



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115165** (13) **C2**
(51) МПК (2017.01)
C03C 23/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2015 08079	(72) Винахідник(и):	Бусардо Дені (FR), Гернальск Фредерік (FR)
(22) Дата подання заявки:	12.02.2014	(73) Власник(и):	КСРТЕК, 9 rue de la Girafe, F-14000 Caen, France (FR)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.09.2017	(74) Представник:	Пахаренко Антоніна Павлівна, реєстр. №4
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	13 00336	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 5250098 A, 05.10.1993 DD 214369 A1, 10.10.1984 FR 2334278 A7, 01.07.1977 FR 2962135 A1, 06.01.2012 WO 2012001325 A2, 05.01.2012 US 5965629 A, 12.10.1999 Mazzoldi et al Ion beam modification of glass surface properties // JOURNAL OF NON- CRYSTALLINE SOLIDS, NORTH-HOLLAND PHYSICS PUBLISHING. AMSTERDAM, NL. - Vol. 120. - No. 1-3. - 01.04.1990. - P. 223 - 233. Geotti-Bianchini F et al ANTIREFLECTIVE EFFECTS ON A SODA-LIME GLASS INDUCED BY AR+ IMPLANTATION // JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY, BLACKWELL PUBLISHING, MALDEN, MA, US. - 01.01.1984. - Vol. 67. - No. 1. - P. 39 - 42 Webb A P et al REFRACTIVE INDEX PROFILES INDUCED BY ION IMPLANTATION INTO SILICA // JOURNAL OF PHYSICS D. APPLIED PHYSICS, IOP PUBLISHING, BRISTOL, GB. -01.01.1976. - Vol. 9. - No. 9. - P. 1343 - 1354 Polato P et al CHARACTERIZATION BY NUCLEAR AND SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS OF NEAR-SURFACE MODIFICATIONS OF GLASS IMPLANTED WITH HEAVY IONS // JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY, BLACKWELL PUBLISHING, MALDEN, MA, US. - 01.10.1987. - Vol. 70. - No. 10. - P. 775 - 779 Battaglin G et al Ion implantation effects in heavy metal fluoride glasses // JOURNAL OF NON- CRYSTALLINE SOLIDS, NORTH-HOLLAND PHYSICS PUBLISHING. AMSTERDAM, NL. - Vol. 120. - No. 1-3. - 01.04.1990. - P. 256 - 261
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	15.02.2013		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	FR		
(41) Публікація відомостей про заявку:	26.10.2015, Бюл.№ 20		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.09.2017, Бюл.№ 18		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/FR2014/050272, 12.02.2014		

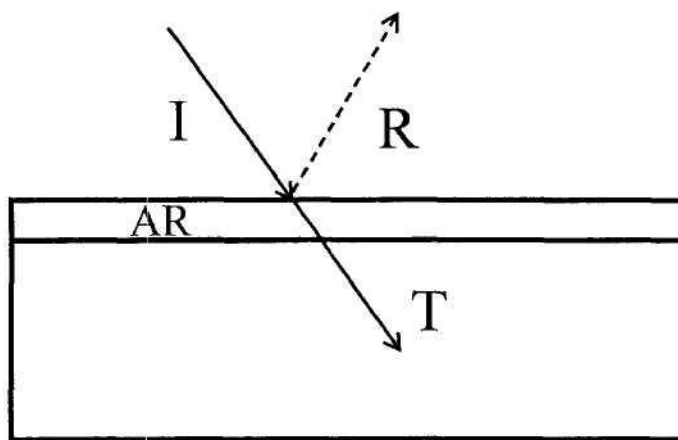
(54) СПОСІБ ОБРОБКИ ПРОМЕНЕМ ОДНО- І БАГАТОЗАРЯДНИХ ІОНІВ ГАЗУ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ПРОСВІТЛЕНИХ СКЛЯНИХ МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Спосіб обробки скляного матеріалу з використанням променю одно- і багатозарядних іонів газу, одержаних джерелом електронного циклотронного резонансу (ECR), у якому напруга для прискорення іонів 5-1000 кВ вибирається для створення введеного шару товщиною, кратною

UA 115165 C2

100 нм; дозу іонів на одиницю площі поверхні в інтервалі 10^{12} - 10^{18} іонів/см² вибирають для одержання атомної концентрації іонів, рівної 10 % з похибкою (+/-) 5 %. Переважно це робить можливим одержувати матеріали, виготовлені зі скла, які є просвітленими у видимій області спектра.



ФІГ. 1b

Об'єктом винаходу є спосіб обробки скляного матеріалу променем одно- та багатозарядних іонів газу; цей спосіб націлений на послаблення відбиття і на покращення проходження світла з довжинами хвиль видимого спектра протягом довгого періоду часу. Спосіб винаходу застосовується, зокрема, до поверхні прозорої основи лінз або листового скла таким чином, що

5 згадана поверхня набуває просвітлювальних властивостей, яка відрізняється пропусканням більше ніж 98 % видимого світла. За цих умов, поверхня має грані просвітлювальні властивості у видимій області спектра.

Добре відомо, що скляна поверхня відбиває приблизно 95,5 % падаючого світла, фактично знижуючи енергетичну ефективність фотогальванічного елемента або утруднюючи читання

10 інформації з плоского екрана комп'ютера або плоского екрана стільникового телефона. Це відбиття світла на скляній поверхні пояснюється більш точно співвідношеннями Френеля, які надають для світлового променя, який проходить крізь діоптр під кутом падіння 90° , наступні коефіцієнти відбиття (R) і пропускання (T):

$$R = ((n_2 - n_1) / (n_2 + n_1))^2; T = 4 n_1 n_2 / (n_2 + n_1)^2$$

15 де n_1 і n_2 є коефіцієнтами відбиття середовищ, відокремлених діоптром.

Виявлено, що $R + T = 1$ (збереження енергії).

Для повітря ($n_1 = 1$) і скла ($n_2 = 1,54$), ці формули надають $R = 0,045$ і $T = 1 - R = 0,955$ (тільки 4,5 % відбивається, тоді як 95,5 % пропускається).

20 Для скляної смужки, яка має дві поверхні, має місце втрата енергії світла, яка в два рази більша $2 \times 4,5 \% = 9 \%$. Ця втрата енергії світла представляє незначущу частину для фотогальванічного застосування.

Існують способи просвітлення, які полягають в осадженнях шарів на основі металевих оксидів, використання яких є відносно складним і дорогим. Наприклад, для лінз буде згадуватися спосіб, який полягає в осадженні у вакуумі (10^{-5} тор) тонких шарів металевих оксидів з точністю порядку ангстрема. У вільних від пилу камерах лінзи спочатку очищають у

25 промивальних лініях і потім сушать ультразвуком. Вони встановлюються в несучих елементах, які будуть надходити в обробні камери. Вакуум використовується в камерах для випаровування (сублімації) оксиду при низькій температурі. Випаровування може здійснюватися завдяки ефекту Джоуля шляхом нагрівання оксиду або використання електронної гармати. Необхідно досконало контролювати якість і вимірювання параметрів вакууму, інтенсивність випаровування і товщини осаджених шарів. Ці товщини повинні, зазвичай, бути однорідними. Існують інші типи менш дорогих способів нанесення покриттів осадженням пари, таких як фторид магнієвих MgF_2 (показник 1,38) і кріолітових Na_3AlF_6 (показник 1,35), показники заломлення яких наближаються до ідеального показника заломлення без, однак, досягання його, як це може бути можливим у

30 способі винаходу.

Під "Склом" розуміють твердий матеріал або сплав, який є крихким (ламким) і прозорим для видимого світла. Головним чином, скло складається з оксиду кремнію (діоксид кремнію SiO_2) і присадок, при цьому основним складовим є пісок. Серед усіх типів скла, найширше використовуваним є натрієво-кальцієво-силікатне скло. З фізичної точки зору, скло є аморфним

40 матеріалом (тобто, некристалічним матеріалом), який проявляє феномен склування. Нижче своєї температури склування, яка може бути дуже високою, скло є прозорим.

Це приводить до потреби у способі поверхневої обробки скляних матеріалів для надання просвітлювальних властивостей на дуже довгий період часу, переважно згідно зі способами, якими можна легко оперувати в промисловому масштабі, для надання можливості надавати такі

45 скляні матеріали в значній кількості і за розумними грошовими затратами.

Документ US 5250098 розкриває спосіб надійної просвітлювальної обробки скляного матеріалу у видимій області спектра, яка полягає у бомбардуванні іонним променем; використовувані іони є багатозарядними.

Задачею винаходу є надання способу обробки скляного матеріалу, який є відносно недорогим і робить можливим обробляти поверхні, які відповідають вимогам численних застосувань. Серед цих застосувань будуть згадані: сенсорні екрани, окулярні лінзи, лінзи оптичного пристрою, вікна будівлі або оптичні волокна.

Винахід, таким чином, надає спосіб надійної просвітлювальної обробки скляного матеріалу у видимій області спектра, яка полягає у бомбардуванні променем одно- і багатозарядних іонів газу, які одержуються джерелом електронного циклотронного резонансу (ECR), де:

55

- температура обробки скляного матеріалу менша ніж або дорівнює температурі склування;
- доза одно- і багатозарядних іонів газу, які вводяться в одиницю площі поверхні, вибирається в інтервалі 10^{12} іонів/см² - 10^{18} іонів/см² для одержання атомної концентрації одно- і багатозарядних іонів газу таким чином, що показник заломлення n введеного шару становить

приблизно $(n_1 \cdot n_2)^{1/2}$, де n_1 є показником заломлення повітря, а n_2 є показником заломлення скла;

5 - прискорювальну напругу вибирають в інтервалі 5кВ – 1000кВ для одержання товщини t введеного шару, рівної $r \cdot \lambda / 4 \cdot n$, де t є товщиною введеного шару, яка відповідає ділянці введення, де атомна концентрація введених одно- і багатозарядних іонів газу перевищує або дорівнює 1 %, r є цілим числом, λ є довжиною хвилі падаючого світла і n є показником заломлення введеного шару.

10 Винахідники мали змогу виявити, що спосіб надійної просвітлювальної обробки у видимій області спектра, який включає бомбардування променем одно- і багатозарядних іонів газу, одержаних джерелом електронного циклотронного резонансу (ECR), є ефективнішим ніж спосіб, який включає бомбардування променем однозарядних іонів газу.

Згідно з одним варіантом виконання промінь одно- і багатозарядних іонів газу містить 10 % багатозарядних іонів або більше ніж 10 % багатозарядних іонів.

15 Згідно з одним варіантом виконання одно- і багатозарядні іони газу іонного променя вибираються з іонів елементів списку "благородних" газів, до яких входять гелій (He), неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr) і ксенон (Xe).

Згідно з іншим варіантом виконання одно- і багатозарядні іони газу іонного променя вибираються з іонів газів списку, який складається з азоту (N_2) і кисню (O_2).

20 Доза одно- і багатозарядних іонів газу, які вводяться в одиницю площі поверхні, вибирається з інтервалу 10^{12} іонів/см²- 10^{18} іонів/см² для одержання атомної концентрації одно- і багатозарядних іонів газу таким чином, що показник заломлення n введеного шару приблизно дорівнює $(n_1 \cdot n_2)^{1/2}$, де n_1 є показником заломлення повітря, а n_2 є показником заломлення скла; показник заломлення введеного шару зменшується до величини, по суті рівної кореню квадратному з добутку показників заломлення середовищ, відокремлених діоптром. Це відображається наступною формулою: $n = (n_1 \cdot n_2)^{1/2}$, де n_1 є показником заломлення повітря ($n_1=1$), а n_2 є показником заломлення скла; у випадку натрієвого-кальцієвого-силікатного скла ($n_2=1,54$), показник (n) заломлення введеного шару повинен по суті дорівнювати 1,24.

25 Згідно з підрахунками винахідники оцінюють, що повинно існувати пропорційне співвідношення між атомною концентрацією введених іонів і спостережуваним зниженням оптичного показника заломлення. Це співвідношення повинне потім бути приблизно наступним:

$$N = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 \text{ з } x_1 + x_2 = 1$$

з x_1 , який відповідає середній атомній концентрації кремнію (який представляє більшість атомів, які утворюють скло) в нанесеному шарі;

з x_2 , який відповідає середній атомній концентрації іонів, присутніх у введеному шарі.

35 Це також становить:

$$N = n_1 + (n_2 - n_1) \cdot x_2.$$

Для досягання показника заломлення $n=1,24$, повинно бути необхідним на основі цієї формули ввести приблизно 50 % іонів ($x_2=0,5$).

40 Експериментальні результати винахідників демонструють, що необхідно в 5 раз менше іонів для одержання результату, тобто, приблизно атомної концентрації іонів 10 %.

Це виражається наступною емпіричною формулою:

$$N = n_1 + (n_2 - n_1) \cdot 5 \cdot x_2.$$

45 Не заходячи занадто далеко, ця відмінність між теорією і експериментом може пояснюватися створенням і агломерацією щілин, які повинні бути додатковими до формування нанопорожнин, заповнених газом, знижуючи густину середовища і фактично покращуючи зменшення показника заломлення.

Згідно з одним варіантом виконання спосіб винаходу рекомендує досягати максимальної атомної концентрації приблизно 10 % газу для одержання показника заломлення (n), дуже близького до $(n_1 \cdot n_2)^{1/2}$.

50 Прискорювальна напруга одно- і багатозарядних іонів газу, таким чином, вибирається з інтервалу 5кВ (кіловольт) – 1000кВ (кіловольт) для одержання товщини введеного шару, яка відповідає повному добутку довжини хвилі падаючого світла, поділеної на 4, і показника заломлення введеного шару. Надалі, товщина введеного шару стосується ділянки введення, де атомна концентрація іонів перевищує або дорівнює 1 %.

55 Це відображається наступною формулою:

$t = r \cdot \lambda / 4 \cdot n$, де t є товщиною введеного шару, r є цілим числом, λ є довжиною хвилі падаючого світла, а n є показником заломлення введеного шару (дорівнює $(n_1 \cdot n_2)^{1/2}$).

Для хвилі жовтого монохроматичного світла, яка представляє видиму область спектра (довжина хвилі дорівнює 560 нм), товщина введеного шару повинна приблизно дорівнювати

$r^*(560/4 \cdot 1,24)$, де r є цілим числом, іншими словами, дорівнювати $r^*100\text{nm}$. Для $r=1$, товщина введеного шару дорівнює 100nm і, для $r=2$, товщина введеного шару дорівнює 200 nm .

Обробка, рекомендована способом винаходу, приводить до зниження коефіцієнта відбиття падаючого світла принаймні на 50 %, насправді навіть на принаймні 90 %. Ось чому, приймаючи умови способу винаходу, де $n_1=1$ (повітря) і $n = (n_2)^{1/2}$ і підраховуючи мінімальний коефіцієнт відбиття R_m згідно з наступною формулою $R_m = (n^2 - n_2)^2 / (n^2 + n_2)^2$, можна очікувати, регулюючи параметри, що R_m , замість цього, буде мати тенденцію до прямування до ідеальної величини 0, іншими словами до відсутності відбиття.

Шляхом порівняння осаджений шар фториду магнію (MgF_2) має показник заломлення 1,35 (трохи більше за 1,24). Просвітлювальна обробка шляхом осадження MgF_2 зменшує коефіцієнт відбиття з 4 % до 1,2 %, тобто зменшує коефіцієнт відбиття на 60 %.

Згідно з одним варіантом виконання скляний матеріал обробляють одно- і багатозарядними іонами газу, відомими як важкі "благородні" іони, які належать до списку елементів, до яких входять гелій (He), неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr) і ксенон (Xe). Ціллю цієї обробки є створення ділянки, де одно- і багатозарядні благородні іони газу мають ефект зменшення густини скла. Цей шар відрізняється меншим показником заломлення ніж показник заломлення нижнього твердого скла.

Вибір одно- і багатозарядних іонів газу і умов для бомбардування цими одно- і багатозарядними іонами газу згідно з винаходом робить можливим переважно одержувати зменшення показника заломлення скляного матеріалу, яке виражається зменшенням коефіцієнта відбиття і збільшенням коефіцієнта пропускання. Ці властивості є дуже важливими для покращення, наприклад, робочих характеристик фотогальванічного елемента або для послаблення відбиттів на плоскому сенсорному екрані.

Винахідники мали змогу виявити, що інтервали, вибрані згідно з винаходом для прискорювальної напруги і для дози одно- і багатозарядних іонів газу на одиницю площі поверхні, роблять можливим вибирати експериментальні умови, де послаблення відбиттів (таким чином, коефіцієнта відбиття) можливе в силу іонного бомбардування одно- і багатозарядними іонами газу.

Окрім того, вони мали змогу виявити, що спосіб згідно з винаходом може виконуватися "в холодному стані", зокрема при температурі навколишнього середовища, і що для температури скляного матеріалу бажано залишатися меншою або рівною його температурі склування під час виконання способу. Таким чином, можна переважно перешкоджати скляному матеріалу у своєму тілі піддаватися кристалографічній модифікації, шкідливій для його механічних властивостей.

Вибір дози одно- і багатозарядних іонів газу на одиницю площі поверхні в інтервалі доз згідно з винаходом може впливати з етапу попереднього калібрування, де передбачений зразок, який складається зі скляного матеріалу, бомбардується променем одно- і багатозарядних іонів газу, наприклад іонами He, Ne, Ar, Kr, Xe, N_2 , або O_2 . Бомбардування цього скляного матеріалу може здійснюватися на різних ділянках матеріалу множиною доз одно- і багатозарядних іонів газу в інтервалі згідно з винаходом. Оброблені ділянки потім оглядають для вибору відповідної дози в залежності від більш або менш суттєвого спостереження відбиттів на обробленій поверхні.

Оброблені ділянки можна, таким чином, оглядати простими технологіями спостереження, такими як спостереження неозброєним оком під кутом падіння відбитого світла 10° (наприклад неонові лампи) або складнішими технологіями, такими як інтерферометрія.

Не бажаючи прив'язуватися до якоїсь однієї наукової теорії, можна гадати, що цей феномен зменшення показника заломлення введеного шару може пояснюватися появою "нанопорожнин", заповнених введеними газами, показник заломлення яких дуже близький до 1. Ось чому, ці одно- і багатозарядні іони газу є хімічно інертними і розчиняються в склі нижче певної порогової величини атомної концентрації (яка становить нижче 1 %). Як тільки ця порогова величина концентрації перевищується, формуються нанопорожнини, заповнені газом, приводячи до зниження показника заломлення введеного шару.

Згідно з різними варіантами виконання, які можуть поєднуватися:

- доза одно- і багатозарядних іонів газу на одиницю площі поверхні перевищує або дорівнює 10^{15} іонів/ cm^2 , наприклад, перевищує або дорівнює 10^{16} іонів/ cm^2 ;
- прискорювальна напруга одно- і багатозарядних іонів газу становить 5кВ – 200кВ;
- промінь одно- і багатозарядних іонів газу містить 10 % багатозарядних іонів або більше ніж 10 % багатозарядних іонів;
- прискорювальну напругу вибирають для одержання товщини введеного шару, рівну $r^*100\text{nm}$, де r є цілим числом;

- дозу введених одно- і багатозарядних іонів газу на одиницю площі поверхні вибирають для досягання атомної концентрації введених іонів, рівної 10 % з похибкою (+/-) 5 %; згідно з одним варіантом виконання вибір дози введених одно- і багатозарядних іонів газу на одиницю площі поверхні і вибір прискорювальної напруги виконують обрахунком, здійснюваним заздалегідь, що робить можливим оцінювати дозу введених одно- і багатозарядних іонів газу на одиницю площі поверхні для досягання атомної концентрації введених іонів, рівної 10 % з похибкою (+/-) 5 %, починаючи з профіля введення вибраного іону в залежності від глибини введення;

- скляний матеріал здатен рухатися відносно променю одно- і багатозарядних іонів газу зі швидкістю V_D , яка становить 0,1мм/с – 1000мм/с; згідно з одним варіантом виконання одну і ту ж ділянку скляного матеріалу переміщують під променем одно- і багатозарядних іонів газу згідно з множиною N проходів зі швидкістю V_D .

Згідно з представленим винаходом одно- і багатозарядні іони газу одержуються джерелом електронного циклотронного резонансу (ECR), який має перевагу, яка полягає у компактності і помірній енергії.

Представлений винахід також націлений на скляну деталь, яка має принаймні одну поверхню з іоном, введеним згідно зі способом обробки згідно з будь-яким одним вищеописаним варіантом виконання, де відбиття хвилі падаючого світла у видимій області спектра послаблюється менш ніж на половину.

Представлений винахід також націлений на застосування способу обробки згідно з будь-яким одним з вищеописаних варіантів виконання для обробки об'ємної скляної деталі, вибраної зі списку, до якого входять сенсорний екран, окулярні лінзи, лінзи оптичного пристрою, вікно будівлі і оптичне волокно.

Інші відмітні ознаки і переваги представленого винаходу з'являються в нижченаведеному описі необмежувальних прикладів втілення, проілюстрованих доданими фігурами, де:

Фігури 1.a і 1.b представляють поширення падаючої хвилі без і з просвітленим шаром;

Фігури 2, 3, 5, 7 і 9 представляють профілі введення різних іонів в залежності від глибини введення;

фігури 4, 6 і 8 представляють зміну виграшу G (в %), виміряного після обробки, в залежності від дози іонів для заданої прискорювальної напруги.

Згідно з прикладами втілення представленого винаходу зразки натрієвого-кальцієвого-силікатного скла є для деяких зразків об'єктом досліджень з використанням одно- і багатозарядних іонів гелію, з використанням одно- і багатозарядних іонів аргону для інших зразків і з використанням одно- і багатозарядних іонів азоту N_2 для ще інших зразків.

Ці одно- і багатозарядні іони газу випускалися джерелом ECR.

Сім'я натрієвих-кальцієвих-силікатних стекел поєднує стекла на основі діоксиду кремнію SiO_2 , на основі кальцію і на основі натрію, головним чином введених під час виробництва у вигляді CaO і Na_2O . Ці стекла є найпоширенішими; вони використовуються для виготовлення пляшок та вікон і складають порядку 90 % виробництва скла.

Винахідники провели першу серію дослідів з використанням:

- Променю одно- і багатозарядних іонів гелію з силою струму 1мА, який містить іони He^+ і He^{2+} ; прискорювальна напруга становить 35кВ; енергія He^+ становить 35кеВ і енергія He^{2+} становить 70кеВ. Обробні дози дорівнюють 10^{16} , $3 \cdot 10^{16}$ і $6 \cdot 10^{16}$ іонів/см².

- Променю одно- і багатозарядних іонів аргону з силою струму 1мА, який містить іони Ar^+ , Ar^{2+} і Ar^{3+} ; прискорювальна напруга становить 35кВ; енергія Ar^+ становить 35кеВ, енергія Ar^{2+} становить 70кеВ і енергія Ar^{3+} становить 105кеВ. Обробні дози дорівнюють 10^{16} , $5 \cdot 10^{16}$ і 10^{17} іонів/см².

Оброблені зразки рухаються відносно променю зі швидкістю 120 мм/с і з бічним зміщенням при кожному поверненні 4 мм (10 % діаметра променю, що становить 40мм). Обробку здійснюють за кілька проходів для досягання необхідної дози.

Просвітлювальні властивості поверхні зразків можуть якісно оцінюватися неозброєним оком шляхом спостереження відбиття зображення на скляній поверхні або також кількісно в силу використання способу інтерфериметричного вимірювання: наприклад, монохроматичне світло з довжиною хвилі 560нм пропускається крізь тонку скляну смужку, оброблену на обох сторонах, під заданим кутом падіння і аналізують одержане зображення у формі ряду вкладених кілець у фокальній площині лінз. Коефіцієнт відбиття діоптрів смужки може одержуватися шляхом вимірювання тинини світлих кілець (на середній висоті максимальної інтенсивності).

Винахідники провели якісні досліді шляхом спостереження неозброєним оком відбиття світла неонові лампи на трохи нахилений оброблений поверхні для різних доз. Відбите зображення цієї неонові лампи спостерігали під кутом приблизно 10°.

З цих якісних дослідів виявляється, що відбиття неонових світла з точки зору низького контрасту складає приблизно дозу 3×10^{16} іонів/см² для аргону і 10^{17} іонів/см² для гелію.

Дослід, проведений на симуляторі введення багатозарядних іонів, який покладається на напівемпіричні дані, надані винахідниками, надає згідно з вищезгаданими умовами обробки наступні результати, вказані в таблиці 1 для гелію (дивіться профіль введення фігури 2) і таблиці 2 для аргону (дивіться профіль введення фігури 3).

Таблиця 1

Доза (10^{16} іонів He/см ²)	Спостереження просвітлюючого ефекту	Атомна концентрація He (%)	Товщина нанесеного шару
1	Ні	1 %	200 нм
5	Ні	5 %	200 нм
10	Так	11 %	200 нм

Таблиця 2

Доза (10^{16} іонів Ar/см ²)	Спостереження просвітлюючого ефекту	Атомна концентрація Ar (%)	Товщина нанесеного шару
1	Ні	2,5 %	112 нм
3	Так	12,5 %	112 нм
6	Ні	21 %	112 нм

Як рекомендується способом винаходу, регулювання прискорювальної напруги іонів обирають для регулювання товщини введеного шару, яка кратна приблизно 100нм. Ці екстрапольовані величини (прискорювальна напруга, доза) можуть чудово регулюватися під час експериментальної фази регулювання з використанням точного інтерфериметричного засобу, який робить можливим оцінювати оптимальне зниження коефіцієнта відбиття (дивіться вищезгаданий спосіб).

Фігура 1.а зображає як хвиля (I) падаючого світла ділиться під час проходження крізь діоптр на прохідну хвилю (T) і сильно відбиту хвилю (R), як вказано суцільною лінією. Фігура 1.б зображає як просвітлений шар (AR), створений способом винаходу, слабо повертає відбиту хвилю (R), як вказано пунктирною лінією.

Фігура 2 представляє профіль введення іонів гелію, який відповідає дозі 10^{17} іонів/см², одержаної променем іонів He⁺ і He²⁺, і прискорювальній напрузі 35кВ. Розподіл іонів He⁺/He²⁺ становить 90 %/10 %. Глибина введення, виражена в ангстремах, вказана на абсцисі, а атомна концентрація введених іонів гелію, виражена у %, вказана на ординаті. Атомна концентрація іонів гелію сягає приблизно 10 % (+/-5 %) по товщині введеного шару приблизно 200 нм (тобто, 2×100 нм). Товщина введеного шару відповідає ділянці, де атомна концентрація введених іонів гелію перевищує або дорівнює 1 %. Як підтверджено експериментом, ці характеристики надають просвітлювальні властивості введеному шарі.

Фігура 3 представляє профіль введення іонів аргону, який відповідає дозі 3×10^{16} іонів/см², одержаної променем іонів Ar⁺, Ar²⁺ і Ar³⁺ і прискорювальній напрузі 35кВ. Розподіл іонів Ar⁺/Ar²⁺/Ar³⁺ становить 60 %/30 %/10 %. Глибина введення, виражена в ангстремах, вказана на абсцисі, а атомна концентрація введених іонів гелію, виражена в %, вказана на ординаті. Атомна концентрація іонів аргону сягає приблизно 10 % (+/-5 %) по товщині введеного шару приблизно 100 нм (тобто, 1×100 нм). Товщина введеного шару відповідає ділянці, де атомна концентрація введених іонів гелію перевищує або дорівнює 1 %. Як підтверджено експериментом, ці характеристики надають введеному шару просвітлюючих властивостей.

Окрім того, другу серію дослідів виконували для оцінки просвітлювальної обробки засобом для визначення параметрів для кількісного визначення з більшою точністю виграшу в пропусканні світла G (у %), одержаного після обробки, крізь діоптр, виготовлений зі скла, яке належить до сім'ї натрієвого-кальцієвого-силікатного скла. По визначенню G стосується виграшу, вираженого у %, який відповідає збільшенню коефіцієнта пропускання світла, одержаного після обробки (іншими словами, різниці між коефіцієнтом пропускання після і до обробки).

Використовували два типи іонів: азоту (N₂) і аргону (Ar).

Для азоту досліджували дві глибини обробки шляхом встановлення прискорювальної напруги, рівної 20 і 35кВ.

Для аргону використовували тільки одну прискорювальну напругу 35кВ.

Кілька доз використовували для кожного типу іону при різних прискорювальних напругах. Результати вказані в наступних таблицях:

Для азоту (N_2) при напрузі 20кВ:

Дози (10^{17} іонів/см ²)	Виграш G (%)
0	0
0,01	0,4
0,05	0,6
0,1	0,5
0,5	2,3
1	2,3

5 Для азоту (N_2) при напрузі 35кВ:

Дози (10^{17} іонів/см ²)	Виграш G (%)
0	0
0,05	0,5
0,1	0,6
0,3	0,7
0,6	1,4
0,75	1,7
1	-0,4
2,5	1,2
5	0,2

Для аргону (Ar) при напрузі 35кВ:

Дози (10^{17} іонів/см ²)	Виграш G (%)
0	0
0,75	1,9
1	2,1
2,5	2,4

10 Фігура 4 представляє на вісі ординат виграш G (у %), виміряний після обробки азотом (N_2) при напрузі 20кВ і згідно з різними дозами, представленими на осі абсцис і вираженими в 10^{17} іонів/см². Доза $0,4 \times 10^{17}$ іонів/см², зокрема, вказується для зменшення на половину коефіцієнта відбиття світла, який змінюється з 4 % до 2 %, тоді як коефіцієнт пропускання світла, який збільшується на 2 %, змінюється від 96 % до 98 %. Лінія, позначена літерою А, відповідає дозі, для якої атомна концентрація введених іонів дорівнює 10 %, а лінії, позначені літерами В і С, відповідно, відповідають дозам, для яких атомна концентрація введених іонів дорівнює 5 % і 15 %. Порогова величина насичення кривої, яка відповідає максимальному виграшу у пропусканні світла, розташована на лінії А. Лінії В і С охоплюють цю порогову величину.

15 Фігура 5 представляє профіль введення, змодельований іонами азоту, який відповідає дозі $0,5 \times 10^{17}$ іонів/см², одержаний променем іонів N^+ , N^{2+} і N^{3+} і прискорювальною напругою 20кВ. Розподіл іонів $N^+/N^{2+}/N^{3+}$ дорівнює 58 %/31 %/11 %. Глибина введення, виражена в ангстремах, вказується на абсцисі, а атомна концентрація введених іонів азоту, виражена у %, вказується на ординаті. Атомна концентрація іонів азоту сягає приблизно 10 % по товщині введеного шару приблизно 200нм (тобто, 2×100 нм). Товщина t введеного шару відповідає ділянці, де атомна концентрація введених іонів азоту перевищує або дорівнює 1 %. Експеримент підтверджує, що ці характеристики обробки з точки зору максимальної концентрації введених іонів і з точки зору глибини обробки надають просвітлювальних властивостей шару, сформованому іонами азоту.

25 Фігура 6 представляє на осі ординат виграш G (в %), виміряний після обробки азотом (N_2) при напрузі 35кВ згідно з різними дозами, представленими на осі абсцис і вираженими в 10^{17} іонів/см². Тут також, доза $0,75 \times 10^{17}$ іонів/см², зокрема, вказується для зменшення фактично на половину коефіцієнта відбиття світла, який змінюється з 4 % до 2,3 %, тоді як коефіцієнт пропускання світла, який збільшується на 1,7 %, змінюється від 96 % до 97,7 %. Лінія, позначена літерою А, відповідає дозі, для якої атомна концентрація введених іонів дорівнює 10 %, і лінії, позначені літерами В і С, відповідно, відповідають дозам, для яких атомна концентрація введених іонів дорівнює 5 % і 15 %. Пік кривої, який відповідає максимальному виграшу у пропусканні світла, розташований на лінії А. Лінії В і С охоплюють цей пік.

35 Фігура 7 представляє профіль введення, змодельований іонами азоту, який відповідає дозі $0,75 \times 10^{17}$ іонів/см², одержаний променем іонів N^+ , N^{2+} і N^{3+} і прискорювальною напругою 35кВ. Розподіл іонів $N^+/N^{2+}/N^{3+}$ дорівнює 58 %/31 %/11 %. Глибина введення, виражена в ангстремах,

вказується на абсцисі, а атомна концентрація введених іонів азоту, виражена у %, вказується на ординаті. Атомна концентрація іонів азоту сягає приблизно 10 % по товщині введеного шару приблизно 300нм (тобто, $3 \times 100\text{нм}$). Товщина t введеного шару відповідає ділянці, де атомна концентрація введених іонів азоту перевищує або дорівнює 1 %. Експеримент підтверджує, що ці характеристики обробки з точки зору максимальної концентрації введених іонів і з точки зору глибини обробки надають просвітлювальних властивостей шару, насиченого іонами азоту.

Фігура 8 представляє на осі ординат виграш G (у %), виміряний після обробки аргонном (Ar) при напрузі 35кВ, згідно з різними дозами, представленими на осі абсцис і вираженими в 10^{17} іонів/см². Доза $0,75 \times 10^{17}$ іонів/см², насправді навіть менше, зокрема, вказується для зменшення фактично на половину коефіцієнта відбиття світла, який змінюється з 4 % до 2,1 %, тоді як коефіцієнт пропускання світла, який збільшується на 1,9 %, змінюється з 96 % до 97,9 %. Лінія, позначена літерою А, відповідає дозі, для якої атомна концентрація введених іонів дорівнює 15 %, і лінії, позначені літерами В і С, відповідно, відповідають дозам, для яких атомна концентрація введених іонів дорівнює 10 % і 20 %. Порогова величина насичення, яка відповідає максимальному виграшу в пропусканні світла, замість цього, розташована на лінії А, де концентрація становить 15 % (трохи вище від очікуваних 10 %). Однак, буде вказуватися, що крива є продуктом екстраполяції скінченною кількістю результатів, отриманих з дозами, які перевищують або дорівнюють $0,5 \times 10^{17}$ іонів/см². Повинно бути необхідним доповнити і уточнити цю екстраполяцію результатами, одержаними з меншими дозами, меншими за $0,75 \times 10^{17}$ іонів/см² (наприклад $0,1, 0,2$ і $0,5 \times 10^{17}$ іонів/см²). Високо ймовірно, що, у цьому випадку, порогова величина насичення переноситься до ділянки менших доз, які знаходяться в околі приблизно $0,5 \times 10^{17}$ іонів/см², яка відповідає атомній концентрації введених іонів, яка знаходиться в околі приблизно 10 %, що повинно бути більшим у відповідності з прогнозами.

Фігура 9 представляє профіль введення, змодельований іонами аргону, який відповідає дозі $0,75 \times 10^{17}$ іонів/см², одержаній променем іонів Ar^+ , Ar^{2+} і Ar^{3+} і прискорювальною напругою 35кВ. Розподіл іонів $\text{Ar}^+/\text{Ar}^{2+}/\text{Ar}^{3+}$ становить 66 %/24 %/10 %. Глибина введення, виражена в ангстремах, вказується на абсцисі, а атомна концентрація введених іонів аргону, виражена у %, вказується на ординаті. Атомна концентрація іонів аргону сягає приблизно 15 % по товщині введеного шару приблизно 100нм (тобто, $1 \times 100\text{нм}$). Товщина t введеного шару відповідає ділянці, де атомна концентрація введених іонів азоту перевищує або дорівнює 1 %. Експеримент підтверджує, що ці характеристики обробки з точки зору максимальної атомної концентрації введених іонів і з точки зору глибини обробки надають просвітлювальні властивості шару, насиченого іонами аргону.

З цієї обробки виявляється, що азот робить можливим одержувати просвітлювальні властивості, співставні з тими, що одержані благородними іонами, такими як іони гелію або аргону. Не заходячи занадто далеко, це може бути пояснено для благородних газів формуванням нанопорожнин, заповнених молекулами азоту N_2 . Попередні дослідження показують, що ті ж самі ефекти одержуються з іншим двоатомним газом, таким як кисень (O_2).

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

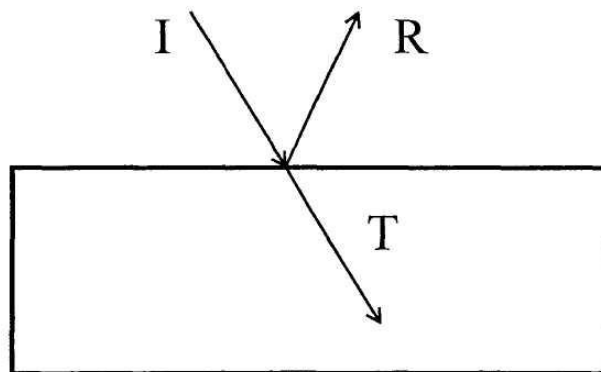
1. Спосіб надійної просвітлювальної обробки скляного матеріалу у видимій області спектра, який **відрізняється** тим, що полягає у бомбардуванні променем одно- і багатозарядних іонів газу, які одержують джерелом електронного циклотронного резонансу (ECR), де:

- температура обробки скляного матеріалу менша або дорівнює температурі склування;
- доза одно- і багатозарядних іонів газу, які вводять в одиницю площі поверхні, вибирають з інтервалу 10^{12} - 10^{18} іонів/см² для одержання атомної концентрації одно- і багатозарядних іонів газу такої, що показник заломлення n введеного шару приблизно дорівнює $(n_1 \cdot n_2)^{1/2}$, де n_1 є показником заломлення повітря, а n_2 є показником заломлення скла;
- прискорювальну напругу вибирають з інтервалу 5-1000 кВ для одержання товщини t введеного шару, рівної $r \cdot \lambda / 4 \cdot n$, де t є товщиною введеного шару, яка відповідає ділянці введення, де атомна концентрація введених одно- і багатозарядних іонів газу перевищує або дорівнює 1 %, r є цілим числом, λ є довжиною хвилі падаючого світла, а n є показником заломлення введеного шару.

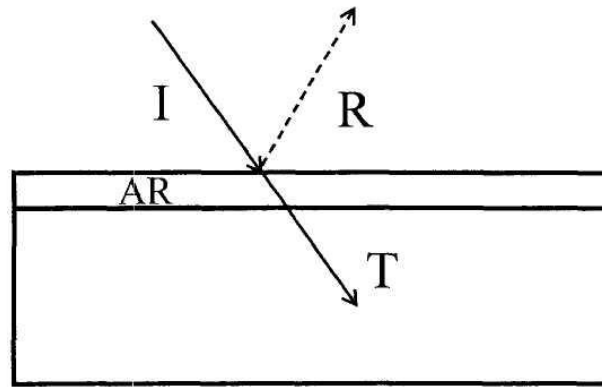
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що одно- і багатозарядні іони газу іонного променю вибирають з іонів елементів списку, до якого входять гелій (He), неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr) і ксенон (Xe).

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що одно- і багатозарядні іони газу іонного променю вибирають з іонів газів списку, до якого входять азот (N_2) і кисень (O_2).

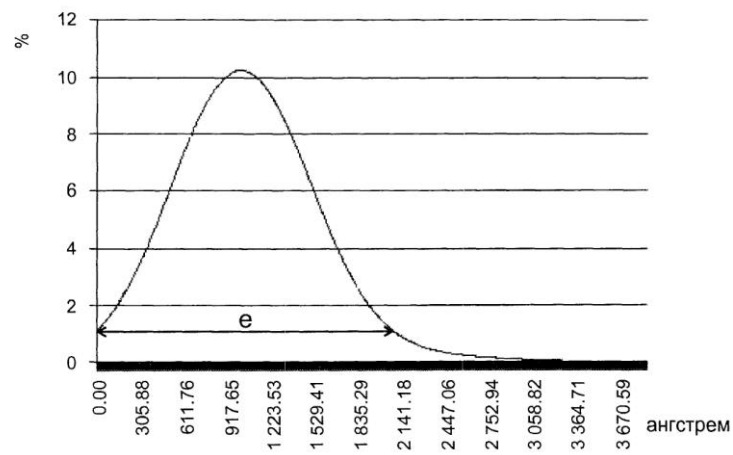
4. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що промінь одно- і багатозарядних іонів газу містить 10 % багатозарядних іонів або більше ніж 10 % багатозарядних іонів.
5. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що прискорювальну напругу вибирають для одержання товщини введеного шару, рівної $p \cdot 100$ нм, де p є цілим числом.
6. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що дозу введених одно- і багатозарядних іонів газу на одинцю площі поверхні вибирають для досягання атомної концентрації введених іонів, рівної 10 % з похибкою $(\pm) 5 \%$.
- 10 7. Спосіб за попереднім пунктом, який **відрізняється** тим, що вибір дози введених одно- і багатозарядних іонів газу в одиницю площі поверхні і вибір прискорювальної напруги здійснюють обрахунком, виконуваним заздалегідь, що робить можливим оцінювати дозу введених одно- і багатозарядних іонів газу в одиницю площі поверхні для досягання атомної концентрації введених іонів, рівної 10 % з похибкою $(\pm) 5 \%$, починаючи з профілю введення
- 15 вибраного іону в залежності від глибини введення.
8. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що скляний матеріал здатен рухатися відносно променю одно- і багатозарядних іонів газу зі швидкістю V_D , яка становить 0,1-1000 мм/с.
9. Спосіб за попереднім пунктом, який **відрізняється** тим, що одну і ту ж ділянку скляного матеріалу переміщують під променем одно- і багатозарядних іонів газу згідно з N проходками зі швидкістю V_D .
- 20 10. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що скляний матеріал вибирають зі списку, до якого входить натрієві-кальцієві-силікатні стекла.
11. Скляна деталь, яка має принаймні одну поверхню з іоном, введеним згідно зі способом за
- 25 будь-яким із попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що відбиття хвилі падаючого світла у видимій області спектра зменшене менш ніж на половину.
12. Застосування способу обробки за будь-яким із пп. 1-10 для обробки об'ємної скляної деталі, вибраної зі списку, до якого входять сенсорний екран, окулярні лінзи, лінзи оптичного пристрою, вікно будівлі і оптичне волокно.



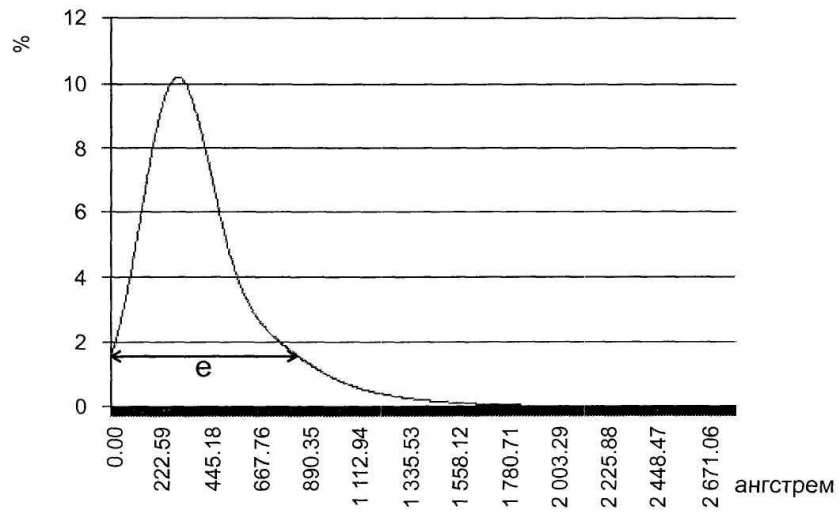
ФІГ. 1а



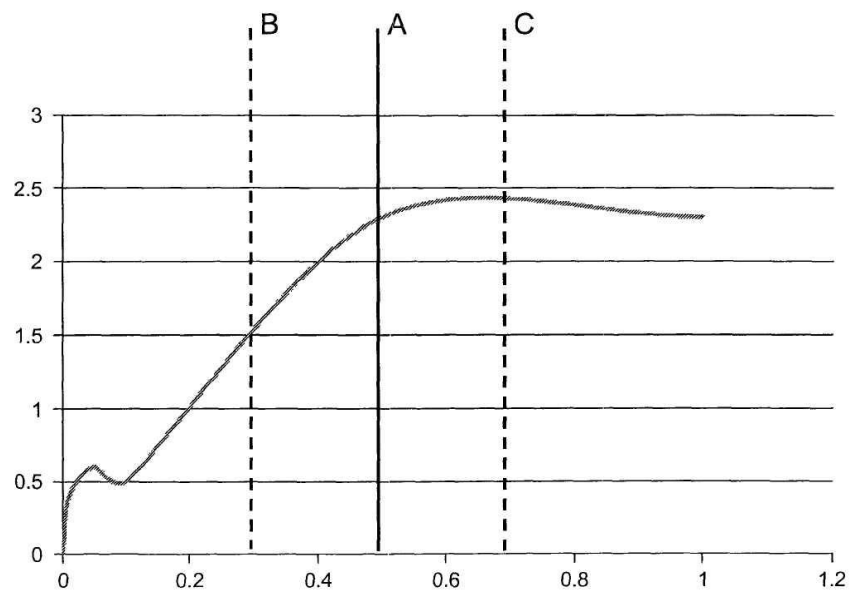
ФІГ. 1b



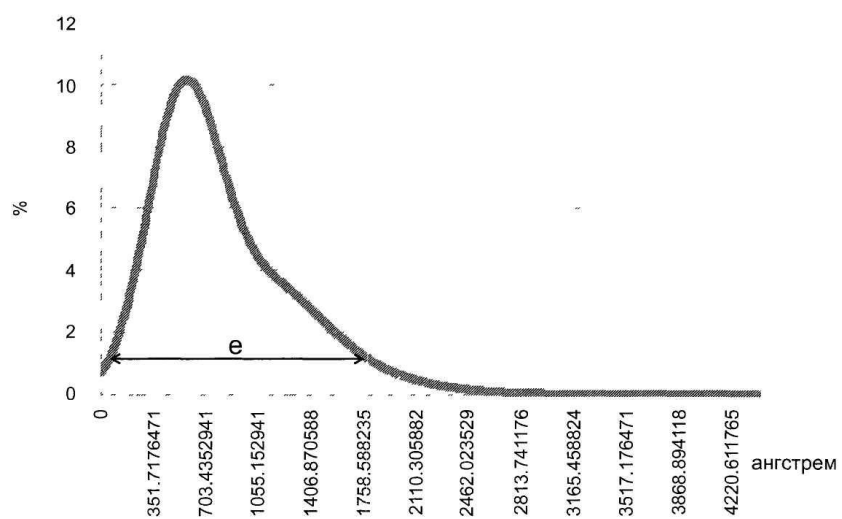
ФІГ. 2



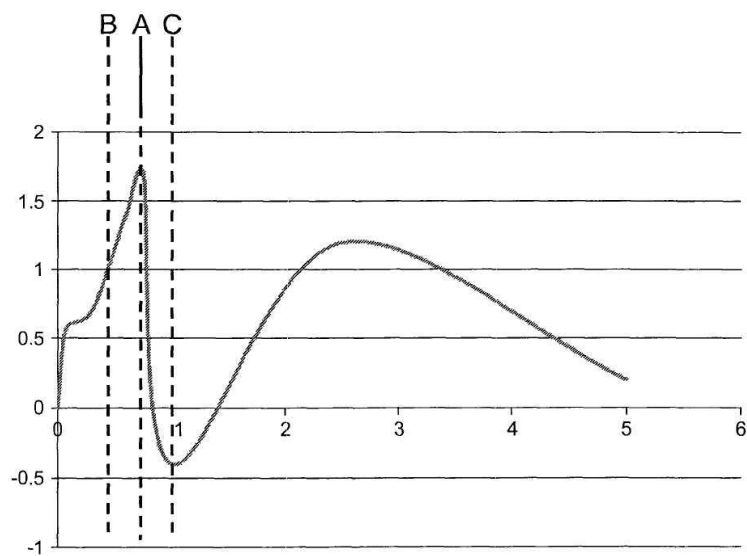
ФІГ. 3



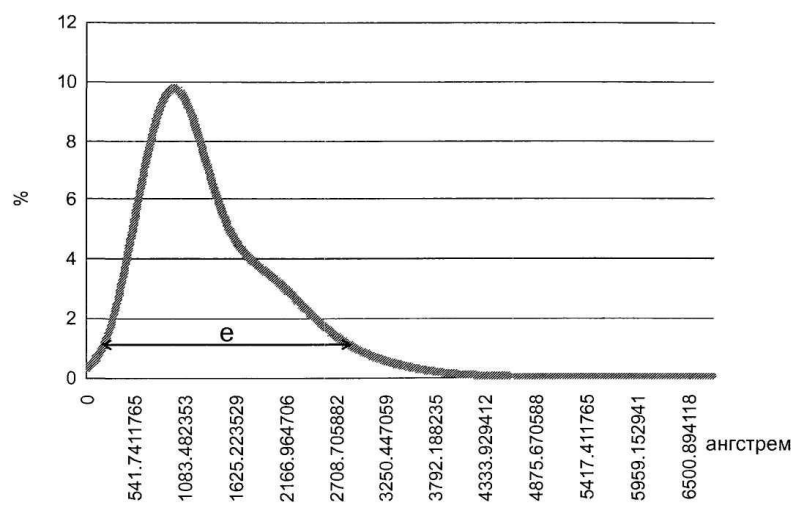
ФІГ. 4



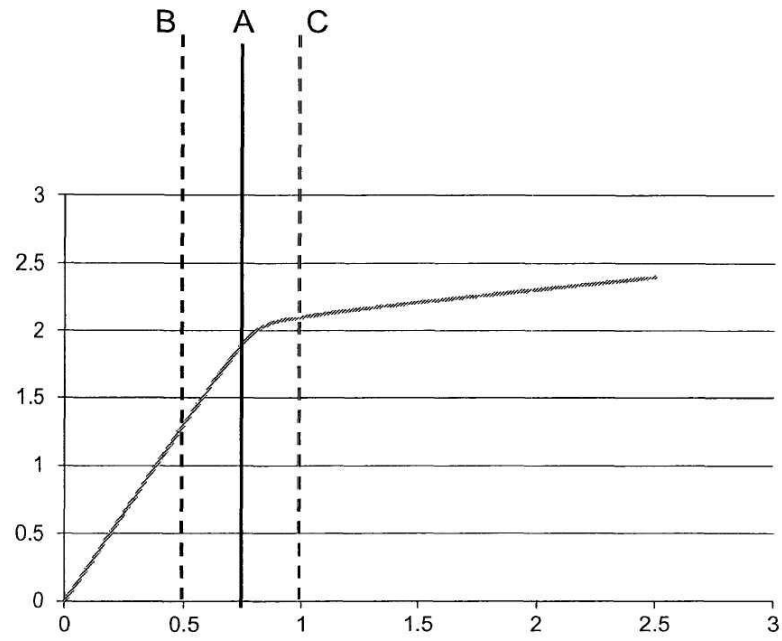
ФІГ. 5



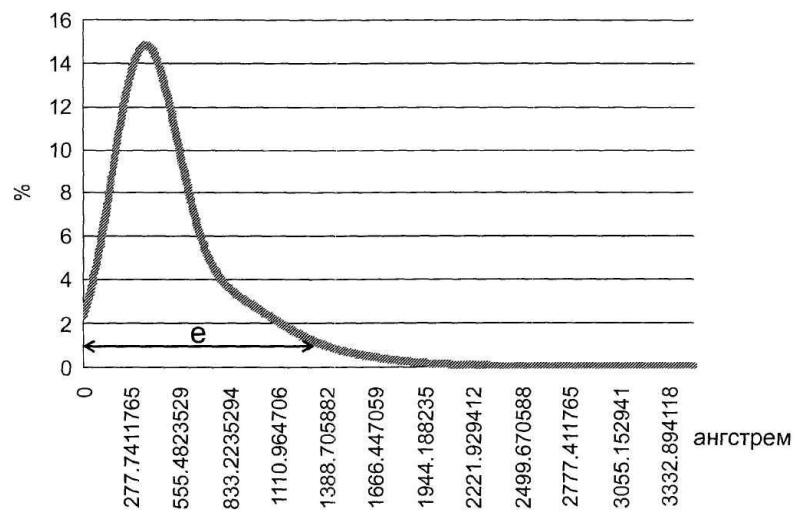
ФІГ. 6



ФІГ. 7



ФІГ. 8



ФІГ. 9

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601