



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2015/05/15
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2015/11/19
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2016/11/16
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2015/051281
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2015/173529
 (30) Priorité/Priority: 2014/05/16 (EP14305723.0)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *E02D 27/35* (2006.01),
E02D 19/16 (2006.01)
 (71) Demandeur/Applicant:
TOTAL SA, FR
 (72) Inventeurs/Inventors:
GARNIER, ANDRE, FR;
COLLET, PASCAL, FR;
GREEN, ERIK, FR
 (74) Agent: NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA
LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) Titre : PROCÉDE D'ISOLATION DE SOUS-SOL
 (54) Title: METHOD FOR INSULATING SUB-SOIL

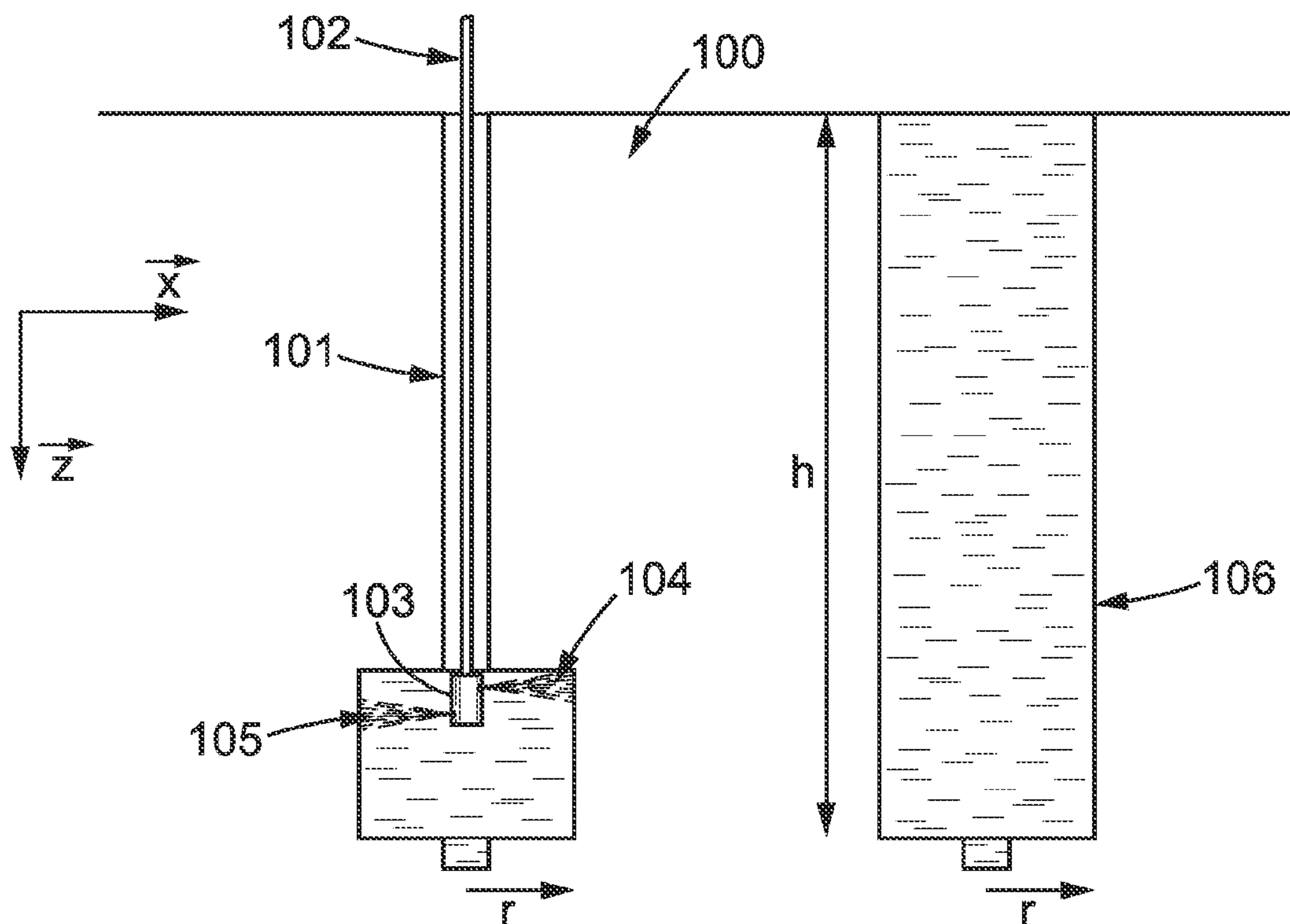


FIG. 1

(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention concerne un procédé d'isolation d'un sous-sol comportant une déstructuration mécanique dudit sous-sol, une injection d'un matériau isolant dans ledit sous-sol déstructuré et un mélange dudit sous-sol et dudit matériau isolant. Le matériau isolant possède une conductivité thermique strictement inférieure à une conductivité thermique du sous-sol.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
19 novembre 2015 (19.11.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/173529 A1(51) Classification internationale des brevets :
E02D 27/35 (2006.01) E02D 19/16 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/051281(22) Date de dépôt international :
15 mai 2015 (15.05.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
14305723.0 16 mai 2014 (16.05.2014) EP(71) Déposant : TOTAL SA [FR/FR]; 2 place Jean Millier La
Défense 6, 92400 Courbevoie (FR).(72) Inventeurs : GARNIER, André; 1 Allée des érables,
64121 Montardon (FR). COLLET, Pascal; c/o TOTAL
SA CSTJF - EB 279 Avenue Larribau, 64000 Pau (FR).
GREEN, Erik; c/o TOTAL SA CSTJF - EB 279 Avenue
Larribau, 64000 Pau (FR).(74) Mandataires : CABINET PLASSERAUD et al.; 52 rue
de la Victoire, 75440 Paris Cedex 09 (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD FOR INSULATING SUB-SOIL

(54) Titre : PROCÉDÉ D'ISOLATION DE SOUS-SOL

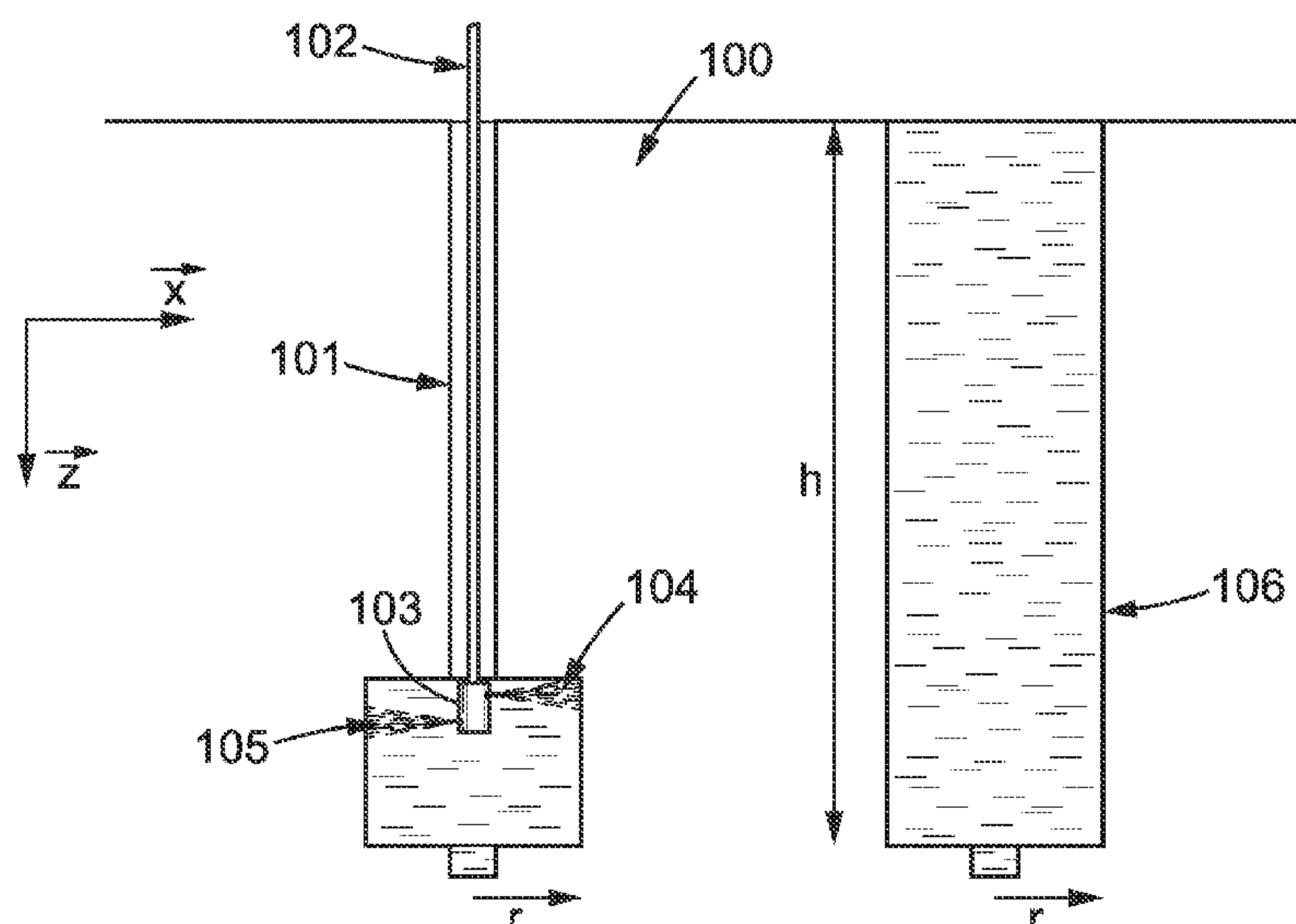


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for insulating sub-soil, comprising mechanically destructuring said sub-soil, injecting an insulating material into said destructured sub-soil, and mixing said sub-soil and said insulating material. The thermal conductivity of said insulating material is strictly lower than the thermal conductivity of the sub-soil.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2015/173529 A1 

La présente invention concerne un procédé d'isolation d'un sous-sol comportant une déstructuration mécanique dudit sous-sol, une injection d'un matériau isolant dans ledit sous-sol déstructuré et un mélange dudit sous-sol et dudit matériau isolant. Le matériau isolant possède une conductivité thermique strictement inférieure à une conductivité thermique du sous-sol.

PROCEDE D'ISOLATION DE SOUS-SOL

La présente invention concerne le domaine de la construction ou du forage notamment dans l'hypothèse où le sol est constitué de pergélisol.

5 Le pergélisol (en anglais : permafrost) désigne la partie d'un sol gelé en permanence, au moins pendant deux ans.

Du fait de l'existence d'hiver très froid, le froid peut pénétrer profondément dans le sous-sol. Durant l'été, les faibles chaleurs ne permettent pas de réchauffer le sous-sol dans toute sa profondeur : certaines parties du sous-sol sont ainsi constamment
10 gelée.

Néanmoins, si le pergélisol se dégèle (artificiellement ou naturellement), celui devient instable car ses propriétés mécaniques s'en trouvent modifiées. Par exemple, le pergélisol peut se réchauffer du fait :

- du réchauffement climatique ;
- 15 - d'un forage (frottements mécaniques du foret dans le sous-sol) ;
- de l'exploitation d'un puits de production existant (le pétrole ou le gaz de production étant à des températures supérieures à 0°C) ;
- de la réaction exothermique de durcissement de béton/ciment (en cas, notamment d'installation d'une chape de béton/ciment à même le sol ou pour
20 la construction d'un puits de production dont les parois seraient cimentées) ;
- de la simple présence de bâtiment construit à même le sol, limitant de fait la pénétration du froid sous le bâtiment ;
- etc.

En cas de dégel du pergélisol, les éventuelles installations/bâtiments installés
25 dessus ont tendance à s'enfoncer dans le sous-sol du fait de leur propre poids, le sol dégelant perdant alors sa capacité de résistance.

Afin d'éviter le dégel du pergélisol en cas de présence d'un bâtiment, certains Etats ont édité des règles de construction visant à surélever les bâtiments à l'aide de pilotis et ainsi favoriser la pénétration du froid dans le sous-sol (voir « *Construction Code and Regulation – Base and Foundations on the permafrost soils – SniP 2.02.04-88 – USSR State Building and Construction Committee* »).

Néanmoins, ces méthodes ne permettent pas la construction de tout type de bâtiments (ex. bâtiments devant supporter des poids importants, routes, pistes d'aéroport, supports de forage, zones de stockage, etc.).

De plus, ces méthodes ne résolvent pas les problématiques liées à l'apport de chaleur depuis un puits de production : il existe ainsi des risques de perte de confinement ou de stabilité pour le puits ou les outils de forage. Certains ont proposé d'isoler le puits du sous-sol en ajoutant dans un espace annulaire du puits des matériaux isolants. Cependant, ceux-ci sont chers car leur pouvoir d'isolation doit être important, l'espace disponible pour l'installation de ces isolants étant faible dans un puits.

A l'inverse, dans le cadre de stockage de gaz liquéfiés dans le sol, on peut chercher à éviter la congélation du sous-sol qui pourrait provoquer des soulèvements et des dégâts sur le confinement/stockage. Ainsi, habituellement, des systèmes de chauffage extérieur du sous-sol sont mis en œuvre et les parois de l'ouvrage de stockage sont recouvertes d'un isolant coûteux et fragile.

Il y a ainsi un besoin pour faciliter la construction de bâtiment à même le sol dans des zones de pergélisol et/ou pour isoler les puits de production de manière simple et économique.

La présente invention vient améliorer la situation.

A cet effet, la présente invention propose une méthode polyvalente et économique afin de résoudre les problèmes posés ci-avant.

La présente invention vise alors un procédé d'isolation d'un sous-sol comportant :

/a/ déstructuration mécanique dudit sous-sol ;

/b/ injection d'un matériau isolant dans ledit sous-sol déstructuré ;

/c/ mélange dudit sous-sol et dudit matériau isolant.

Ledit matériau isolant possède une conductivité thermique strictement inférieure à une conductivité thermique du sous-sol.

Ledit matériau isolant peut également avoir une conductivité thermique inférieure
5 à 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 fois la conductivité thermique du sous-sol.

On appelle « déstructuration d'un sous-sol » la modification apparente et/ou visuelle de sa structure macroscopique par rapport à un état initial considéré comme normal pour l'endroit considéré. Par exemple, le labour d'un champ permet de
10 déstructurer la surface d'un sol. La déstructuration permet de faire perdre la cohérence de structure qu'un sous-sol compacté peut avoir (à l'échelle du centimètre ou du millimètre). Ainsi, deux parties d'un sous-sol déstructuré ne possèdent plus de résistance à l'éloignement (ou tout du moins inférieure par rapport à la résistance initiale) : si la force minimale, en condition de laboratoire, nécessaire pour dissocier
15 deux volumes adjacents isolés d'un sous-sol structuré est de F, la force minimale, en condition de laboratoire, nécessaire pour dissocier deux volumes adjacents isolés d'un sous-sol déstructuré est inférieure à F/2 (le volume élémentaire peut être un cube de 2cm de coté).

La simple injection d'isolant dans le sol (i.e. sans mélange et déstructuration) peut
20 ne pas être satisfaisante/suffisante pour les modes de réalisations envisagées car sa répartition dans le sol peut être trop inhomogène et nécessite la présence de vides pouvant être comblés dans le sous-sol.

Ce procédé permet ainsi de modifier les caractéristiques thermiques du sous-sol en place sans le remplacer. Cela permet notamment :

- 25
- de réduire au maximum les déblais (car le sous-sol existant n'est pas totalement extrait mais réutilisé dans le mélange),
 - de réduire les travaux de superstructure ou de forage,
 - de pérenniser les ouvrages et la stabilité des têtes de puits,
 - de reconsidérer le stockage enterré de gaz liquéfié (par exemple,

l'augmentation des volumes de stockage, la réduction des travaux d'isolation, etc.).

De plus, ce procédé permet notamment d'éviter de construire une structure porteuse pour une construction d'une chape ou d'un bâtiment, avec des pieux, au-dessus du pergélisol et ainsi permet de pouvoir poser les ouvrages directement sur le sol. Cela permet de réduire les quantités de pieux et structures métalliques à construire tout en facilitant l'usage et l'exploitation des bâtiments.

Par ailleurs, en cas de forage, ce procédé peut permettre de disposer d'une solution alternative ou complémentaire aux solutions d'isolation dans le puits existantes. En traitant/isolant le sous-sol comme décrit précédemment, sous les installations de forage, il est possible de réduire les problématiques de tassement et dégradation dans le temps des zones de travail.

Enfin, dans le cadre du stockage du gaz liquéfié de manière enterrée, il est possible de s'affranchir, au moins partiellement, des systèmes de chauffage du radier. Ainsi, en mettant en œuvre le procédé décrit précédemment, il est possible d'allonger la période de dysfonctionnement du système de chauffage avant d'avoir un effet sur le sol. Par ailleurs, l'existence du sous-sol isolé permet de réduire les besoins calorifiques apportés par le système de chauffage et donc de réduire le coût d'exploitation du dispositif de stockage.

La déstructuration mécanique peut être réalisée à l'aide d'une pelleteuse ou à l'aide d'une pièce mécanique (par exemple hélicoïdale) mise en rotation. Par ailleurs, cette déstructuration peut être réalisée au moyen d'un jet haute-pression d'un liquide apte à déstructurer le sous-sol.

Le matériau isolant peut être avantageusement un isolant de type mousse polyuréthane ou époxydique conférant les qualités de résistance et solidité requise ainsi que la performance thermique recherchée.

Avantageusement, la déstructuration dudit sous-sol peut comprendre :

- un forage d'un puits d'injection dans le sous-sol ;

- déplacement d'une buse d'injection dans le puits d'injection ;
- injection lors dudit déplacement d'un fluide de déstructuration à haute pression apte à déstructurer le sous-sol par ladite buse d'injection.

L'injection dudit isolant peut alors être effectuée lors dudit déplacement.

5

En outre, le mélange dudit sous-sol et dudit matériau isolant peut comprendre une rotation d'un arbre mécanique dans ledit sous-sol.

10 Dans un mode de réalisation, le matériau isolant peut comprendre un matériau se solidifiant après injection.

Ainsi, cet isolant confère une solidité accrue du sous-sol ainsi qu'une étanchéité.

Avantageusement, la solidification peut comprendre une réaction exothermique.

15 Cette réaction exothermique peut ainsi dégeler, temporairement le pergélisol au contact de l'isolant en cours de solidification ainsi accroître la zone dans laquelle l'isolant est mélangé dans le sous-sol.

Le matériau isolant comprend un matériau hydrophobe. Ainsi, l'étanchéité des parties du sous-sol traité peuvent s'en trouver accru.

20

Dans un mode de réalisation particulier, la température dudit fluide de déstructuration peut être supérieure de 20°C à une température du sol.

25 Ainsi, si le sous-sol est gelé, le pouvoir de déstructuration dudit fluide est augmenté sans augmenter la pression utilisée pour l'injection. La déstructuration est ainsi facilitée et l'efficacité du procédé est augmentée.

Le procédé peut comprendre en outre un forage d'un puits de production dans ledit sous-sol mélangé avec ledit matériau isolant.

Avantageusement, le sous-sol mélangé a une forme de cône renversé (par exemple une pyramide renversée).

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore à la lecture de la description qui va suivre. Celle-ci est purement illustrative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 10 - la figure 1 illustre une réalisation particulière de procédé d'isolation de sous-sol selon l'invention ;
- la figure 2 illustre une forme particulière d'isolation de sous-sol dans un mode de réalisation selon l'invention ;
- les figures 3a et 3b illustrent le forage d'un puits d'exploitation dans le cadre
15 d'un sous-sol isolé dans un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 illustre une conductivité thermique λ en fonction de la concentration de certains matériaux ; - la figure 5 illustre une conductivité thermique λ en fonction de la porosité du ciment.

20 La figure 1 illustre une réalisation particulière de procédé d'isolation de sous-sol selon l'invention.

La déstructuration mécanique du sous-sol, l'injection d'un matériau isolant dans ce sous-sol et le mélange de l'ensemble peuvent être réalisées de multiples façons. A titre d'illustration, il est possible de creuser le sol avec une pelle ou un engin
25 mécanique de type pelleteuse afin de déstructurer le sol, d'injecter à la surface du sol creuser l'isolant souhaité et le mélanger manuellement l'ensemble.

Avantageusement, il est également possible de :

- forer un puits 101 dans le sous-sol 100 à l'aide de dispositif de forage classique ;
 - d'introduire une buse 103 fixée à une tige d'injection 102 dans le puits et jusqu'au fond du puits ;
 - 5 - mettre en rotation la tige d'injection et la buse ;
 - une fois mise en rotation, injecter depuis la buse, selon un axe radial à l'axe de rotation de celle-ci (i.e. dans un plan horizontal sur la figure 1), un liquide 104 permettant de déstructurer le sous-sol et un isolant 105 à mélanger au sol.
- 10 On appelle sous-sol « traité » ou sous-sol « isolé » une partie du sous-sol ayant été mélangée avec un isolant comme indiqué ci-dessus.
- Le liquide permettant de déstructurer le sous-sol est, par exemple, de l'eau. Avantageusement, ce liquide est injecté à très haute pression afin qu'il soit apte à déstructurer le sous-sol efficacement. Par ailleurs, et notamment dans le cadre de
- 15 sous-sol en pergélisol, il peut être avantageuse d'injecter un liquide dont la température est supérieure à 0°C afin de faire fondre le sous-sol gelé, par exemple plus de 20°C, de 30°C, de 50°C, de 70°C ou même de 100°C au-dessus de la température du sous-sol considéré.
- L'injection est effectuée en remontant la buse 103 dans le puits 101. Du fait de
- 20 l'efficacité du jet de déstructuration (qui est liée aux propriétés du sous-sol et à la pression du liquide de déstructuration injectée), le mélange entre le sous-sol et l'isolant est effectif dans un rayon r autour de l'axe du puits.
- Au final, une colonne 106 de hauteur h et de rayon r est « traitée » et est ainsi considérée comme étant un sous-sol « isolé ».
- 25 Il est également possible d'ajouter au dispositif décrit (éventuellement en remplacement de l'injection du fluide de déstructuration) un dispositif mécanique de mélange telle une pale ou une hélice mise en rotation par la rotation de l'arbre 102 et venant mélanger mécaniquement le sous-sol avec l'isolant.

L'isolant peut être avantageusement un isolant de type mousse polyuréthane ou

époxydique conférant les qualités de résistance et solidité requise ainsi que la performance thermique recherchée.

Cet isolant peut être également de la perlite (bille d'isolant) associée par exemple à un coulis de ciment.

5

La figure 2 illustre une forme particulière d'isolation de sous-sol dans un mode de réalisation selon l'invention.

Le procédé, décrit en relation avec la figure 1, peut être répété un grand nombre de fois dans une même zone, les parties du sous-sol « traitées » pouvant être
10 connexes (i.e. adjacente) ou quasi-connexes (les distances horizontales entre deux colonnes traitées étant inférieur à r).

Avantageusement, la forme générale des parties du sous-sol 200 « traitée » (201a, 201b, 201c, etc.) forme un cône renversée 202 comme le montre la figure 2. La base de ce cône (à la surface du sous-sol) peut servir de support pour la
15 construction d'une chape de béton ou de toute autre construction à même le sol.

Cette forme peut permettre une meilleure pénétration du froid sous les parties de sous-sol traité (i.e. une meilleur extraction de chaleur sous les parties de sous-sol traité, flèches 204). Ainsi, le sous-sol au contact de ce cône renversé 202 peut rester gelé et ainsi participer à la solidité des fondations de la chape 203 ou tout autre
20 installation en surface.

Les figures 3a et 3b illustrent le forage d'un puits d'exploitation dans le cadre d'un sous-sol isolé dans un mode de réalisation de l'invention.

Afin de réaliser un forage pour un puits de production d'hydrocarbures, il est
25 possible, préalablement, d'isoler une partie de sous-sol comme décrit précédemment, puis de forer un puits dans cette partie de sous-sol isolé.

La profondeur de la partie du sous-sol traité pour une isolation (ex. 40-100m) peut, bien entendu, être inférieure à la profondeur complète du puits (ex. 2000m).

Dans un mode de réalisation possible de l'invention (Figure 3a), il est possible de d'isoler plusieurs colonnes de sous-sol (301, 302, 303) comme décrit précédemment, ces parties étant adjacentes. Le forage 304 est alors effectué dans une zone isolée du sous-sol. Ce mode de réalisation est avantageux notamment si les propriétés
5 mécaniques du sous-sol traité sont plus favorables à un forage que les propriétés mécaniques du sous-sol non traité (ex. densité plus faible, abrasion mécanique plus faible, etc.).

Dans un autre mode de réalisation possible de l'invention (Figure 3b), il est possible de d'isoler plusieurs colonnes de sous-sol (305, 306, 307) comme décrit
10 précédemment, ces parties étant adjacentes mais des espaces intercalaires de sous-sol non traité existent entre ces parties. Le forage 308 est alors effectué dans une de ces zones non traités du sous-sol. Ce mode de réalisation est avantageux notamment si les propriétés mécaniques du sous-sol traité sont moins favorables à un forage que les propriétés mécaniques du sous-sol non-traité (ex. densité plus
15 forte, abrasion mécanique plus forte, etc.).

Bien entendu, la présente invention ne se limite pas aux formes de réalisation décrites ci-avant à titre d'exemples ; elle s'étend à d'autres variantes.

D'autres réalisations sont possibles.

20 Par exemple, les figures 3a et 3b représentent trois colonnes (parties de sous-sol isolé) mais tout autre nombre est possible.

Par ailleurs, Il est également possible, en combinaison ou en lieu et place de ce qui a été indiqué précédemment, d'éviter la déstabilisation du pergélisol due à
25 l'utilisation de ciment lors de forages de puits ou de production de fluides à partir de ces puits.

Lors de la prise du ciment, la réaction chimique (transformation des silicates et aluminates en hydrate) est une réaction exothermique. La chaleur générée va faire fondre le pergélisol. Il y aura donc déstabilisation de l'environnement proche du puits.

Dans le cas où un ciment ou autres matériaux sont utilisés lors de la phase de production, le fluide provenant du sous-sol est remonté en surface. Ce fluide est à une température élevée et sa chaleur peut se dissiper dans le puits. Cela peut conduire de nouveau à une déstabilisation du pergélisol.

- 5 Il est donc préférable d'avoir un ciment à faible chaleur d'hydratation. Mais dans le cas où le fluide remonté en surface est très chaud et le débit est important, la faible conductivité thermique du ciment ne peut suffire. Il est alors utile de l'associer avec un matériau possédant une très faible conductivité thermique.

10 La composition résultante peut limiter les échanges thermiques entre le puits et le pergélisol. Elle doit isoler thermiquement le sous-sol, tout en apportant, de préférence, un support mécanique au puits.

15 Il existe aujourd'hui divers matériaux qui sont ajoutés au ciment, par exemple la vermiculite, ou des billes creuses. Cependant, la chaleur d'hydratation et la capacité d'isolation thermique ne permettent pas de garantir que le pergélisol ne soit pas déstabilisé.

Il y a donc un besoin pour une composition comprenant au moins un ciment et un matériau à faible conductivité thermique, apte à isoler thermiquement le sous-sol suffisamment pour ne pas déstabiliser le pergélisol.

20 L'invention consiste à appliquer un matériau composite, par exemple de la mousse syntactique, sur le casing du puits, afin d'avoir une bonne isolation thermique, et d'injecter un ciment entre la formation et la mousse syntactique. Le ciment est de préférence à faible chaleur d'hydratation, de façon à ne pas déstabiliser le pergélisol lors de sa prise et avoir si possible une faible conductivité thermique pour renforcer l'isolation.

25 Le matériau composite ne peut pas être utilisé seul, car il est nécessaire de combler l'espace entre le pergélisol et le matériau. Le ciment à faible chaleur d'hydratation et faible conductivité thermique remplit ce rôle.

30 A titre d'exemple, un matériau composite isolant seul a une faible conductivité thermique (de l'ordre de 0.03 – 0.05 W/m.K), alors qu'elle est de l'ordre de 0.9 W/m.K pour un ciment net (eau + ciment classe G HSR). On peut abaisser la conductivité

thermique du ciment à 0.4 ou 0.5 W/m.K en lui ajoutant divers matériaux et optimisé la porosité. Les deux exemples suivants montrent l'impact de la concentration en matériau isolant sur la conductivité thermique puis l'impact de la porosité. Ces tests sont réalisés avec un ciment classe G qui n'est pas à faible chaleur d'hydratation. On
5 peut voir que plus la concentration en matériau isolant est importante, plus la conductivité thermique est faible. Par contre, au-delà de 55% de porosité, il n'y a plus diminution de la conductivité.

A titre d'illustration, la figure 4 donne des exemples de courbes de conductivité thermique λ en fonction de la concentration de certains matériaux. Le ciment est
10 notamment composé de ciment de forage (Cemoil) de classe G, de silice, de sphères creuses (50 à 60%), un antimoussant, un dispersant, un suspenseur, et de l'eau.

De plus, la figure 5 donne un exemple de courbe de conductivité thermique λ en fonction de la porosité du ciment.

L'utilisation d'un ciment à faible chaleur d'hydratation et contenant un matériau
15 pour obtenir une faible conductivité thermique, combiné avec un matériau composite isolant, permet d'obtenir une qualité d'isolation bien supérieure aux solutions existantes.

Il est préférable que le ciment à faible chaleur d'hydratation soit différent d'un ciment conventionnel, par exemple dilué avec un autre matériau (comme le silice ou
20 le carbonate), afin d'avoir de bonnes propriétés mécaniques.

On peut constater expérimentalement que la résistance à la compression pour un ciment classe G, ciment net ou conventionnel et deux autres ciments, à faible chaleur d'hydratation sont sensiblement du même ordre de grandeur.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'isolation d'un sous-sol comportant les étapes :

/a/ déstructuration mécanique dudit sous-sol ;

5 /b/ injection d'un matériau isolant dans ledit sous-sol déstructuré ;

/c/ mélange dudit sous-sol et dudit matériau isolant ;

dans lequel ledit matériau isolant possède une conductivité thermique strictement inférieure à une conductivité thermique du sous-sol.

10 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la déstructuration dudit sous-sol comprend :

- un forage d'un puits d'injection ;

- déplacement d'une buse d'injection dans le puits d'injection ;

15 - injection lors dudit déplacement d'un fluide de déstructuration à haute pression apte à déstructurer le sous-sol par ladite buse d'injection ;

et dans lequel l'injection dudit isolant est effectuée lors dudit déplacement.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le mélange dudit sous-sol et dudit matériau isolant comprend :

20 - rotation d'un arbre mécanique dans ledit sous-sol.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le matériau isolant comprend un matériau se solidifiant après injection.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel la solidification comprend une réaction exothermique.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le matériau isolant comprend un matériau hydrophobe.

7. Procédé selon la revendication 2, dans lequel une température dudit fluide de déstructuration est supérieure de 20°C à une température du sol.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le procédé comprend en outre :

/d/ forage d'un puits de production dans ledit sous-sol mélangé avec ledit matériau isolant.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le sous-sol mélangé a une forme de cône renversé.

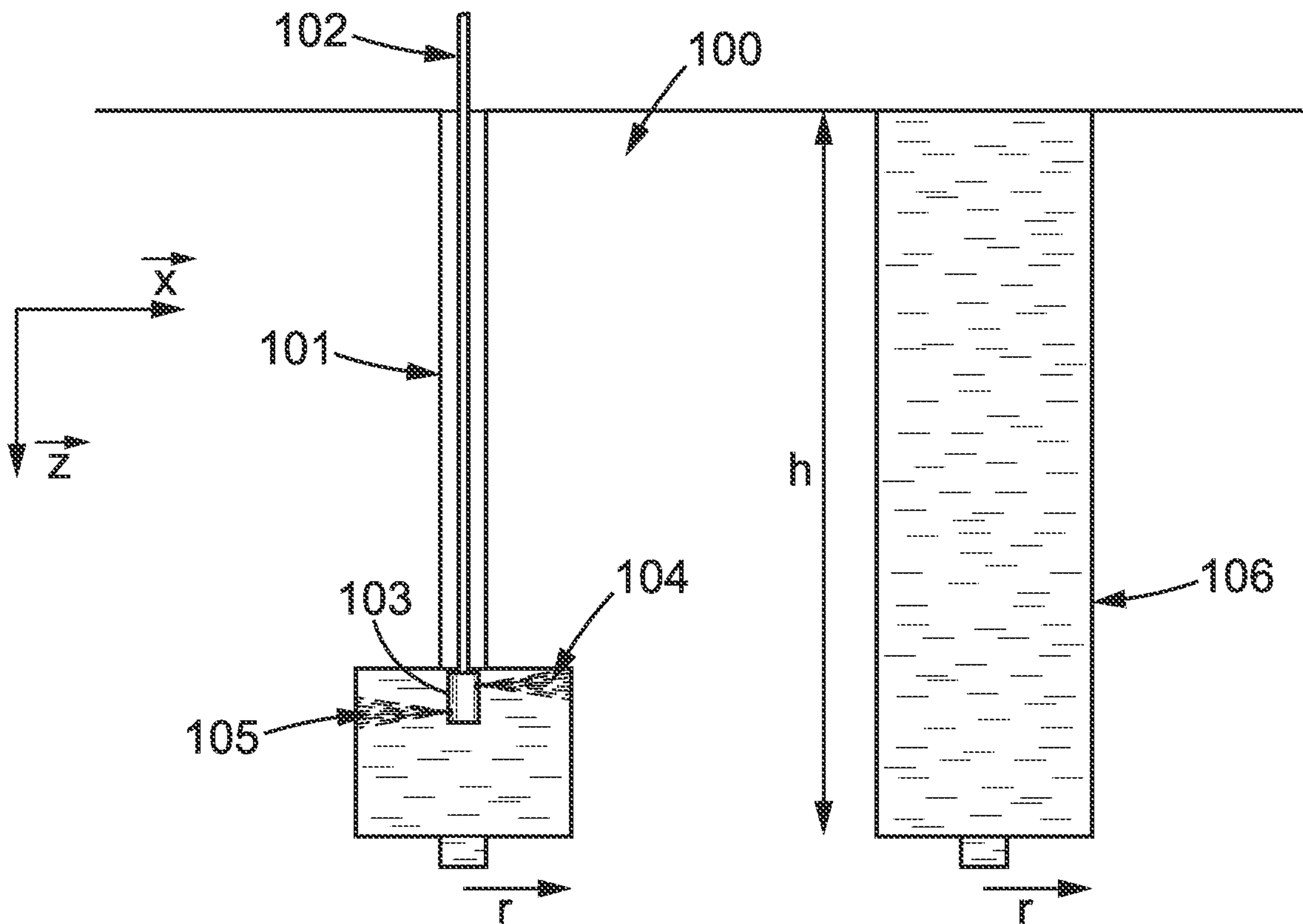


FIG. 1

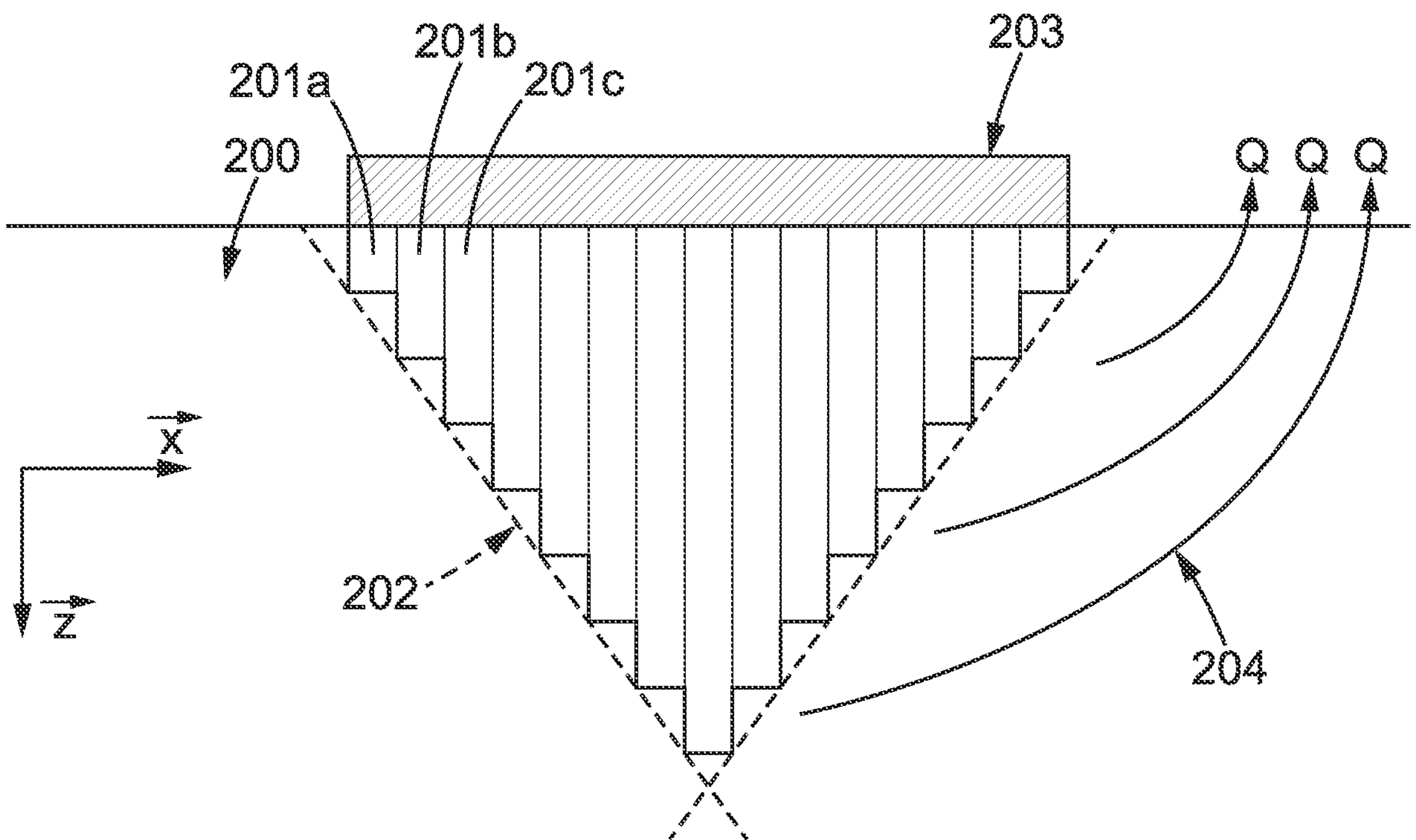


FIG. 2

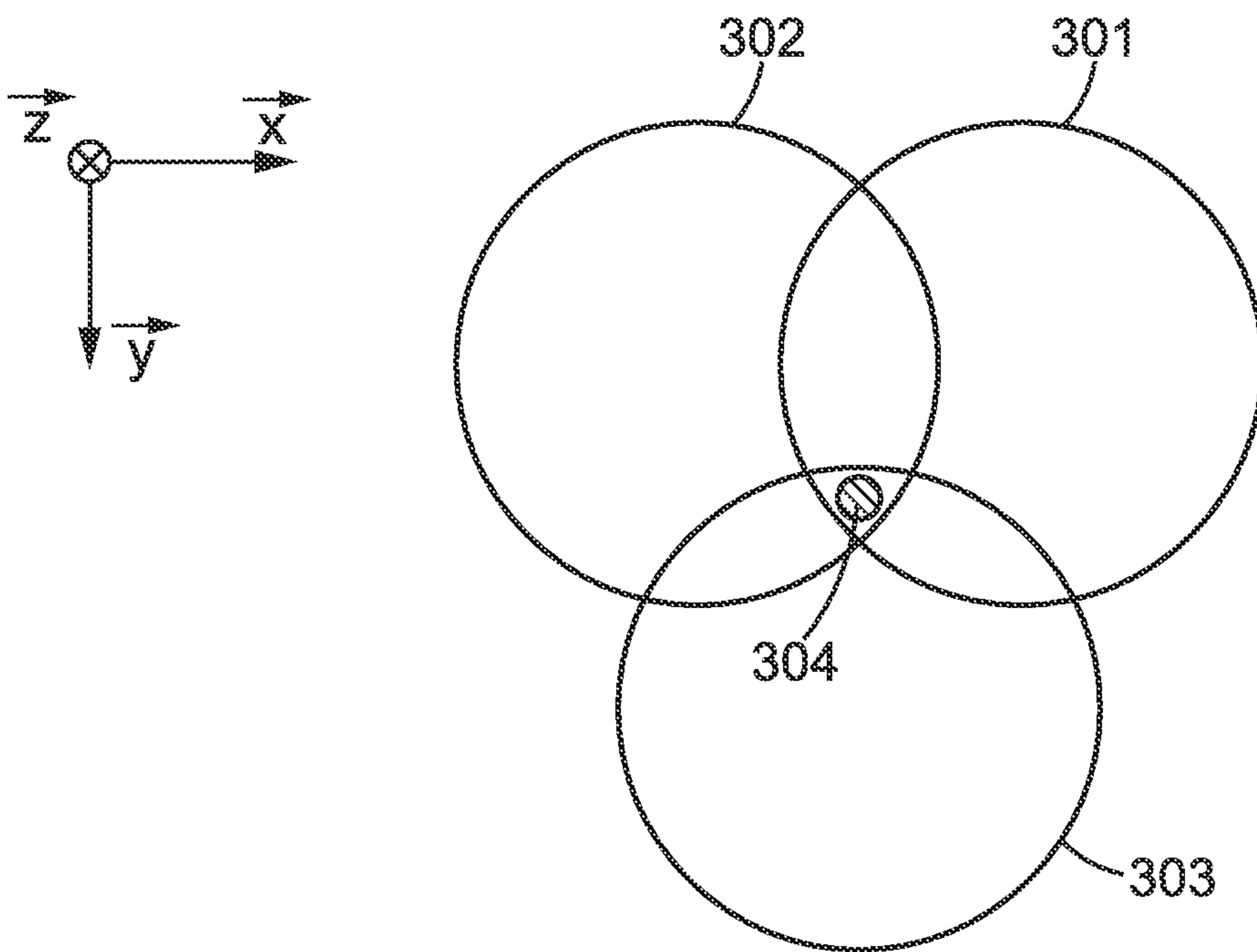


FIG. 3a

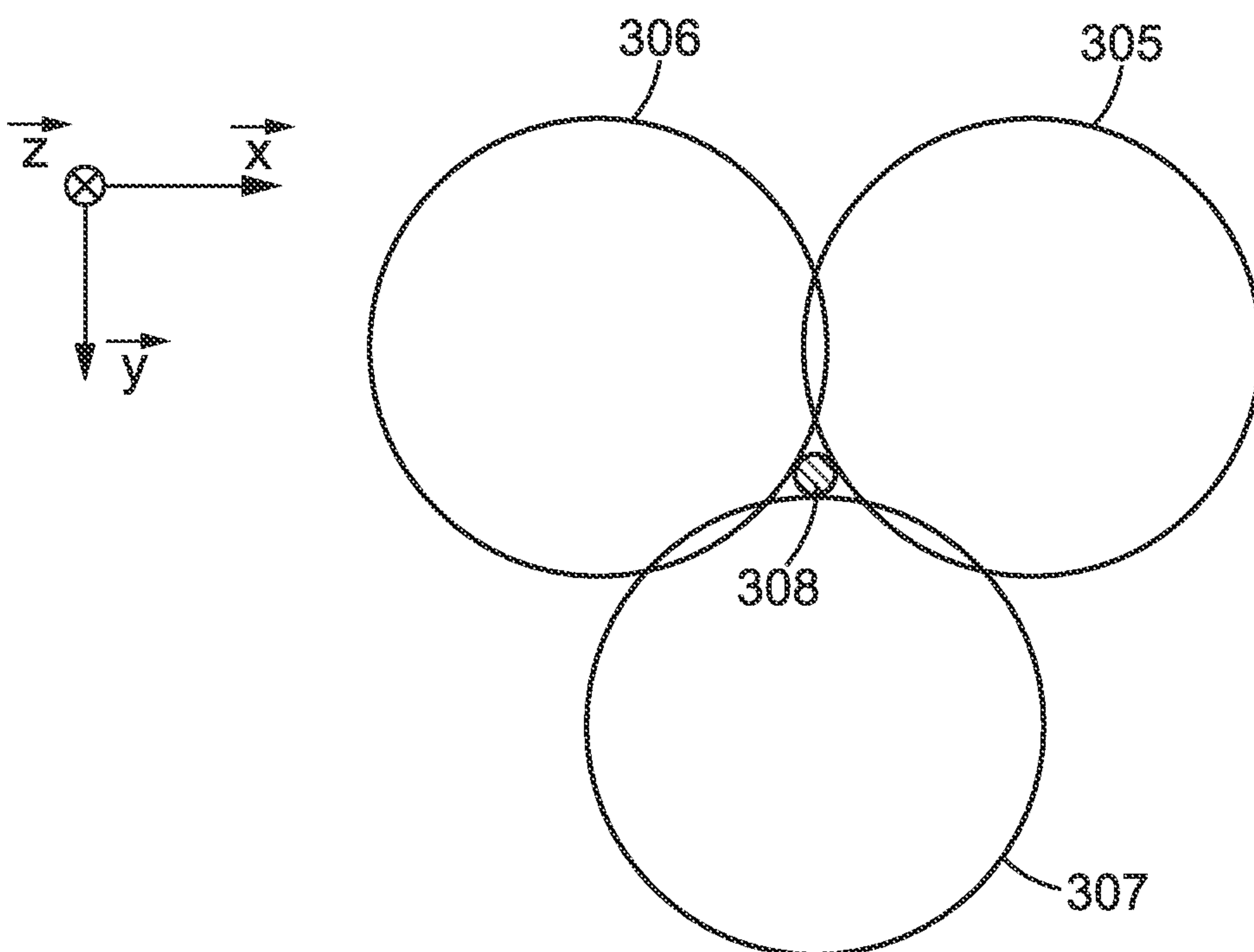


FIG. 3b

3/3

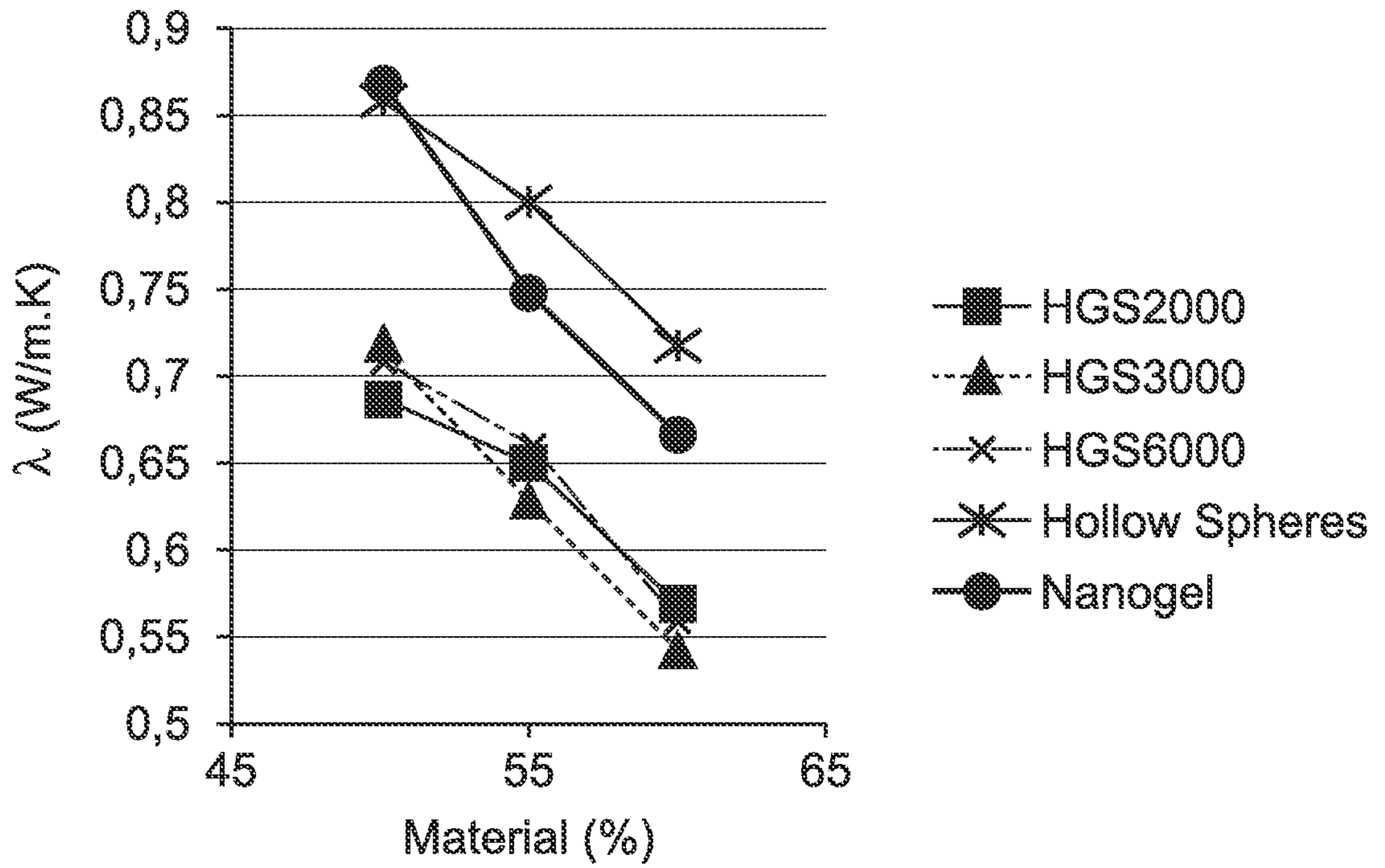


FIG. 4

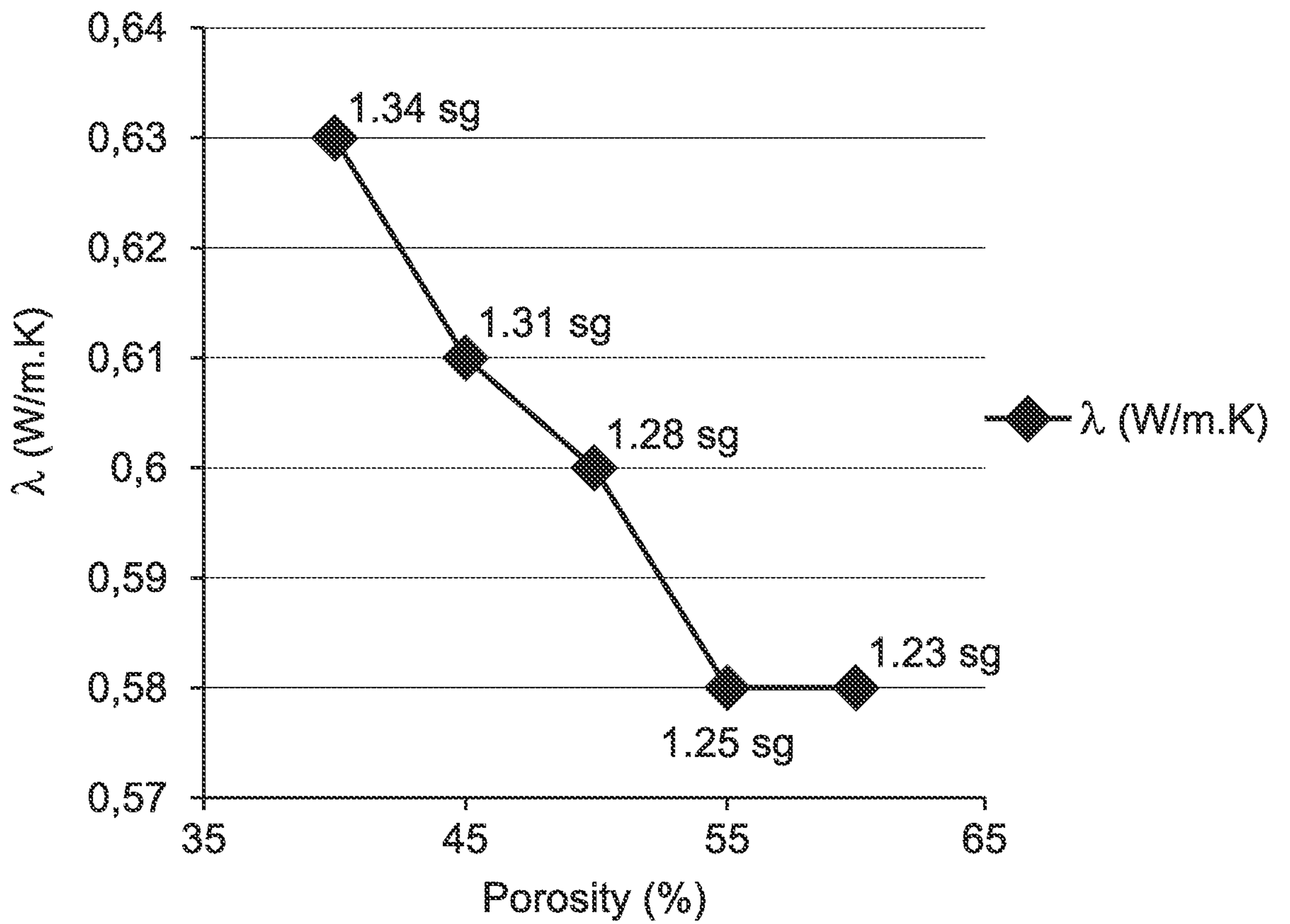


FIG. 5

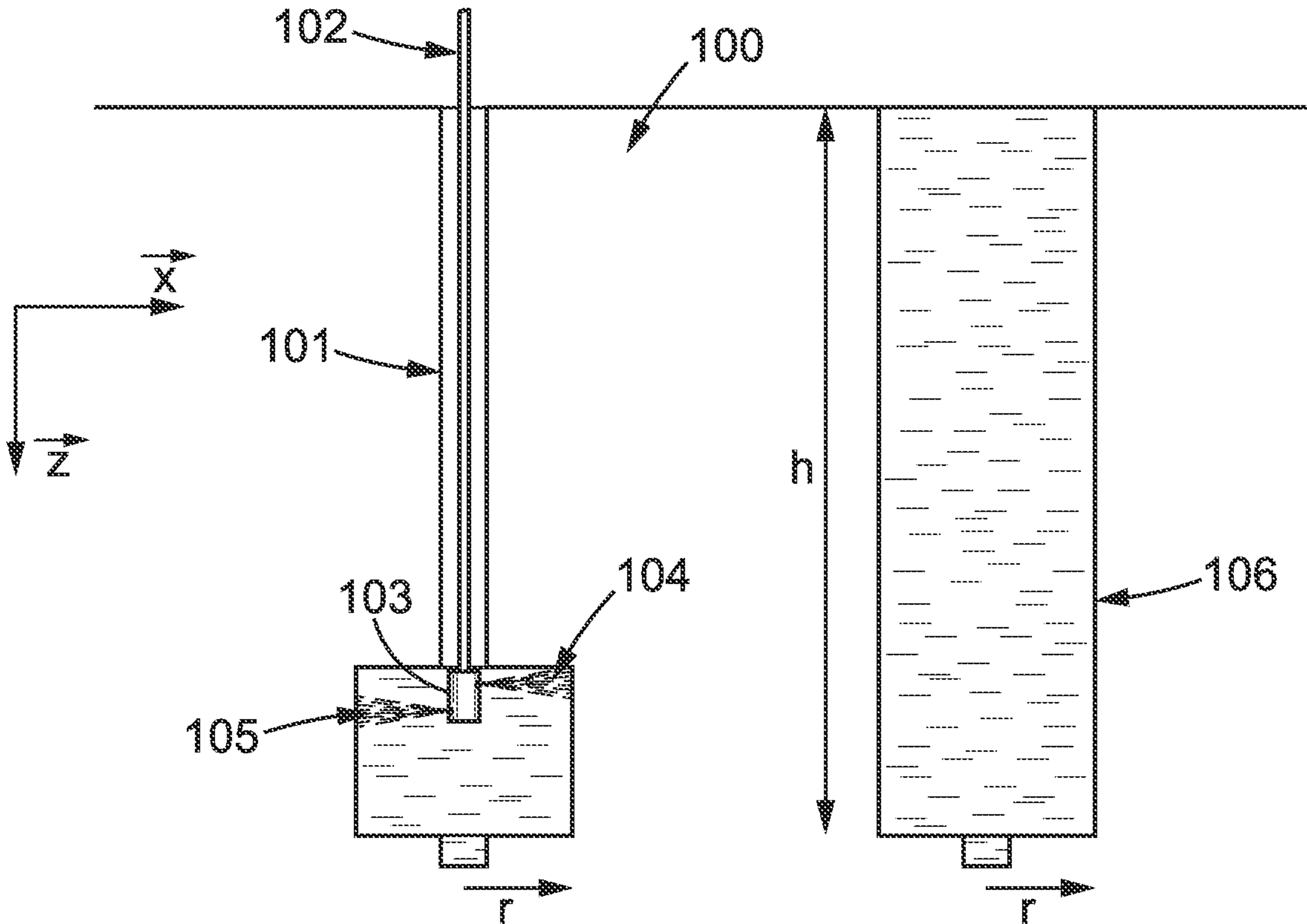


FIG. 1