositif (110) de
traitement comportant un dispositif destiné à créer une si-
gnature multidimensionnelle de couleur et un dispositif de
comparaison du signal électrique analogique à la signature
multidimensionnelle de couleur.

Application au contrôle des produits étiquetés.



La présente invention concerne l'identification et l'inspection sans contact d'étiquettes colorées et, en particulier, elle concerne l'identification et l'inspection d'étiquettes colorées portées par des récipients, par exemple des boîtes de boissons, se déplaçant à grande vitesse dans une chaîne de fabrication.

Une installation de faible coût, travaillant à grande vitesse et destinée à identifier et inspecter des étiquettes, par exemple portées par des boîtes de boissons, est nécessaire dans les conditions des chaînes de fabrication. En outre, l'installation doit s'ajuster à la configuration des étiquettes afin qu'elle puisse apprendre automatiquement les signatures colorées globales des étiquettes et, lorsque l'opération d'apprentissage a été réalisée, l'installation doit s'adapter automatiquement à l'inspection de toutes les étiquettes suivantes. L'installation doit pouvoir travailler indépendamment de l'orientation de l'étiquette et de la vitesse de la chaîne de fabrication tout en pouvant travailler à des vitesses élevées atteignant 2 000 boîtes par minute. L'installation ne doit pas être en contact physique avec les étiquettes ni perturber la circulation des récipients dans la chaîne de fabrication. Enfin, l'installation doit permettre l'inspection des défauts fins des étiquettes, par exemple des taches de graisse ou des rayures de l'ordre d'un centimètre carré, de petites variations de l'intensité et de la longueur d'onde des couleurs, et des variations de l'équilibre des couleurs dues à un maculage de l'encre.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 881 268 concerne une installation utilisant des faisceaux de fibres optiques disposés afin qu'elle identifie un type particulier de billet de banque par détection des couleurs en lumière réfléchie ou transmise. Ce procédé met en oeuvre trois capteurs de détection de couleur destinés à recevoir la lumière réfléchie à partir d'un trajet linéaire choisi sur les billets de banque en cours d'inspection. En conséquence, ce procédé est limité en ce qu'il n'assure pas une

inspection d'une étiquette complète mais seulement d'étroites parties linéaires du billet de banque. En conséquence, les défauts se produisant dans d'autres parties du billet de banque qui ne se trouvent pas sur un
5 trajet linéaire de l'un des détecteurs ne sont pas détectés. En outre, le capteur décrit dans ce document utilise des faisceaux de fibres optiques qui doivent être placés très près de la surface du billet de banque. Lorsque le billet de banque se déplace, un signal variant au cours du
10 temps est créé. La variation du signal est répétée pour chaque billet de banque et en conséquence elle est cyclique. Les signaux variant au cours du temps qui sont reçus par les capteurs sont traités par des circuits matériels sous forme de deux composantes de couleur (par
15 exemple bleue et rouge) et le rapport de ces composantes (c'est-à-dire rouge/bleu) est obtenu. Le signal résultant du rapport est alors comparé à un signal d'un dessin prédéterminé de référence qui est conservé en mémoire. Les billets de banque doivent être orientés avec précision lors
20 de la transmission étant donné l'étroitesse de la région colorée examinée. L'installation décrite dans ce document ne permet pas un apprentissage automatique et doit recevoir le dessin de référence.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 790 022
25 décrit l'utilisation d'une caméra en couleurs qui donne un signal de sortie RVB ayant subi une correction de gamma, transmis à trois mémoires d'image des composantes verte, rouge et bleue. Ce signal de sortie est transmis par des convertisseurs analogiques-numériques à un microprocesseur.
30 Le signal de sortie, comme dans le cas précédent, varie au cours du temps, mais il n'est pas cyclique car les légumes inspectés sont placés de manière aléatoire. L'approche décrite dans ce document convient à l'analyse des différences de couleur de légumes se déplaçant le long d'une
35 chaîne transporteuse (par exemple les taches vertes des pommes de terre). Ainsi, les légumes peuvent être orientés en direction quelconque et peuvent avoir des dimensions et

des configurations qui diffèrent. Ce document recherche un dessin coloré particulier de taille et de teinte indiquant que le légume défectueux. L'installation doit d'abord être étalonnée par utilisation d'une pomme de terre réelle ayant un défaut de teinte indésirable de vert et l'installation peut détecter la transition entre la surface de défaut vert et la couleur de la pomme de terre qui l'entoure. Ce document détecte uniquement un défaut de transition sur un fond de couleur particulière par utilisation de dessins bidimensionnels ou tridimensionnels colorés conservés dans une mémoire tridimensionnelle (qui est réalisée sous forme de trois tables bidimensionnelles séparées de consultation). Cette approche ne convient pas à la détection des petits défauts des étiquettes.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 745 527 assure la transmission de timbres-poste avec une orientation précise dans un lecteur. Cette approche ne convient pas non plus à des récipients orientés de façon aléatoire, par exemple des boîtes de boissons dans une chaîne de fabrication. Cependant, ce document n'utilise que les trois couleurs réfléchies, rouge, verte et bleue, pour l'adressage d'une table de consultation qui affecte une couleur (c'est-à-dire rouge, vert, bleu ou blanc) à une région en fonction de la combinaison des trois signaux d'entrée. Ces signaux varient au cours du temps et dépendent avec précision de la configuration géométrique connue du dessin du timbre.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 859 863 décrit un appareil d'inspection d'étiquettes qui détecte les valeurs du pouvoir réflecteur global des étiquettes se déplaçant dans une chaîne transporteuse à des vitesses de transport de 100 à 600 récipients par minute, les récipients étant séparés par des espaces de 76 mm. Des étiquettes ayant une dimension pouvant atteindre 150 mm peuvent être lues. L'invention met en oeuvre une matrice linéaire de photodétecteurs dont les centres sont séparés par 12,7 mm sur un axe vertical. Un microprocesseur est

utilisé pour le calcul des valeurs en pourcentage des pouvoirs réflecteurs, et des limites d'acceptation ou de refus sont établies pour les récipients. L'invention comporte aussi un cycle d'apprentissage dans lequel un
5 échantillon statistique suffisamment important des récipients est lu pour la détermination des valeurs du pouvoir réflecteur global qui représentent l'ensemble de la population de récipients à inspecter.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 809 342
10 décrit un procédé d'identification et de reconnaissance d'objets tel qu'un codage permanent. L'invention permet l'identification d'une position de coordonnées précises par des symboles codés sur l'objet.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 797 937
15 concerne un appareil d'identification de timbres-poste. Ce document décrit la lecture des timbres-poste et la détection des diverses couleurs contenues dans les timbres et qui occupent des régions prédéterminées sur le timbre. Les signaux de couleur reçus sont utilisés pour la création
20 d'un vecteur caractéristique qui représente la distribution des couleurs dans la zone lue. Des matrices de capteurs sont utilisées pour la production de signaux électriques analogiques de couleurs rouge, verte et bleue qui sont numérisés en fonction des moments de couleur dans une zone
25 déterminée. Des matrices de capteurs sont destinées à donner une ligne de balayage et les timbres doivent être transmis avec précision afin que la ligne de balayage garde son intégrité.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 589 141
30 concerne un appareil de vision par ordinateur destiné à inspecter automatiquement des étiquettes imprimées. Cette installation passe d'abord dans une phase d'apprentissage dans laquelle l'étiquette est mémorisée par l'installation. Ensuite, elle passe à une phase d'inspection dans laquelle
35 les étiquettes inconnues sont inspectées.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 270 863 décrit un appareil destiné à éclairer la surface de

l'étiquette et à créer un niveau d'intensité pour un certain nombre de points à la surface de l'étiquette, qui sont détectés par une matrice de diodes photosensibles. Les niveaux des intensités sont alors comparés à une valeur maximale mémorisée et, en cas de différence par rapport à cette valeur, un signal de bonne qualité ou de mauvaise qualité est créé. Ce document décrit l'utilisation d'un processus d'apprentissage par inspection d'un certain nombre d'étiquettes, par mémorisation de l'information, et par utilisation de l'information mémorisée pour l'inspection. L'invention met en oeuvre une caméra ayant une matrice à 128x128 éléments. Un convertisseur analogique-numérique reçoit les signaux vidéo analogiques de la caméra pour créer un signal numérisé.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 676 645 décrit un lecteur d'étiquettes ayant un miroir rotatif à facettes.

On considère que les brevets précités des Etats-Unis d'Amérique n° 4 881 268, 4 790 022 et 3 745 527 sont les plus pertinents. Cependant, le premier de ces documents nécessite une grande précision dans la distribution de chaque timbre vers les trois lecteurs à lignes étroites, et les trois installations nécessitent une initialisation par des valeurs de référence. Aucune de ces approches n'est destinée à permettre l'échantillonnage de toute la surface d'objets de configuration uniforme d'abord par apprentissage des signatures colorées d'une étiquette complète de l'objet de manière automatique, puis par inspection fine des défauts de couleur.

Ces trois brevets précités mettent tous en oeuvre une mémorisation de signaux variant au cours du temps puis le traitement de ces signaux pour la création de différences de couleur en fonction de la position. Les signaux de couleur créés sont comparés aux valeurs colorées mémorisées. Une installation donnant des échantillons d'une seule couleur d'un objet considéré qui est orienté de manière aléatoire et assurant l'accumulation des échantillons pour

l'obtention d'une signature colorée spatiale globale de l'étiquette placée sur l'objet, insensible à la vitesse de balayage et utilisant des mémoires et des circuits matériels simples, est nécessaire.

5 L'invention concerne la résolution du problème précité, par réalisation d'une installation de faible coût, travaillant à grande vitesse et destinée à identifier et inspecter des étiquettes, par exemple portées par des boîtes de boissons placées dans les conditions d'une chaîne
10 de fabrication à grande vitesse. L'invention permet l'inspection des défauts de fabrication indépendamment de la vitesse de balayage, tout en travaillant à des vitesses élevées d'un transporteur tel que 250 m/min (c'est-à-dire donnant un débit de distribution de boîtes pouvant
15 atteindre 2 000 boîtes par minute). L'installation selon la présente invention utilise une tête optique, dans un premier mode de réalisation, pour l'échantillonnage des étiquettes qui passent, pour leur apprentissage et pour la construction de la signature colorée des étiquettes com-
20 plètes. Lorsque cet apprentissage a été réalisé de manière satisfaisante, l'installation se configure automatiquement pour inspecter optiquement chaque boîte successive.

La présente invention peut subir un ajustement sélectif de sa sensibilité, la sensibilité maximale étant
25 obtenue avec 28 dimensions colorées différentes, couplé à une prolifération minimale des données. En outre, l'orientation de l'étiquette peut être aléatoire lorsque celle-ci passe au niveau de la tête optique, et l'installation selon l'invention permet l'apprentissage des signatures colorées
30 et l'exécution d'une inspection de l'étiquette. L'installation d'inspection optique selon la présente invention ne nécessite pas de contact physique avec l'étiquette ni de perturbation d'une quelconque manière de la circulation des récipients sur la chaîne de fabrication, mis à part la
35 transmission d'un signal de rejet de la boîte ou des boîtes qui doivent être refusées.

L'installation selon la présente invention permet l'inspection des défauts tels que les taches de graisse et les rayures de l'ordre d'un centimètre carré, de petites variations de longueur d'onde et d'intensité de couleur, et des variations d'équilibre de couleur dues au maculage de l'encre.

Il existe une différence fondamentale entre les approches des brevets des Etats-Unis d'Amérique n ° 4 881 268, 3 745 527 et 4 790 022 précités et l'approche selon l'invention. La différence porte sur le procédé de collecte de la signature. Les trois machines de la technique antérieure collectent un ensemble de signaux variant au cours du temps, produits par déplacement de l'objet dans le capteur ou par balayage du champ de vision du capteur sur l'objet. Dans tous les cas, c'est une signature qui contient l'information relative aux caractéristiques spatiales de coloration de l'étiquette portée par l'objet qui est collectée. Ces signaux sont alors traités pour la création de signaux de différence spatiale.

La présente invention collecte des échantillons séparés de la signature colorée chaque fois qu'une étiquette passe devant le capteur. Si un certain nombre d'étiquettes passent devant le capteur et présentent des données différentes (c'est-à-dire soit des parties différentes d'une étiquette, soit la même étiquette avec des orientations différentes, soit une combinaison de ces types), l'information peut être collectée pour la création finale d'un ensemble complet de signatures colorées pour l'étiquette entière. L'information collectée à chaque passage est différente étant donné l'orientation spatiale de l'étiquette, mais cette orientation spatiale n'est pas incorporée dans les données apprises. Ainsi, la signature apprise selon la présente invention peut être fonction des caractéristiques variables de l'objet sur sa longueur ou de l'orientation variable de l'objet par rapport au capteur. Comme un signal de différence spatiale n'est pas créé selon la présente invention, les caractéristiques de vitesse de

balayage et de retard n'affectent pas les performances. La présente invention est mise en oeuvre à une vitesse quelconque de la chaîne de fabrication, de l'état stationnaire à la vitesse maximale.

5 Les conditions portant sur le matériel et le logiciel pour la mémorisation des données d'un balayage complet d'un objet sont éliminées selon la présente invention, car seuls des échantillons sont collectés à chaque passage, dans chaque canal de données. Par rapport au brevet des
10 Etats-Unis d'Amérique n° 4 790 022 précité, des économies considérables sur le logiciel sont réalisées par élimination de la caméra de télévision en couleurs, des circuits tampons d'images vidéo et des circuits associés de commande. Dans les brevets précités des Etats-Unis d'Amérique
15 n° 3 745 527 et 4 790 022, une quantité importante de matériel est affectée aux fonctions de retard et d'addition qui ne sont pas nécessaires selon l'invention.

Une seconde différence fondamentale entre l'invention et les approches de la technique antérieure, indiquées
20 précédemment, porte sur la production des signaux des couleurs séparées selon l'invention. Les autres installations utilisent des filtres placés sur des capteurs ou une caméra de télévision en couleurs. L'invention assure la transmission de la lumière réfléchie par la boîte par un
25 réseau de diffraction fonctionnant par transmission et destiné à séparer les composantes des couleurs. Un élément travaillant par diffraction ou un prisme de type quelconque peut être utilisé à cet effet. Cette partie de la machine, est donc peu coûteuse par rapport au coût et à la com-
30 plexité de toutes les autres installations. En conséquence, une grande intensité est obtenue par utilisation d'un réseau ou d'un prisme (c'est-à-dire avec un seul ensemble d'éléments optiques pour l'ensemble du système) et aucun signal de synchronisation ou de commande n'est nécessaire,
35 mis à part pour le capteur de position de boîte.

Par rapport au brevet précité des Etats-Unis d'Amérique n° 3 745 527, qui décrit une installation insensible

aux irrégularités de la surface de l'objet et aux dessins et ornements des lettres (colonne 2, ligne 42), l'invention permet la détection spécifique de ces irrégularités. Le tracé tridimensionnel indiqué dans ce document est utilisé pour la caractérisation d'une région spatiale comme étant rouge, bleue, verte ou blanche en fonction des signaux d'entrée RVB provenant du capteur. Cette détermination est alors utilisée pour la création des signaux convenables de synchronisation des couleurs particulières.

10 L'invention met en oeuvre les signaux de couleur pour l'accès à la mémoire multidimensionnelle dans laquelle des données sont écrites pour l'exécution de l'apprentissage et à partir de laquelle des données sont lues pour l'exécution de la comparaison. Ainsi, les fonctions des implantations multidimensionnelles selon l'invention sont différentes de celles du brevet précité des Etats-Unis d'Amérique n° 3 745 527. Ce document met en oeuvre de façon importante les caractéristiques connues et fixes de l'étiquette soumise à l'essai, plus précisément la relation entre les bords et les bordures colorées des timbres. La présente invention ne suppose aucune connaissance préalable de l'étiquette portée par l'objet soumis aux essais et ne fixe aucune condition relative aux caractéristiques en plus de la disposition dans le champ de vision optique. Le dernier document cité nécessite un positionnement exact de l'étiquette par rapport au capteur afin qu'une région particulière de l'étiquette puisse être comparée aux signatures fixes. La présente invention permet l'apprentissage de caractéristiques d'étiquettes avec une orientation quelconque ou une combinaison d'orientations et d'aspects quelconques de l'objet. Tous les signaux lus, variant au cours du temps, dans le document précité, sont en outre traités par retardement du signal et soustraction du signal original en temps réel pour la création d'un signal temporel et ainsi spatial de différence de couleur. Ce signal est alors utilisé pour la création de signaux de synchronisation qui dépendent de la couleur et qui créent une

métrique d'évaluation. Ainsi, c'est la caractéristique lue du document précité qui lui permet de remplir sa fonction. En outre, le fonctionnement décrit dans ce document dépend en partie de la vitesse de balayage et de la fonction de retard. L'invention décrit une installation qui est insensible à la vitesse de l'objet.

Par rapport au brevet précité des Etats-Unis d'Amérique n° 4 881 268 qui décrit la collecte d'un signal variant au cours du temps provenant de deux capteurs de couleurs et, après formation d'un rapport des signaux de couleur, une comparaison à des données d'une signature mémorisée, l'invention ne nécessite aucune signature prédéterminée pour son évaluation. Le document précité nécessite un positionnement exact de l'étiquette soumise aux essais par rapport aux capteurs si bien qu'une région particulière de l'étiquette peut être comparée de manière répétée aux signatures fixes. La présente invention permet l'apprentissage des caractéristiques d'étiquette ayant une orientation quelconque ou une combinaison quelconque d'orientations et d'aspects de l'objet portant l'étiquette.

Par rapport au brevet précité des Etats-Unis d'Amérique n° 4 790 022 qui met en oeuvre de multiples tables bidimensionnelles à plusieurs bits et qui fait subir des opérations logiques réunion aux signaux de sortie pour la création d'une évaluation globale, l'invention n'utilise que des tables multiples bidimensionnelles à un bit. Ceci permet des économies de mémoire d'ordinateur en permettant la numérisation des signaux de couleur en plus grand nombre de bits que cela n'est possible en pratique lorsqu'on utilise des tables de consultation à plusieurs bits. Le document précité nécessite un apprentissage dans la machine du défaut particulier qui doit être détecté par représentation réelle à l'installation d'un défaut échantillon ou d'une image du défaut échantillon. En outre, le défaut échantillon doit être vu par la machine par rapport au fond de l'objet particulier sur lequel il peut apparaître (tache verte sur fond jaune par exemple). C'est ces données de

signature de défaut qui sont mémorisées dans les tables de consultation de la machine décrite dans ce document. L'invention apprend comment apparaissent des étiquettes convenables de boîtes et détecte tout écart par rapport à l'ensemble appris. Ainsi, un défaut quelconque peut apparaître dans une partie quelconque de l'étiquette indépendamment des caractéristiques environnantes ou du type de défaut. Le document précité met en oeuvre le balayage de l'objet et, comme le brevet précité des Etats-Unis d'Amérique n° 3 745 527, nécessite la création d'un signal de différence spatiale de couleur. Ces signaux de différence sont alors utilisés pour l'accès à de multiples tables bidimensionnelles de consultation pour la détermination du fait qu'un défaut a été détecté. Ainsi, l'information réelle qui est mémorisée dans les tables est différente de celle qui est mémorisée selon l'invention. Le brevet précité des Etats-Unis d'Amérique n° 4 790 022 décrit la mémorisation de signaux de différence spatiale de couleur, et indique la transition de couleur à la limite entre une région bonne et une région défectueuse de l'objet. La présente invention met en oeuvre la mémorisation des intensités réelles des couleurs de la partie de l'objet vue en mémoire et indique tout écart par rapport aux données apprises.

Une possibilité importante donnée par l'invention est la possibilité de l'apprentissage des caractéristiques de l'objet qui varient soit à cause de l'orientation de l'objet par rapport au capteur soit à cause de la partie de l'objet qui est vue par le capteur. Dans l'application d'inspection des boîtes, l'orientation aléatoire des boîtes est exploitée afin que la présente invention permette un apprentissage des caractéristiques de tous les aspects d'une étiquette de boîte. Ceci n'est cependant pas nécessaire. Si les boîtes passent toujours devant le capteur en présentant la même partie de l'étiquette, la présente invention assure simplement l'apprentissage de cette partie de la signature complète et ne fonctionne pas d'une manière

moins satisfaisante puisque les boîtes suivantes ne présentent aussi que la même partie d'étiquette à inspecter. Des défauts tels qu'une dérive de la teinte de couleur, un défaut de repérage, etc., peuvent encore être détectés.

- 5 Evidemment, si un défaut physique se produit toujours du côté opposé de la boîte, il ne sera jamais détecté, mais la même remarque s'applique à toutes les approches précitées.

La présente invention concerne une installation d'inspection optique qui inspecte la présence de défauts
10 dans des étiquettes colorées placées par exemple sur les parois latérales des boîtes cylindriques de boissons. L'installation d'inspection optique utilise un transporteur des boîtes de boissons dans une chaîne de production par exemple suivant un trajet rectiligne. Dans cette chaîne de
15 fabrication, les boîtes de boissons ont habituellement une orientation aléatoire (c'est-à-dire que les étiquettes occupent des positions différentes par rapport au transporteur), ou des espacements irréguliers entre les boîtes, et sont placées habituellement de manière non uniforme par
20 rapport à l'axe central du transporteur.

L'installation d'inspection optique selon la présente invention positionne une tête optique à proximité des boîtes de boissons lorsqu'elles se déplacent dans la chaîne de fabrication sans gêner physiquement le déplacement ou
25 interagir avec lui. La tête optique détecte un nombre prédéterminé de couleurs différentes (par exemple rouge, bleue, jaune et verte) qui apparaissent dans un champ de vision prédéterminé de chaque boîte mobile. Comme indiqué, les boîtes ont des orientations aléatoires si bien que des
30 parties différentes de l'étiquette peuvent être visibles dans le champ de vision prédéterminé qui est fixe. La tête optique forme des signaux électriques analogiques correspondant à l'intensité de chaque couleur détectée.

Un ordinateur est utilisé pour le traitement de ces
35 signaux électriques analogiques provenant de la tête optique. L'ordinateur crée d'abord un nombre (égal à 28 dans le mode de réalisation préféré) de signatures en deux

couleurs d'après le nombre choisi de couleurs (quatre dans le mode de réalisation préféré). Lorsqu'un nombre suffisant de boîtes est passé devant la tête optique, et toutes les signatures en deux couleurs ont été entièrement créées, 5 l'ordinateur détecte les couleurs de chaque boîte successive et les compare à la signature colorée créée. Si le dessin coloré détecté se trouve en-dehors des signatures colorées créées, la boîte ne donne pas satisfaction et un signal d'erreur est formé.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est un schéma illustrant l'utilisation d'une seule tête optique pour l'apprentissage et l'inspection 15 de boîtes de boissons d'orientation aléatoire sur une chaîne de fabrication ;

la figure 2 est une vue éclatée en perspective des éléments optiques de la tête optique selon la présente invention ;

20 la figure 3 est une vue en élévation latérale des éléments optiques de la figure 2, représentant la disposition du point focal de la matrice détectrice dans l'image positive du premier ordre de l'étiquette ;

la figure 4 est un diagramme synoptique des éléments 25 du circuit électronique utilisés selon l'invention ;

la figure 5 est un schéma illustrant l'utilisation de trois têtes optiques selon l'invention dans une première variante ;

la figure 6 est un ordinogramme illustrant les 30 opérations mises en oeuvre par l'ordinateur selon l'invention pour l'apprentissage puis pour l'inspection automatique des étiquettes ;

les figures 7(a) et 7(b) sont des représentations graphiques des tables de consultation selon la présente 35 invention ; et

les figures 8(a) à 8(d) représentent diverses courbes réelles de données obtenues selon l'invention.

1. Généralités

La figure 1 représente la disposition générale d'une installation d'inspection optique selon l'invention. Plusieurs récipients 10, par exemple des boîtes de boissons, se déplacent sur une chaîne de fabrication 20 dans le sens de la flèche 120. Dans les chaînes habituelles de fabrication de boîtes de boissons, la chaîne transporteuse 20 se déplace à une grande vitesse, par exemple à 250 m/min, et donne un débit de boîtes pouvant atteindre 2 000 boîtes par minute. Chaque boîte (aussi appelée "objet" dans la suite du présent mémoire) a une étiquette colorée 12 qui a été placée sur les parois latérales de la boîte habituellement par une opération de revêtement, de peinture ou analogue. L'étiquette peut aussi être une étiquette de papier qui est fixée aux parois latérales cylindriques. L'étiquette peut être disposée sur la totalité des parois cylindriques de la boîte ou sur toute la longueur des parois latérales ou non. Les enseignements de la présente invention ne sont pas limités aux boîtes de boissons ou à d'autres récipients cylindriques analogues, car elles s'appliquent à la détection des défauts d'étiquettes plates, de timbres, de billets de banque, de conditionnements et d'autres articles colorés.

Sur la figure 1, chaque boîte 10 a une marque 30 placée sur l'étiquette au même point afin qu'il apparaisse que les boîtes 10 peuvent avoir une orientation aléatoire (ceci étant le cas habituellement) sur la chaîne de fabrication 20. La marque 30 est simplement utilisée à titre illustratif sur la figure 1 et elle n'est pas réellement placée sur l'étiquette. Cette orientation aléatoire des boîtes est due à un certain nombre de causes telles que les vibrations sur la chaîne 20, la disposition physique de la chaîne 20 en amont, etc. En outre, l'orientation aléatoire des boîtes peut résulter d'un espacement un peu irrégulier des boîtes comme aussi représenté sur la figure 1, les boîtes étant séparées par des distances D1 et D2. Les boîtes 30 peuvent être placées de manière non uniforme par

rapport à l'axe central CL. Il faut noter que la figure 1 accentue les irrégularités dues à l'orientation aléatoire des boîtes 10 sur la chaîne transporteuse 20. La présente invention permet l'inspection optique des étiquettes 12
5 malgré ce caractère aléatoire de l'orientation. La présente invention est manifestement capable de permettre l'inspection optique des étiquettes portées par les boîtes 10 sans contact physique de la boîte ni interférence avec la chaîne 20 de fabrication. La présente invention traite aussi des
10 objets d'orientation fixe, d'espacement fixe et de centre fixe.

La figure 1 représente le positionnement d'une tête optique 40 selon la présente invention à proximité des boîtes 10 lorsque les boîtes sont déplacées suivant le
15 trajet rectiligne 120 par le transporteur 20. Dans le mode de réalisation préféré, la tête optique 40 est placée à une distance d'environ 17,5 cm des boîtes mobiles. Une source lumineuse 50 est aussi présente. Cette source 50 transmet de la lumière 60 qui vient frapper la paroi latérale 90
20 d'une boîte 10 qui passe et forme de la lumière par réflexion dans une région spatiale de l'étiquette qui se trouve dans un champ de vision 70 qui est dirigé dans la tête optique 40. Des capteurs 80 sont disposés, par exemple avec une source lumineuse 80b et un photodétecteur 80a qui
25 détecte la présence d'une boîte 10 lorsqu'un faisceau lumineux 82 est interrompu. Un fond sombre 130, placé en face de la tête 40 du capteur avec la boîte entre elle, donne à la tête 40 du capteur une référence uniforme et stable entre les boîtes, afin que la dérive de l'amplifi-
30 cateur puisse être supprimée. Toute couleur uniforme convenable peut aussi être utilisée.

Comme représenté sur la figure 1, la tête optique 40 a des canaux 100 de signaux de couleur qui sont transmis aux circuits électroniques 110. Ce dernier traite ces
35 signaux de couleur en fonction de signaux de synchronisation transmis par une ligne 84 et, lors de la détection d'un défaut, il transmet un signal d'erreur par la ligne

120. Le signal d'erreur (ou de rejet) atteint normalement un appareillage disponible de refus qui retire les boîtes défectueuses de la chaîne de fabrication 20. Un dispositif de saisie 115 dans l'ordinateur (par exemple un clavier, 5 une souris, un écran tactile, un modem, etc.) et d'autres types de dispositifs de sortie (imprimante, écran, modem, etc.) sont interconnectés de manière classique avec le circuit électronique 110.

L'installation d'inspection optique d'étiquettes 10 selon la présente invention travaille de deux manières fondamentales. D'abord, la signature colorée caractéristique d'une étiquette de boîte particulière est déterminée ou apprise par l'installation par collecte de données d'un certain nombre de boîtes 10 lorsqu'elles se déplacent le 15 long de la chaîne transporteuse 20. Par exemple, la signature colorée caractéristique d'une étiquette peut être déterminée par passage de plusieurs centaines de boîtes. Comme décrit dans la suite, ce n'est pas un nombre prédéterminé de boîtes qui fixe le nombre réel de boîtes nécessaires à l'établissement de la signature colorée caractéristique, mais plutôt le fait que le nombre de boîtes est 20 suffisant pour que l'installation puisse tirer la conclusion que la boîte a une signature colorée caractéristique valable pour l'ensemble de l'étiquette. Lorsque la signature colorée caractéristique a été apprise, le second mode de fonctionnement est utilisé et, pendant celui-ci, les données de chaque boîte successive sont comparées à la signature colorée afin que le fait que la boîte 12 correspond à la signature colorée caractéristique ou non soit 30 déterminé. La boîte est rejetée en cas de réponse négative.

La présente invention présente l'avantage de permettre l'apprentissage de toutes les orientations possibles 30 de l'étiquette sur une boîte, et permet ainsi l'inspection de toutes les étiquettes des boîtes successives avec 35 une orientation quelconque. Sur la figure 1, la tête optique 40 comporte divers éléments qui reçoivent la lumière réfléchie dans le champ de vision 70, contenant une

image d'une zone spatiale particulière 91 de la paroi latérale 90 de l'étiquette 12 portée par le récipient 10. Lorsque la boîte 10 a la position convenable déterminée par les capteurs 80, le jeu de signaux analogiques électriques
5 apparaissant dans le canal 100, correspondant aux couleurs du champ de vision 70, est échantillonné. En outre, un échantillon d'obscurité est prélevé entre les boîtes afin qu'il permette une compensation de la dérive. Comme l'indique la figure 1, un angle pouvant atteindre 180° de la
10 surface spatiale 91 de l'étiquette 12 peut être inspecté avec une seule tête optique 40. Il faut bien comprendre que la tête optique 40 peut être réalisée afin qu'elle inspecte moins de 180° de l'étiquette 12. Comme indiqué sur la figure 5, plusieurs têtes optiques A, B et C peuvent être
15 utilisées afin qu'elles donnent une couverture de surface spatiale sur 360° , chaque tête optique étant responsable de 120° de la surface spatiale de l'étiquette. Sur la figure 5, les sources lumineuses 50 et le fond sombre 130 ne sont pas représentés afin que le champ d'inspection de chaque
20 tête optique 40 soit totalement indiqué.

Il faut bien comprendre que la présente invention n'est pas limitée au nombre de têtes optiques 40, bien que, dans le mode de réalisation préféré, une seule tête optique soit utilisée comme indiqué sur la figure 1. Il faut en
25 outre noter que, sur la figure 1, si un défaut apparaît sur une partie d'étiquette individuelle qui n'est pas inspectée optiquement, le défaut est oublié. Les défauts qui peuvent être détectés comprennent les taches localisées de peinture ou le maculage de la peinture, les erreurs localisées
30 d'étiquettes ou les erreurs non localisées telles que les dérives de la teinte des couleurs, des couleurs manquantes ou des défauts de structure de la boîte elle-même. Cependant, si le défaut est dû à un problème reproductible en amont dans la chaîne de fabrication, lorsque les boîtes 10
35 sont transmises avec une orientation aléatoire 30 sur la chaîne transporteuse 20, le défaut reproductible apparaît finalement dans le champ de vision de la tête optique et

est détecté. D'autre part, il faut bien comprendre que la disposition de la figure 2 assure une couverture de l'étiquette sur 360° sur la boîte 10 si bien que les défauts individuels apparaissant sur une étiquette peuvent toujours
5 être détectés, sur une boîte donnée.

2. Tête optique 40

Sur les figures 2 et 3, les éléments optiques de la tête 40 selon l'invention sont représentés. La tête optique 40 comporte une ouverture 200, des lentilles cylindriques
10 210 et 220, un réseau de diffraction 230, une lentille sphérique 240 et une matrice 250 de détecteurs. La lumière 70 provenant de la boîte 10 pénètre dans la tête 40 par une ouverture 200 de restriction et passe à travers les lentilles cylindriques 210 et 220. La lumière 222 qui quitte
15 la dernière lentille cylindrique 220 est collimatée. Dans le mode de réalisation préféré, les deux lentilles cylindriques 210 et 220 ont des distances focales de $-6,35$ mm et $+19$ mm. La lumière collimatée 222 parvient alors sur le réseau 230 de diffraction qui sépare la lumière 222 en ses
20 composantes spectrales 232. Dans le mode de réalisation préféré, le réseau 230 est un réseau réglé travaillant par transmission (six cents traits par millimètre, carré de 25 mm de côté). Tout autre élément travaillant par diffraction ou un prisme peut aussi être utilisé. La lumière
25 séparée 232 est alors transmise par une lentille sphérique 240 qui focalise la lumière sur la matrice de photodiodes 250. La lumière focalisée porte la référence 242 sur la figure 2. Dans le mode de réalisation préféré, la lentille sphérique a un diamètre de 25 mm et une distance focale de
30 30 mm.

Les photodiodes 250 forment deux lignes 260 et 270, chaque ligne contenant quatre photodiodes. Dans le mode de réalisation préféré, les photodiodes sont de préférence du type 7000POH08M de Advanced Optoelectronics. Ce mode de
35 réalisation contient huit photodiodes dans un seul conditionnement, chaque photodiode ayant un préamplificateur incorporé. La ligne inférieure de diodes 270 détecte la

lumière provenant de la partie supérieure 14 de la boîte 10 alors que la ligne supérieure de photodiodes 260 détecte la lumière réfléchie par la partie inférieure 16 de la boîte 10. Chaque diode de chaque ligne voit approximativement le
5 quart du spectre visible de la lumière diffractée.

En conséquence, comme représenté sur la figure 2, la ligne 260 détecte le rouge R, le jaune Y, le vert G et le bleu B, de gauche à droite. L'ensemble de signaux électriques analogiques provenant de chaque photodiode est
10 transmis par des canaux 100. En conséquence, la tête optique 40 selon l'invention, telle que représentée sur les figures 2 et 3, transmet quatre signaux analogiques de couleur pour la moitié supérieure 14 de la boîte 10 et quatre signaux analogiques de couleur pour la moitié
15 inférieure 16 de la boîte 10. Comme indiqué précédemment en référence à la figure 1, ceci correspond nominale-ment à un balayage de 180° d'une face 90 de la boîte 10. Dans le mode de réalisation de la figure 5, les trois ensembles à tête photosensible séparée 40a, 40b et 40c transmettent huit
20 signaux analogiques de couleur par tête pour une somme totale de vingt-quatre signaux.

La figure 3 représente en vue de dessus les éléments optiques de la tête optique 40 de la figure 2. Elle est importante parce qu'elle indique que l'image 232 du premier
25 ordre du réseau de diffraction est focalisée sur la matrice 250 des détecteurs, la partie supérieure 14 de la boîte 10 étant focalisée sur la ligne inférieure 270 et la partie inférieure 16 de la boîte 10 étant focalisée sur la ligne supérieure 260. Comme l'indique la figure 3, le détecteur
30 250 est placé dans la zone focale 300 dans l'image 232 du premier ordre. L'image d'ordre zéro provenant de la lentille sphérique 240 est placée en 310 et l'image négative du premier ordre est placée en 320. Le détecteur peut aussi être disposé dans la région focale 320. Il faut se rappeler
35 expressément qu'un prisme peut aussi être utilisé pour la séparation des couleurs (une seule image est obtenue dans ce cas).

En résumé, pour chaque boîte 10 qui passe au niveau de la tête optique 40, une zone spatiale particulière 91 de la boîte est observée et un jeu de huit signaux électriques analogiques est créé. Quatre canaux (rouge, jaune, vert et bleu) correspondant à la partie supérieure 14 de la boîte 10 et quatre canaux (rouge, jaune, vert et bleu) correspondant à la partie inférieure 16 de la boîte 10 sont formés pour la face 90 tournée vers la tête optique. Chaque signal électrique analogique correspond au contenu coloré placé à la partie supérieure 14 ou à la partie inférieure 16 de la face 90 de la boîte 10.

La lumière réfléchie qui est reçue provient de la source lumineuse 50. La lumière 60 a un contenu spectral étendu couvrant toutes les couleurs intéressantes. Les détails de l'étiquette de la boîte modifient les intensités des diverses longueurs d'onde de la lumière 70 qui est réfléchie par l'étiquette de la boîte et pénètre dans la tête 40 du capteur. L'amplitude d'altération des signaux de couleur par rapport aux niveaux nominaux par un détail d'une étiquette individuelle dépend des détails des étiquettes, du champ de vision, etc. Par exemple, si la moitié supérieure de la boîte 90 est entièrement peinte en rouge et la moitié inférieure entièrement en bleu, les amplitudes analogiques relatives des signaux de sortie seraient une amplitude importante pour la composante R_T , et de petites amplitudes pour les composantes Y_T , G_T et B_T , avec des petites amplitudes pour les composantes R_B , Y_B et G_B et une grande amplitude pour la composante B_B . La description qui précède est un cas extrême mais qui illustre bien les enseignements de l'invention.

Il faut bien comprendre que la présente invention peut être mise en oeuvre sans séparation de la boîte 10 en moitiés supérieure et inférieure. En d'autres termes, les signaux R , Y , G et B peuvent être créés par simple détection des couleurs de toute la zone spatiale de l'étiquette dans le champ de vision 70.

Comme indiqué précédemment, entre les échantillons des boîtes, un échantillon d'obscurité est obtenu et donne des niveaux de référence pour les deux ensembles des quatre signaux de sortie de couleur. L'utilisation de cet échantillon d'obscurité est décrite plus en détail dans la suite.

Il faut aussi bien comprendre que la tête optique représentée sur les figures 2 et 3 comprend un ensemble d'éléments optiques convenables pouvant travailler de manière analogue pour la mise en oeuvre des enseignements de l'invention. Par exemple, un répartiteur de faisceau peut être utilisé pour diviser la lumière réfléchie en quatre trajets optiques séparés, chaque trajet ayant un filtre séparé d'une couleur déterminée. En outre, les couleurs détectées ne sont pas limitées à quatre ni aux couleurs rouge, verte, jaune et bleue. Tout nombre convenable de couleurs ou toute sélection convenable de couleurs peut être utilisé.

3. Composants électroniques

La figure 4 représente les composants électroniques mis en oeuvre selon l'invention. Les ensembles de signaux sont transmis vers les canaux 100 du détecteur aux amplificateurs 400. Ces derniers sont interconnectés par des lignes 402 à des circuits d'échantillonnage et de maintien 410 qui sont eux-mêmes connectés par des lignes 412 au convertisseur analogique-numérique multiplexeur 420. Le convertisseur 420 et le circuit d'échantillonnage et de maintien 410 reçoivent les signaux de position de boîte par des lignes 34 à partir du capteur 80 de boîte. Les ensembles de données numériques sont alors transmis par le bus 422 à l'ordinateur 430 qui crée les signaux convenables de rejet (erreur), le cas échéant par la ligne 120.

Les signaux électriques de couleur des lignes 100 sont amplifiés. L'amplification est réalisée avec des amplificateurs 400 qui sont placés par exemple dans la tête optique 40. Les signaux peuvent être transmis par un câble à un circuit distant d'échantillonnage et de maintien 410.

Dans le mode de réalisation préféré, on utilise un circuit d'amplification à quatre étages. Le premier étage d'amplification est une partie incorporée au capteur 250. Le second étage donne un gain des signaux d'environ 90 V/V, le troisième étage donne un gain nominal d'environ 12 V/V avec un décalage et un gain réglables, et le quatrième étage donne un gain de 1 V/V. De nombreuses réalisations convenables d'amplification peuvent être utilisées.

Les circuits d'échantillonnage et de maintien sont déclenchés par le signal de position de boîte apparaissant dans la ligne 84 si bien que, chaque fois que le signal de position de boîte est créé, les signaux électriques 100 de la matrice détectrice 250 sont échantillonnés et mémorisés. En conséquence, huit signaux électriques de couleur sont échantillonnés (un par canal) pour chaque boîte lue. Des échantillons sont aussi prélevés entre les boîtes, et on les appelle échantillons "d'obscurité". Les échantillons d'obscurité sont utilisés pour la suppression de la dérive de l'installation due aux variations de température, etc.

Le capteur 80 de position de boîte crée, par une ligne 84, un signal qui provoque la collecte des données des huit signaux de couleur du canal 100 par les circuits 410 d'échantillonnage et de maintien et les convertisseurs analogiques-numériques 420. Le capteur 80 de position de boîte est disposé afin que, lorsqu'une boîte vient d'abord recouper le faisceau lumineux 82, ni elle ni la boîte précédente ne se trouvent dans le champ de vision 70 de la tête 40. Lorsque le faisceau 82 est interrompu, le signal de la ligne 84 provoque la collecte des données de signaux de couleur par le circuit 410 d'échantillonnage et de maintien et le circuit convertisseur 420. Comme seul le fond sombre 130 est observé par le capteur, ces données constituent un échantillon d'obscurité. Lorsque la boîte quitte le faisceau 82, elle se trouve au centre du champ de vision 70 de la tête formant capteur. Le signal de la ligne 84 provoque alors l'échantillonnage des signaux de couleur

du canal 100. Ces données sont utilisées pour la détermination des caractéristiques de l'étiquette de la boîte. En conséquence, des échantillons d'obscurité sont collectés entre les boîtes. Il faut noter que d'autres ensembles de synchronisation peuvent être utilisés et que la présente invention n'est pas limitée à cette approche.

Le convertisseur analogique-numérique multiplexeur 420 transforme les valeurs électriques analogiques des signaux de couleur en valeurs numérisées binaires correspondantes qui sont alors transmises par les lignes 422 à l'ordinateur 430. Le convertisseur et le circuit d'échantillonnage et de maintien sont activés par le signal de position de boîte de la ligne 84. Dans le mode de réalisation préféré, le circuit 410 et le convertisseur 420 font partie d'un seul composant de Analog Devices, de référence RTI860. Le convertisseur 420 numérise les signaux analogiques sur 12 bits avec une résolution de 4,88 mV. En conséquence, pour chaque ensemble de huit échantillons (c'est-à-dire l'échantillon de boîte ou d'obscurité), 96 bits de données sont créés.

L'ordinateur reçoit des données numérisées par le bus 422 et, le cas échéant, crée un signal de rejet de boîte par la ligne 120 ou une autre information convenable d'inspection de sortie transmise par la voie d'entrée-sortie 115. Dans le mode de réalisation préféré, l'ordinateur 430 est un ordinateur personnel à base de microprocesseur 80286 ayant 640 kilooctets de mémoire.

Il faut bien comprendre que les composants électroniques 110 représentés sur la figure 4 peuvent être de toute réalisation convenable qui donne le fonctionnement et les résultats décrits. Les enseignements de l'invention ne sont pas limités à la configuration particulière représentée sur la figure 4.

4. Fonctionnement

La figure 6 représente un ordinogramme de la mise en oeuvre de l'invention. Deux modes de fonctionnement sont indiqués. Dans le premier mode, le système de l'invention

apprend la signature colorée de l'étiquette et la construit et, dans le second mode, le système de l'invention inspecte les étiquettes des boîtes individuelles.

Avant le passage au pas 610, le logiciel initialise
5 l'installation en mettant les variables de traitement et les paramètres de mise en oeuvre aux valeurs par défaut. Selon l'invention, un menu destiné à l'opérateur est affiché et permet toujours à l'opérateur de régler manuellement les paramètres du fonctionnement. Après l'initiali-
10 sation, l'installation passe au pas 610. A celui-ci, l'ordinateur 430 commande le convertisseur 420 afin qu'il collecte un certain nombre d'échantillons de boîtes successivement. Lorsque le nombre voulu d'échantillons (une centaine environ) a été collecté, l'ordinateur passe au pas
15 620 et inspecte les données pour déterminer le décalage en courant continu de chacun des huit canaux et l'amplitude de variation du signal dans chaque canal. Cette information, lorsqu'elle a été déterminée, est conservée dans la mémoire de l'ordinateur pour être utilisée dans des opérations
20 ultérieures. Lorsque le pas 620 a été exécuté, l'ordinateur commence l'opération réelle d'apprentissage et de comparaison dans laquelle les pas 630 à 675 sont exécutés une fois par passage d'une boîte.

Au pas 630, un échantillon d'obscurité est collecté.
25 A ce pas, l'ordinateur 430 dirige le convertisseur 420 afin qu'il obtienne un échantillon de données du circuit 410 lorsque le faisceau 82 du capteur 80 est d'abord coupé par le bord antérieur d'une boîte 10. Lorsque ce faisceau est interrompu, le champ de vision 70 est positionné entre les
30 boîtes si bien qu'un échantillon d'obscurité est prélevé. L'ordinateur 430 mémorise ces valeurs.

Au pas 640, l'ordinateur 430 commande le convertisseur 420 afin qu'il transfère les données échantillonnées lorsque le faisceau 82 est détecté à nouveau (c'est-à-dire
35 que le bord postérieur de la boîte 10 passe et permet à nouveau la transmission du faisceau). En conséquence, la boîte 10 se trouve directement dans le champ de vision de

la tête optique. A ce moment, l'ordinateur conserve en mémoire les valeurs provenant des canaux 100 correspondant à la partie de signature colorée de cette boîte. Il faut noter que, comme indiqué précédemment, les distances entre les boîtes peuvent varier. Cependant, une distance minimale entre les boîtes est nécessaire dans l'installation selon la présente invention pour l'obtention des "échantillons d'obscurité".

Le pas 650 est alors utilisé et l'installation corrige la dérive. Pour chaque canal, la valeur de l'échantillon d'obscurité est soustraite de la valeur de l'échantillon de boîte. Ceci supprime les effets de la dérive dans les amplificateurs, des variations à long terme de l'intensité de la lampe, et d'autres facteurs variables qui peuvent affecter la validité de la lecture de couleur. Ceci se produit pour chaque boîte et donne donc des données très stables. L'utilisation des échantillons d'obscurité donne une meilleure résolution pour l'analyse des données créées selon la présente invention. Cependant, les enseignements de la présente invention peuvent être utilisés sans les échantillons d'obscurité.

Le pas 660 est alors exécuté. Les décalages dans chaque canal, déterminés au pas 620, sont supprimés et un changement d'échelle est appliqué à chaque canal comme indiqué par la dynamique des signaux calculés au pas 620. Ces opérations sont utilisées pour l'accentuation des variations des signaux dues aux caractéristiques des étiquettes. Les fonctions de suppression des décalage et de changement d'échelle sont fixées par les modes de fonctionnement d'apprentissage et d'inspection.

Le pas 670 est alors utilisé et une décision détermine quel mode de fonctionnement doit être utilisé. Il s'agit d'une détermination automatique réalisée par l'ordinateur 430 ou un dispositif manuel peut être sélectionné par l'utilisateur selon l'invention. Lors du fonctionnement normal cependant, l'ordinateur 430 prend la décision.

A. Mode d'apprentissage

Au pas 680, les valeurs des huit canaux 100 sont prélevées par deux à la fois et sont utilisées pour l'adressage des emplacements dans la mémoire. De cette
5 manière, des tables bidimensionnelles de consultation sont formées. Une table existe dans la mémoire pour chaque combinaison de deux canaux de données.

Des implantations bidimensionnelles des données sont obtenues à partir d'une implantation des huit canaux de
10 données 100 d'après les données d'un canal différent. Avec huit canaux de données, un nombre total de 28 tables de consultation peut être construit. En conséquence, selon les enseignements de l'invention, le nombre réel de tables de données vérifiées ultérieurement pendant l'inspection peut
15 atteindre 28. Un grand nombre de tables de données sélectionnées augmente la sensibilité du processus d'inspection, les 28 tables complètes donnant la plus grande sensibilité. Le nombre total de 28 tables peut être construit comme indiqué dans la suite.

Numéro de table		Combinaison de couleurs
5	1	R _T R _B
	2	R _T Y _B
	3	R _T Y _T
	4	R _T G _B
	5	R _T G _T
10	6	R _T B _T
	7	R _T B _B
	8	R _B Y _B
	9	R _B Y _T
	10	R _B G _B
15	11	R _B G _T
	12	R _B B _B
	13	R _B B _T
	14	Y _T Y _B
	15	Y _T G _B
20	16	Y _T G _T
	17	Y _T B _B
	18	Y _T B _T
	19	Y _B G _B
	20	Y _B G _T
25	21	Y _B B _B
	22	Y _B B _T
	23	G _B G _T
	24	G _B B _B
	25	G _B B _T
30	26	G _T B _B
	27	G _T B _T
	28	B _B B _T

Dans le tableau, R, B, G et Y désignent respecti-
 vement des couleurs rouge, bleue, verte et jaune, et les
 indices B et T la partie inférieure et la partie supérieure
 respectivement. Il faut noter qu'un nombre plus grand ou
 35 plus petit que quatre couleurs peut être sélectionné, si
 bien que des nombres différents de tables peuvent être
 créés. Par exemple, cinq couleurs pour chaque moitié de la

boîte (c'est-à-dire dix canaux) donnent 45 tables de consultation.

Bien que le mode de réalisation préféré utilise des tables bidimensionnelles, il faut noter que des tables de dimension quelconque peuvent être utilisées. En outre, bien que l'invention utilise séparément des signaux analogiques de couleur différents pour les parties supérieure et inférieure de la boîte 10, il faut noter que la tête optique peut analyser un nombre de parties plus grand ou plus petit que deux, par disposition différente des éléments optiques. Chaque adresse résultante d'une table individuelle de deux couleurs pointe sur un bit unique de la mémoire. Ceci est représenté sur les figures 7(a) et 7(b).

Sur la figure 7(a), le tableau correspond à la combinaison de couleurs R_T R_B . On suppose au pas 680 qu'un balayage individuel de la région spatiale 91 de la boîte 10 a été réalisé. Les valeurs résultantes R_T et R_B sont utilisées pour l'implantation du tableau 1 aux emplacements j et b , j étant égal à la valeur numérique en volts de la couleur rouge depuis le haut de la boîte et b étant égal à la valeur numérique en volts de la couleur rouge depuis la partie inférieure de la boîte. Comme l'indique la figure 7(a), une valeur 1 est placée dans le tableau 1. Elle fait partie d'une signature globale de couleur qui est représentée par les rectangles hachurés 700.

En mode d'apprentissage, l'emplacement j , b est adressé et le bit de la mémoire est mis à l'état logique 1. Suivant l'importance de la prolifération (telle que spécifié par l'un des paramètres opérationnels), un certain nombre de bits supplémentaires entourant le bit central est aussi mis à 1. La prolifération "1" provoque la mise à 1 des huit bits contigus voisins. La prolifération "2" provoque la mise à 1 des vingt-quatre bits contigus voisins. La prolifération est utilisée comme technique de traitement pour le remplissage des parties manquantes de la courbe 700 de signature de couleur si bien que le cycle

d'apprentissage, décrit plus en détail par ailleurs, est raccourci. Sur la figure 7(b), le "1" saisi à la figure 7(a) est représenté avec une prolifération "1" D1. Pour une prolifération "1", les huit bits contigus voisins autour du
5 bit j, b sont mis automatiquement à 1 au pas 680.

Comme l'indique la figure 7(b), deux positions adjacentes à la saisie précitée en j, b se trouvent aussi sur la courbe 700 de signature. Ces deux saisies adjacentes sont appelées 702 et 704. Manifestement, si aucune prolifé-
10 ration n'était utilisée pour l'écriture du bit central en j, b, des lectures supplémentaires devraient être collectées par l'installation afin qu'elles comprennent finalement les bits 702 et 704. Si la prolifération est utilisée lors de l'écriture dans les tables, les bits adjacents sont
15 mis à 1 si bien que le nombre de balayages nécessaires pour la construction d'un ensemble de tables de signature est notablement réduit. L'effet de la prolifération sur les opérations ultérieures d'inspection peut aussi être observé dans l'exemple de la figure 7(b). En plus de la collection
20 des bits adjacents, la prolifération élargit la courbe de la signature résultante.

Lors de l'inspection d'une étiquette, lorsque le point résultant de données est proche de la courbe nominale 700 de la signature, si aucune prolifération n'était
25 appliquée aux données d'implantation lors de l'écriture, l'inspection ne reconnaîtrait pas l'étiquette. Si les données d'implantation avaient subi une prolifération, l'inspection accepterait l'objet. Ainsi, la sensibilité selon l'invention peut aussi être ajustée à l'aide du
30 niveau de prolifération. Le programme passe alors au pas 690.

Lorsque les résultats de chaque balayage ont été écrits dans les tables, le processus de construction de la signature colorée est contrôlé au pas 690. Le but de cette
35 opération est l'évaluation de la progression de l'apprentissage. Le pas 605 est alors exécuté. A ce pas et en

fonction des résultats du pas 690, les paramètres opérationnels sont ajustés. Si le nombre de balayages antérieurs ne provoquant aucune nouvelle saisie dans une table est égal à un seuil prédéterminé, le processus d'apprentissage
5 est considéré comme terminé et le mode 670 est commuté au mode d'inspection. Ceci est décrit et représenté plus en détail dans la suite. Il suffit de noter pour l'instant que, lorsqu'une série d'ensembles de données obtenue en mode d'apprentissage n'ajoute pas de nouvelles informations
10 dans les tables construites (c'est-à-dire lorsqu'un seuil a été atteint), la signature colorée de l'étiquette a été construite en totalité.

Enfin, étant donné la division entre les ensembles supérieur et inférieur de signaux provenant du champ de
15 vision, la présence de la même couleur peut être comparée avec chaque ensemble $R_T R_B$, $G_T G_B$, $Y_T Y_B$, $B_T B_B$ pour la création d'une signature originale colorée. En outre, les couleurs supérieures peuvent être comparées aux couleurs inférieures pour la création d'une signature originale de
20 couleur $R_T G_B$, $R_T B_B$, $R_T Y_B$, etc. Cette nouvelle approche accroît la sensibilité aux défauts, c'est-à-dire par comparaison pratiquement d'un signal de couleur d'une zone de l'étiquette à un signal de couleur d'une autre zone de l'étiquette.

25 B. Mode d'inspection

Après la construction de la signature de couleur, le programme passe au pas 615. Chaque nouvelle boîte qui peut être lue donne des valeurs analogiques de signaux de sortie de couleur par les canaux 100, ces signaux étant alors
30 transformés en valeurs numériques de couleur et comparés aux signatures de couleur conservées dans les tables. En conséquence, les valeurs des huit canaux 100 sont à nouveau considérées deux par deux et utilisées pour l'adressage des emplacements dans les tables associées. L'ordinateur
35 vérifie toutes les tables de cette manière et détermine quels bits sont à 1 (indiquant qu'une combinaison particulière de valeurs de données a déjà été apprise).

Le programme passe au pas 625. Les résultats des comparaisons des tables sont utilisés pour l'évaluation du fait que la boîte particulière lue est satisfaisante ou non. Les paramètres opérationnels prédéterminés spécifient si les données des boîtes échantillonnées doivent donner un résultat positif pour toutes les tables, pour un certain nombre de tables ou pour un sous-ensemble particulier de tables pour être considérées comme convenables. Une des caractéristiques de la présente invention est la possibilité de la modification de la sensibilité de la détection des défauts. En conséquence, au pas 635, si une erreur est déterminée, le pas 645 transmet un signal de rejet, un signal d'alarme ou une autre indication convenable d'erreur. Le pas 625 permet aussi la création de statistiques nécessaires de nombre de boîtes satisfaisantes et défectueuses par calcul pendant un nombre prédéterminé de lectures consécutives antérieures. Il s'agit d'une autre métrique qui peut être utilisée dans le bloc de décision 635 pour la détermination du fait qu'une condition d'erreur de traitement existe ou non.

Le programme passe alors au pas 655. Un terminal d'affichage vidéo est éventuellement utilisé afin que les données d'apprentissage ou d'inspection puissent être observées par l'opérateur.

Enfin, le programme passe au pas 665. L'opérateur peut utiliser un dispositif 115 de saisie afin qu'il interrompe le fonctionnement de l'installation. Dans le cas contraire, l'installation continue à fonctionner au pas 675.

30 C. Données des boîtes réelles

Les figures 8(a) à 8(d) indiquent quatre courbes représentant des parties de données d'une signature de boîte "DR. PEPPER". Elle peut être placée dans le champ de vision 70 du capteur et tournée simplement de 720° alors que les échantillons de données sont collectés, pour la création des signatures de couleur. La figure 8(a) représente le signal analogique de sortie pour deux canaux de

données. La courbe supérieure 800 correspond à la valeur de la couleur rouge de la partie inférieure 16 de la boîte, appelée R_B . La courbe inférieure 810 représente le signal de couleur du canal correspondant au signal de couleur rouge de la moitié supérieure 14 de la boîte 10, comme indiqué par R_T . La figure 8(b) représente les mêmes données que la figure 8(a) après suppression du décalage au pas 660 et changement d'échelle. Sur la figure 8(a), l'axe des abscisses représente un lot de 3000 échantillons et l'échelle des ordonnées est comprise entre 0 et 10 V. Sur la figure 8(b), l'échelle verticale représente alors un écart total de 0,833 V pour 3 000 échantillons, accentuant clairement les variations de couleur.

La figure 8(c) indique la table bidimensionnelle en mémoire pour $R_T R_B$ sans prolifération. Une proportion importante de la courbe 830 de signature de couleur a un espace libre entre des points adjacents de données et si cette table était utilisée pour l'inspection des boîtes, une grande proportion de boîtes bonnes serait considérée obligatoirement comme défectueuse. Il est clair, par inspection de la figure 8(c) que, dans ces conditions, 3 000 échantillons ne sont pas suffisants pour le processus d'apprentissage si bien que la signature 830 de la figure 8(c) n'a pas été totalement construite. En fait, pour que la courbe 830 d'apprentissage soit totalement construite, il faudrait de nombreuses dizaines de milliers d'échantillons de boîtes en plus.

La figure 8(d) représente l'utilisation d'une prolifération égale à "5" lors de l'écriture dans la table de données. Pour une prolifération égale à 5, 80 bits contigus voisins sont mis à 1 pour chaque point mesuré. Comme on peut le noter, il n'existe aucun espace dans la courbe de la figure 8(d) et l'utilisation d'une prolifération égale à 5 permet un processus d'apprentissage dans cet exemple "DR. PEPPER" qui peut être réalisé après 3 000 échantillons. Manifestement, la prolifération peut être utilisée pour l'accélération du processus d'apprentissage.

Il est utile maintenant de décrire les points désignés par les références 0 à 9 sur les figures 8(b) et 8(c). Sur la figure 8(b), les points 0 à 9 désignent un ensemble de points représentant une rotation unique de 360° de la boîte "DR. PEPPER". Elle représente des points séparés en rotation (c'est-à-dire à 360° autour de la boîte). Ces points sont alors indiqués sur la figure 8(c) sous forme de points séparés sur la courbe 830 de signature de couleur. Ils forment simplement des sous-ensembles des 3 000 points collectés au total. Lorsque la boîte tourne dans cet exemple (ou lorsque chaque boîte passe en face de la tête optique 40 dans la chaîne de fabrication) de nouvelles données sont ajoutées à la courbe 830 de signature. Les nouvelles données peuvent être simplement un bit unique ou plusieurs bits dans le cas de l'utilisation d'une prolifération. Lorsqu'aucune nouvelle combinaison de données n'a été détectée (c'est-à-dire dans une chaîne de fabrication lorsque 2 000 boîtes sont passées devant la tête optique), le processus d'apprentissage est terminé.

En plus de la prolifération, certaines autres opérations morphologiques, telles que l'érosion, la liaison point-bord, etc. peuvent être utilisées pour l'accélération du processus d'apprentissage. En plus de l'accélération du processus d'apprentissage, ces opérations peuvent être utilisées pour la variation de la sensibilité d'une opération suivante d'inspection par élargissement artificiel ou amincissement des données apprises.

En conclusion, la figure 6 est un diagramme synoptique des fonctions de traitement de données exécutées par l'ordinateur 430. Les huit canaux 100 des signaux numérisés sont rassemblés pour chaque boîte par la tête optique. Comme indiqué sur la figure 6, l'opération est automatique, l'installation apprenant d'abord les signatures de couleur d'une étiquette de boîte et, une fois terminé le processus d'apprentissage, elle commute automatiquement au début de l'inspection. Normalement, l'opérateur déclenche uniquement le processus d'inspection, toutes les fonctions étant

automatiques. Il faut cependant noter que des variantes de ce processus peuvent être utilisées et que l'opérateur peut commander manuellement l'apprentissage par l'installation de signatures de couleur d'une étiquette, et peut ensuite
5 provoquer manuellement le passage de l'installation en début d'inspection.

En outre, le procédé utilisé par l'ordinateur 430 pour la mémorisation des données apprises présente l'avantage de permettre la prise et la mémorisation d'un nombre
10 illimité de points de données qui sont appris. Chaque table doit seulement être suffisamment grande pour contenir la gamme voulue de valeurs de données pour chaque canal. Ainsi, toutes les données apprises sont implantées dans chaque table indépendamment de la quantité de données
15 collectées. En outre, la simplicité du traitement de données pour les opérations d'apprentissage et d'inspection permet l'exécution de l'apprentissage et de l'inspection à des vitesses de transport extrêmement élevées telles que 2 000 boîtes par minute.

20 Il faut noter, d'après la description qui précède, que l'installation selon l'invention peut être utilisée soit pour le contrôle d'un processus par inspection d'une série de boîtes, soit comme outil d'inspection d'une seule boîte. Lorsque l'invention est utilisée comme appareil de
25 contrôle d'un processus, la sensibilité de l'installation est ajustée afin qu'elle soit maximale et le seuil de défaut est tel qu'un indicateur d'alarme est obtenu lorsqu'une dérive des signatures des étiquettes est détectée pendant un certain nombre de passages de boîtes.

30 Dans l'application à l'inspection d'une seule boîte, l'installation selon la présente invention a sa sensibilité de défaut qui est ajustée pour la création d'un indicateur de refus d'étiquette unique ayant des signatures de couleur nettement différentes de la signature apprise. Dans une
35 telle application, l'ordinateur peut créer les signaux nécessaires au pilotage d'un mécanisme de refus de boîtes,

non représenté, destiné à retirer la boîte de la chaîne de fabrication.

La présente invention peut être utilisée pour l'inspection d'articles ayant des signatures qui ne varient pas, ainsi que ceux qui ont des signatures qui varient. Dans ce cas, l'apprentissage est extrêmement rapide et ne nécessite que quelques balayages. L'inspection de feuilles continues de matières telles qu'un métal revêtu, est un exemple. Le capteur de position de boîte est remplacé par un train d'impulsions d'horloge ou par le signal d'un codeur d'arbre commandant l'installation selon l'invention afin qu'elle effectue une inspection périodique ou pour chaque avance d'une certaine distance.

La résolution de l'inspection du capteur selon la présente invention dépend des détails de l'objet inspecté, des dimensions du champ de vision, du nombre de boîtes utilisé pour le processus d'apprentissage, et de l'amplitude de la prolifération utilisée lors de l'écriture dans les tables. Bien qu'on puisse facilement déterminer que l'invention détecte des défauts qui remplissent le champ de vision instantané de l'un des éléments détecteurs, la détermination des dimensions minimales d'un défaut qui peut être détecté est presque impossible. Au cours d'expériences de laboratoire dans lesquelles le système de l'invention a assuré l'observation de presque 180° de la circonférence de la boîte à chaque passage, de petits défauts d'étiquettes créés par disposition de morceaux de 1 cm de côté de ruban sur la boîte ont été détectés avec un pourcentage élevé. On peut prévoir que des défauts plus petits de dessins analogues seraient détectés si des champs de vision individuels plus petits étaient utilisés.

REVENDECATIONS

1. Installation d'inspection optique destinée à inspecter la présence de défauts dans des étiquettes de couleurs identiques, l'installation étant caractérisée en
5 ce qu'elle comprend

un dispositif (20) de transport des étiquettes, les étiquettes ayant une orientation aléatoire sur un dispositif de transport,

un dispositif (40, 50, 80) placé à proximité des
10 étiquettes lorsque les étiquettes d'orientation aléatoire sont transportées par le dispositif de transport afin qu'il détecte, dans chacune des étiquettes, indépendamment de la vitesse du dispositif de transport, la présence d'un nombre choisi de couleurs (R, B, Y, G) apparaissant dans un champ
15 de vision prédéterminé (70) d'une zone spatiale de chaque étiquette, le dispositif de détection produisant un ensemble de signaux électriques analogiques pour chacune d'un nombre choisi de couleurs détectées dans le champ de vision prédéterminé dans la zone spatiale de chaque éti-
20 quette, et

un dispositif (110) connecté au dispositif de détection et destiné au traitement de chaque ensemble de signaux électriques analogiques, le dispositif de traitement comportant en outre :

25 (a) un dispositif (680, 690, 605) destiné à créer une signature multidimensionnelle de couleur (830) pour toute la surface de l'étiquette en fonction du nombre choisi de couleurs, la signature multidimensionnelle de couleur étant entièrement créée lorsqu'un nombre suffisant
30 d'étiquettes orientées aléatoirement sont passées devant le dispositif de détection de manière que toute la surface de l'étiquette ait été détectée, et

(b) un dispositif (615, 625, 635) de comparaison du signal électrique analogique à la signature multidimensionnelle de couleur qui est créée, le dispositif de traitement
35 transmettant un signal de défaut lorsqu'une combinaison voulue de plusieurs couleurs des signaux électriques

analogiques ne correspond pas à la signature multidimensionnelle de couleur.

2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le dispositif de traitement comporte en
5 outre

un dispositif (410) connecté au dispositif de détection et destiné à contenir chaque ensemble de signaux électriques analogiques provenant du dispositif de détection, et

10 un dispositif (20) connecté au dispositif destiné à contenir (410) et destiné à transformer chaque ensemble de signaux électriques analogiques contenus en un ensemble de signaux numériques correspondants pour chaque couleur du nombre choisi de couleurs.

15 3. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le dispositif de détection comporte en outre

une ouverture (200) destinée à limiter la lumière de la zone spatiale qui se trouve dans le champ prédéterminé d
20 vision,

une paire de lentilles cylindriques (210, 220) qui reçoivent cette lumière limitée provenant de l'ouverture et sont destinées à collimater cette lumière,

un réseau de diffraction (230) qui reçoit la lumière
25 collimatée de la paire de lentilles diélectriques et destiné à diffracter la lumière collimatée,

une lentille sphérique (240) qui reçoit une image du premier ordre de la lumière diffractée et qui est destinée à focaliser l'image du premier ordre, et

30 une matrice détectrice (250) placée dans la région focale de l'image du premier ordre.

4. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le dispositif de détection comporte en
outre

35 un dispositif (50) destiné à créer de la lumière sur les étiquettes d'orientation aléatoire,

un capteur (40) destiné à recevoir la lumière réfléchie par chacune des étiquettes d'orientation aléatoire, la lumière réfléchie comprenant la lumière du dispositif générateur, et

- 5 un dispositif (130) placé en face du dispositif de détection et derrière chacune des étiquettes d'orientation aléatoire afin qu'il forme un fond sombre uniforme.

5. Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce qu'elle comprend

- 10 un dispositif (80) de détermination de la présence de chaque étiquette, destiné à transmettre des signaux de commande,

des dispositifs de détection étant connectés au dispositif de détermination et étant destinés à recevoir
15 les signaux de commande afin qu'ils créent un premier ensemble de signaux électriques analogiques pour chaque couleur du nombre choisi de couleurs lorsque chacune des étiquettes d'orientation aléatoire est transportée par le dispositif de transport dans le champ prédéterminé de
20 vision, et un second ensemble de signaux électriques analogiques pour chaque couleur du nombre choisi de couleurs lorsque l'espace compris entre les étiquettes d'orientation aléatoire se trouve dans le champ prédéterminé de vision, si bien qu'un ensemble de signaux élec-
25 triques analogiques de référence correspondant au fond sombre uniforme est obtenu.

6. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'ensemble de signaux électriques analogiques comprend un premier sous-ensemble de signaux de
30 couleur pour une première zone élémentaire de la zone spatiale et un second sous-ensemble de signaux de couleur pour une seconde zone élémentaire de la zone spatiale.

7. Installation selon la revendication 6, dans laquelle le premier sous-ensemble de couleurs comprend les
35 couleurs verte, jaune, bleue et rouge, et le second sous-ensemble de couleurs comprend les couleurs verte, jaune, bleue et rouge.

8. Installation selon la revendication 6, caractérisée en ce que le dispositif générateur forme des signatures bidimensionnelles séparées de couleur entre le premier et le second sous-ensemble de signatures de
5 couleur.

9. Procédé d'inspection optique de défauts d'une étiquette colorée (12) placée sur les parois latérales de boîtes cylindriques (10) de boissons, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

10 le transport (20) des boîtes de boissons suivant un trajet (120), les boîtes de boissons ayant des orientations aléatoires (30), ayant un espacement irrégulier (D1, D2) entre les boîtes de boissons et étant placées irrégulièrement par rapport à l'axe central (CL) du trajet linéaire,

15 la détection, dans la lumière réfléchie par l'étiquette colorée de chaque boîte de boisson, de la présence d'un nombre choisi de couleurs (R, B, Y, G) apparaissant dans un champ de vision prédéterminé (70) lorsque les boîtes se déplacent suivant le trajet,

20 la création d'un premier signal (100) pour chaque couleur du nombre choisi de couleurs de la lumière réfléchie,

la production d'un second signal pour chaque couleur du nombre choisi de couleurs lorsque le champ de vision se
25 trouve entre des boîtes successives de boissons,

la correction du premier ensemble de signaux d'une dérive en fonction du second ensemble de signaux,

la création de plusieurs signatures à deux couleurs d'après le nombre choisi de couleurs des signaux corrigés,
30 les signatures à deux couleurs (830) étant créées entièrement lorsqu'un nombre suffisant de boîtes de boissons est passé devant le dispositif de détection si bien que toutes les zones spatiales de l'étiquette ont été détectées,

la comparaison (615, 625, 635) des signaux électriques analogiques à plusieurs signatures créées à deux
35 couleurs, et

la transmission d'un signal d'erreur (120) lorsqu'une combinaison voulue à deux couleurs des signaux électriques analogiques ne correspond pas à la signature correspondante de la combinaison à deux couleurs.

5 10. Procédé d'inspection optique de défauts d'étiquettes colorées (12), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

le transport (20) d'étiquettes d'orientation aléatoire le long d'un trajet (120),

10 la détection, dans la lumière réfléchie par l'étiquette colorée, de la présence d'un nombre choisi de couleurs (R, B, Y, G) apparaissant dans un champ de vision prédéterminé (70) lorsque les étiquettes se déplacent le long du trajet,

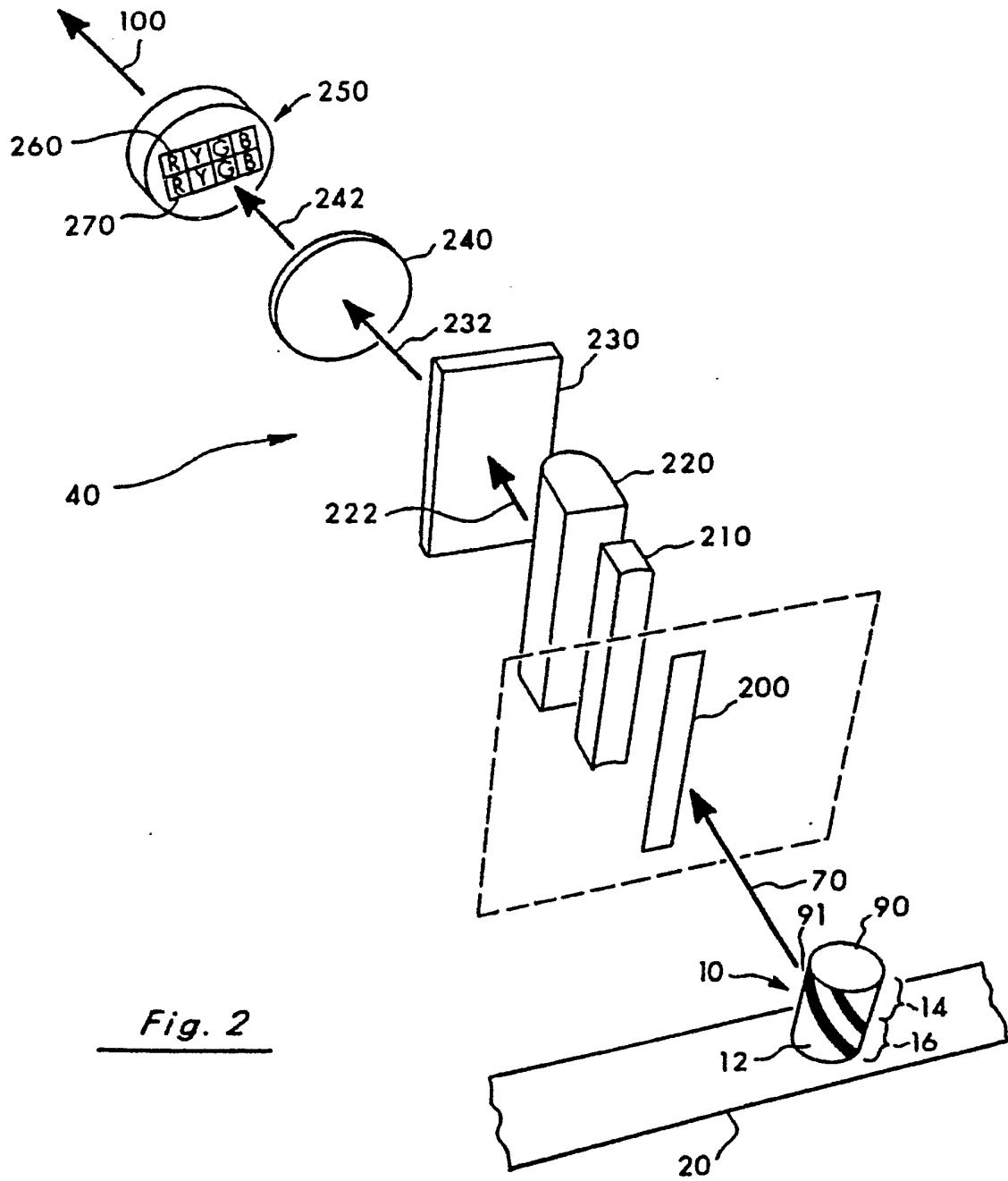
15 la production d'un premier ensemble de signaux pour chaque couleur du nombre choisi de couleurs dans la lumière réfléchie provenant d'une première partie du champ de vision prédéterminé,

20 la production d'un second ensemble de signaux pour chaque couleur du nombre choisi de couleurs dans la lumière réfléchie provenant d'une seconde partie du champ de vision prédéterminé,

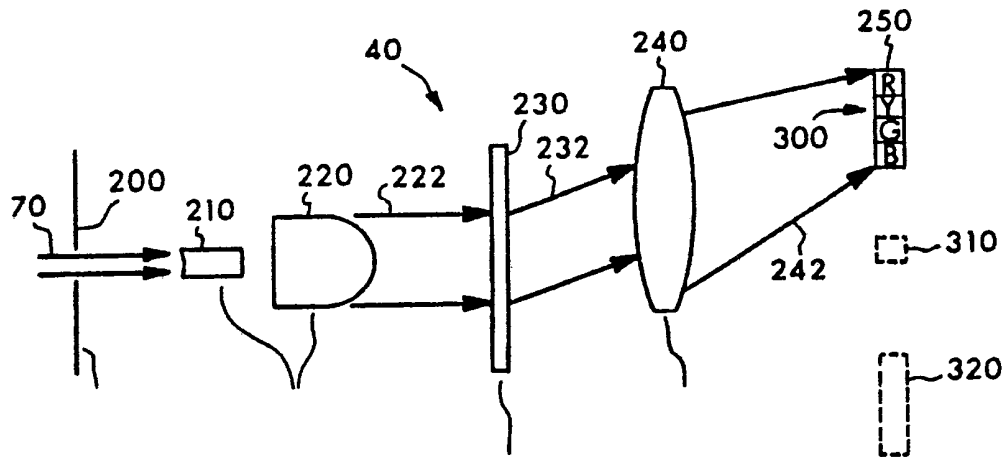
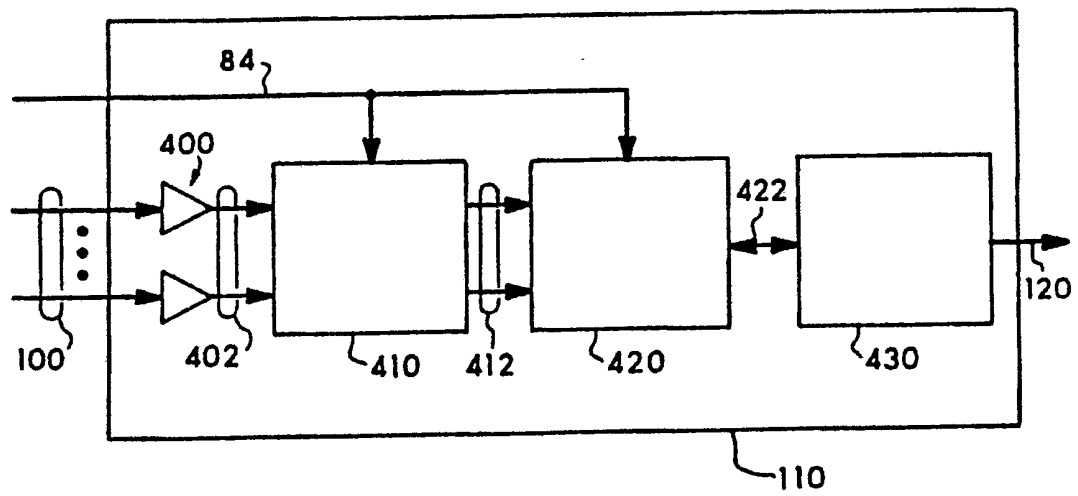
25 la création de plusieurs signatures à plusieurs couleurs d'après le nombre choisi de signaux du premier et du second ensemble, les signatures à plusieurs couleurs (830) étant totalement formées lorsqu'un nombre suffisant d'étiquettes est passé devant le dispositif de détection si bien que toutes les zones de l'étiquette ont été détectées; la comparaison (615, 625, 635) du premier et du second ensemble de signaux à plusieurs signatures créées à plusieurs couleurs, et

30 la transmission d'un signal d'erreur (120) lorsqu'une combinaison voulue en plusieurs couleurs des signaux électriques analogiques ne correspond pas à la signature correspondante d'une combinaison de plusieurs couleurs.

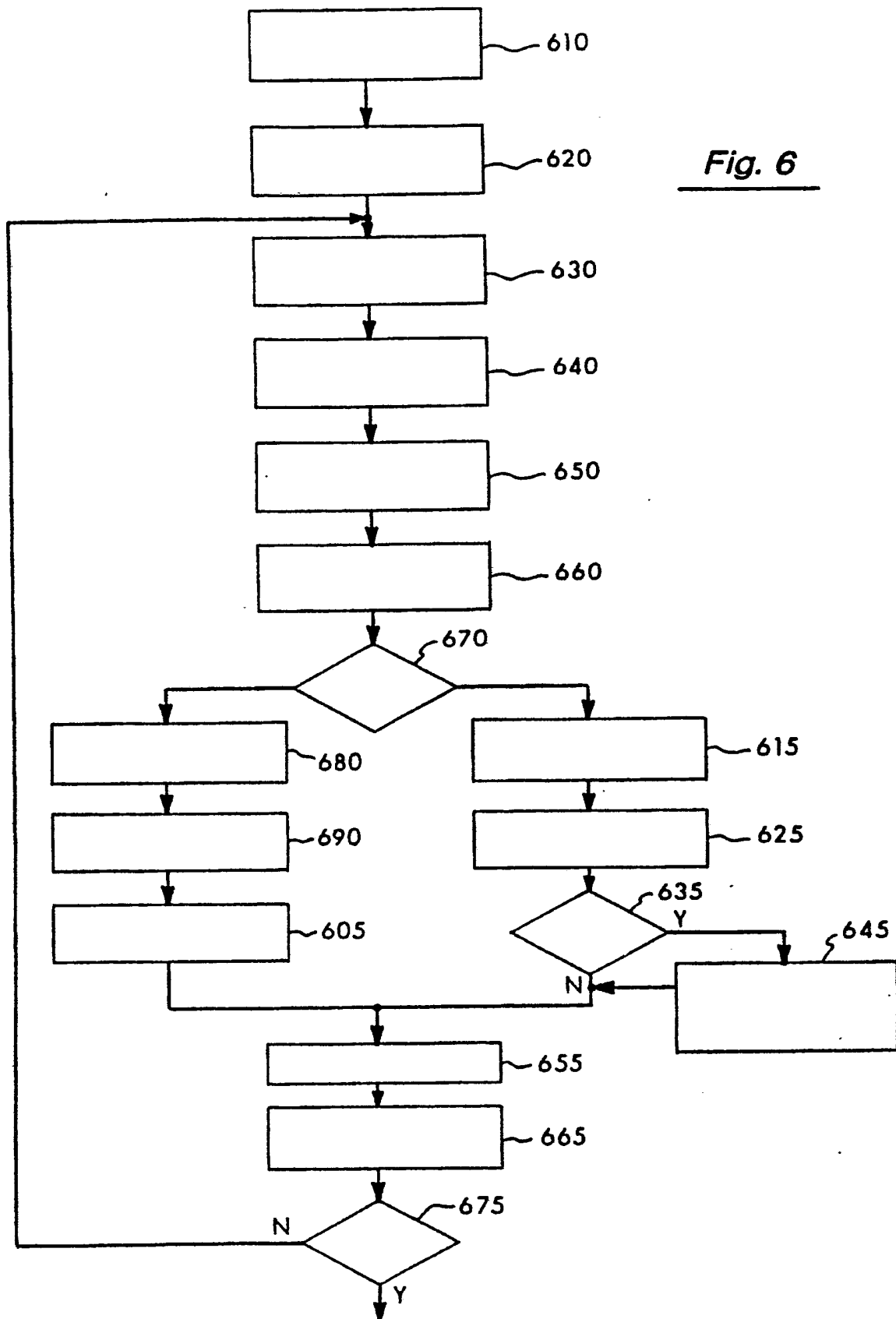
2/7



3/7

Fig. 3Fig. 4

4/7



5/7

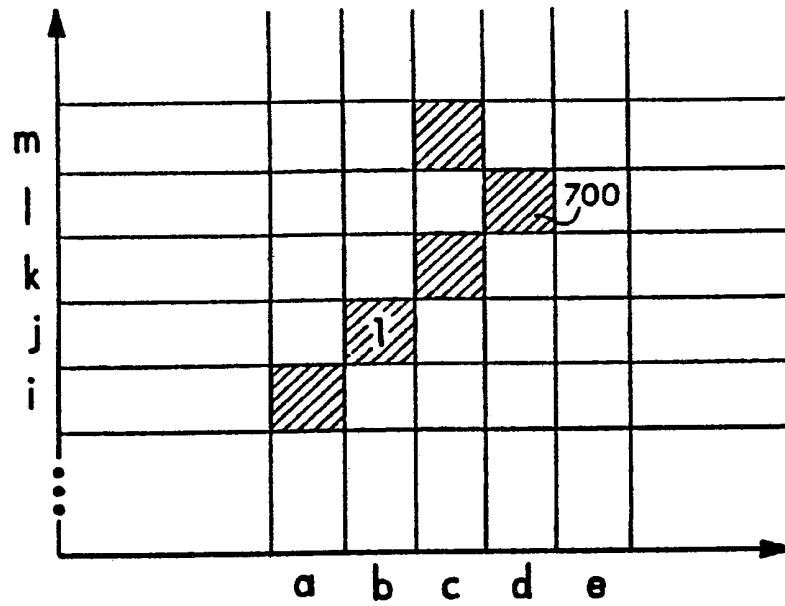


Fig. 7(a)

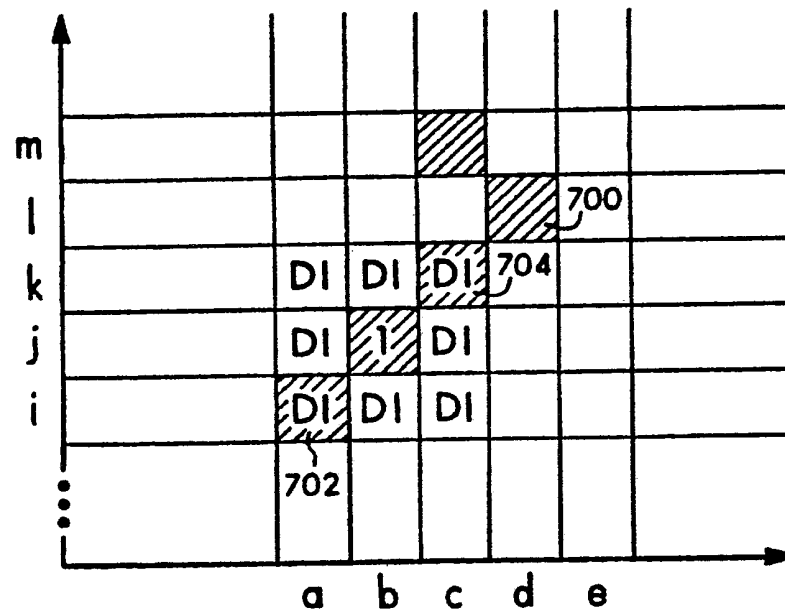
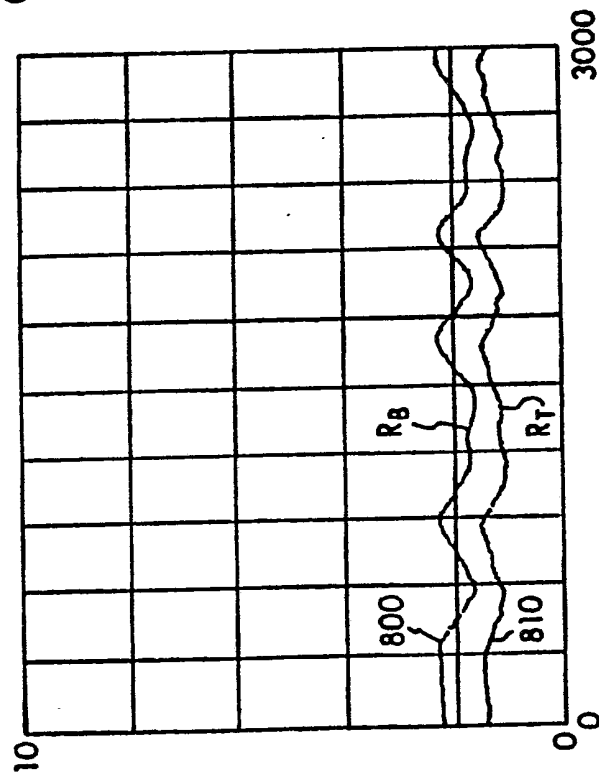
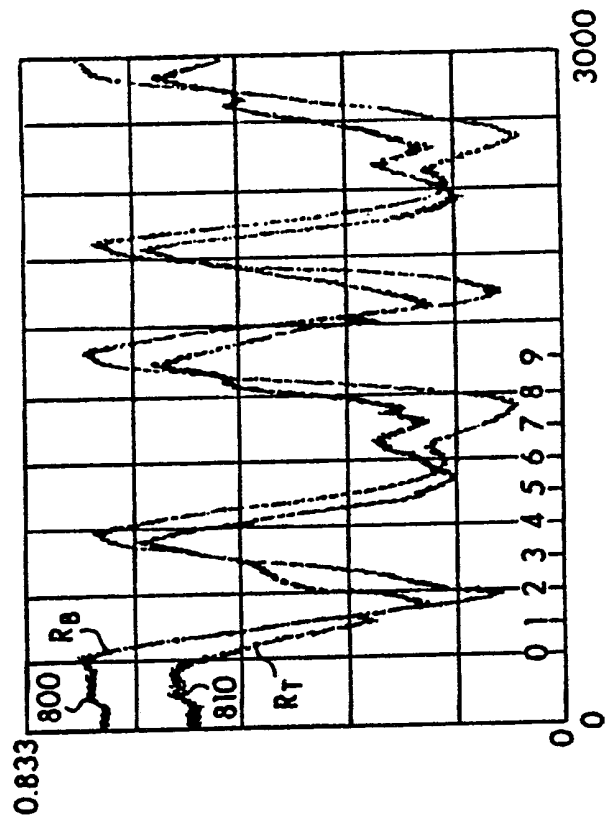
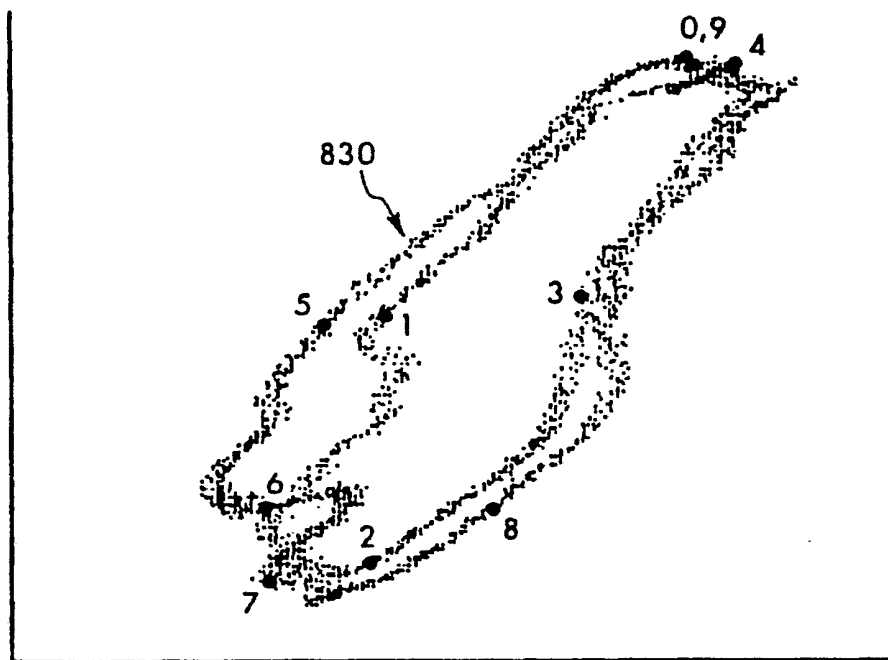
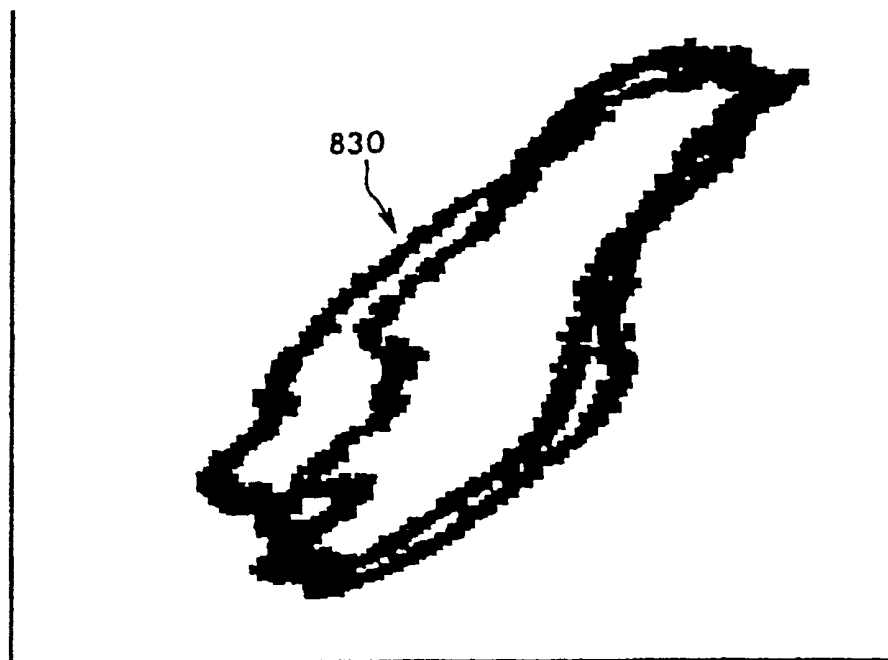


Fig. 7(b)

6/7

Fig. 8(a)Fig. 8(b)

7/7

Fig. 8(c)Fig. 8(d)