

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035316**(13) **B9**

**(12) ИСПРАВЛЕННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К
ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(15) Информация об исправлении
Версия исправления: 1 (W1 B1)
исправления в формуле: п.3

(48) Дата публикации исправления
2020.07.27, Бюллетень №7'2020

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.05.27

(21) Номер заявки
201692408

(22) Дата подачи заявки
2015.03.23

(51) Int. Cl. **C23C 14/48** (2006.01)
C30B 29/20 (2006.01)
C30B 33/04 (2006.01)
G02B 1/11 (2015.01)
G02B 1/12 (2006.01)
G06F 3/044 (2006.01)

**(54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ САПФИРОВОГО МАТЕРИАЛА ПУЧКОМ ОДНО- И/ИЛИ
МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ ГАЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АНТИБЛИКОВОГО
МАТЕРИАЛА**

(31) **14 01172; 14 02293**

(32) **2014.05.23; 2014.10.09**

(33) **FR**

(43) **2017.04.28**

(86) **PCT/EP2015/056116**

(87) **WO 2015/176850 2015.11.26**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
КЕРТЕК (FR)

(72) Изобретатель:
Герналек Фредерик, Бусардо Дени
(FR)

(74) Представитель:
Перегудова Ю.Б., Фелицына С.Б. (RU)

(56) KIRKPATRICK A. ET AL.: "EFFECT OF ION IMPLANTATION ON THE STRENGTH OF SAPPHIRE AT 300-600°C", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, DORDRECHT, vol. 36, no. 9, 1 May 2001 (2001-05-01), pages 2195-2201, XP001048280, ISSN: 0022-2461, DOI:10.1023/A:1017596001471,

page 2196, column 1, line 1 - page 2197, column 1, line 15; figures 1-3; table 1

SPRATT W.T. ET AL.: "Effects of hydrogen ion implantation and thermal annealing on structural and optical properties of single-crystal sapphire", MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM PROCEEDINGS - ION BEAMS - NEW APPLICATIONS FROM MESOSCALE TO NANOSCALE 2012 MATERIALS RESEARCH SOCIETY USA, vol. 1354, 25 April 2011 (2011-04-25), pages 97-102, XP002729037, DOI: 10.1557/OPL.2011.1279, page 98, line 10 - page 99, line 2; figure 1

CHAIWONG C. ET AL.: "Optical property modification of ruby and sapphire by N-ion implantation", SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 196, no. 1-3, 22 June 2005 (2005-06-22), pages 108-112, XP027609147, ISSN: 0257-8972 [retrieved on 2005-06-22], page 108, column 2, line 17 - page 110, column 2, line 19; figure 2

EP-A1-2752507

US-A1-2013328798

US-A1-2006210783

FR-A1-2899242

(57) В изобретении способ обработки сапфирового материала включает облучение поверхности сапфирового материала, причем поверхность прилегает к среде, отличной от сапфирового материала, пучком одно- и/или многозарядных ионов газа так, чтобы получить ионно-имплантированный слой в сапфировом материале, причем ионы выбраны из ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S). Обработка дает антибликовый эффект на обработанных материалах (61, 62, 63) по сравнению с необработанными подложками (60). Указанный способ может быть использован для получения емкостной сенсорной панели с высоким пропусканием в видимом диапазоне.

Изобретение относится к способу обработки сапфирового материала пучком одной/или многозарядных ионов газа; этот способ предназначен для снижения отражения и улучшения пропускания света, например, в спектре длин волн видимого диапазона, например, при длительном использовании. Настоящее изобретение также относится к емкостной сенсорной панели, имеющей высокое пропускание в видимом диапазоне.

В соответствии с настоящим изобретением "сапфировый материал" представляет собой материал, по существу, состоящий из корунда, то есть оксида алюминия ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$). Сапфировый материал может включать следовые количества элементов, таких как железо, титан, хром, медь или магний, которые могут придать корунду соответственно синий, желтый, фиолетовый, оранжевый или зеленый цвета. Примеси хрома в корунде дают розовый или красный оттенок, последний обычно называют "рубином"; рубины являются частью сапфировых материалов в соответствии с редакцией настоящего изобретения. Цвет обусловлен появлением уровней энергии в запрещенной зоне корунда из-за наличия примесей. Эти уровни изменяют спектры испускания и поглощения материала и, следовательно, его цвет. Другие следы элементов также могут быть частью сапфирового материала.

Сапфировый материал включает по меньшей мере 98 мас.% оксида алюминия, как, например, по меньшей мере 99 мас.% оксида алюминия, как, например, по меньшей мере 99,9 мас.% оксида алюминия.

Сапфировый материал может быть получен из одного или из множества монокристалла(ов) корунда; он может таким образом быть поликристаллическим в соответствии с осуществлением настоящего изобретения, сапфировый материал является частью одного монокристалла корунда.

Сапфировый материал может быть природным или синтетическим; в соответствии с осуществлением сапфировый материал по настоящему изобретению представляет собой синтетический сапфировый материал.

С начала 19 в. было известно, как изготавливать синтетические сапфиры (и синтетические рубины) в лаборатории, химический состав и физические свойства которых такие же, что и природных камней. Эти синтетические драгоценные камни можно распознать в общем случае по изогнутым линиям кристаллизации, по меньшей мере, для самых старых производств.

Производство синтетического сапфирового материала в настоящее время находится на промышленной стадии. Синтетический сапфировый материал может быть, например, получен процессом Чохральского или с помощью способов, являющихся производными процесса Чохральского (например, описанный в примере способ Киропулоса, способ Багдасарова, способ Степанова, EFG ((процесс) вертикального выращивания ленточных и стержневых монокристаллов); синтетический сапфировый материал также может быть получен из агломерированного оксида алюминия, спеченного и расплавленного (например, с помощью горячего изостатического прессования) в инертной атмосфере, с получением прозрачного, но слегка пористого поликристаллического продукта.

Сапфировые материалы также известны как "Blue Glass" или "сапфировое стекло", даже если они не являются, по существу, стеклом, а кристаллическим материалом.

В физических единицах синтетический сапфировый материал является очень твердым кристаллическим материалом (твердость равная 9 по шкале Мооса), принадлежащим к семейству корунда, имеющему очень высокий показатель преломления, равный 1,76.

Из-за своей высокой стойкости к царапинам синтетический сапфировый материал используется в широком диапазоне применений, таких как экраны, например сенсорные экраны, окна, часовые стекла, детали светоизлучающих устройств (LED), детали осветительных устройств, оптические компоненты, такие как, например, линзы устройств или объективов фотокамер. Использование синтетических сапфировых материалов в области смартфонов, например, может быть особенно актуальным.

Хорошо известно, что поверхность синтетического сапфирового материала отражает около 15,5% падающего на нее света. Такое высокое отражение света может быть недостатком при желании прочитать информацию за окном сапфирового материала; это может фактически уменьшить способность считывания, например, часов или плоского экрана компьютера или мобильного телефона.

Это отражение света на поверхности синтетического сапфирового материала в более общем плане выражается уравнениями Френеля, дающими для светового луча, проходящего через границу раздела под углом падения 90° , следующие коэффициенты отражения (R) и пропускания (T):

$$R = \frac{(nS - nM)^2}{(nS + nM)^2};$$

$$T = \frac{4nM \times nS}{(nS + nM)^2}.$$

Коэффициент отражения (R) также обычно называют "коэффициентом отражения мощности или отражением".

Коэффициент пропускания (T) также обычно называют "коэффициент пропускания мощности" или "пропускание".

В формуле во всем настоящем документе знак "x" представляет знак умножения, если он заключен между двумя параметрами; знак "x", также может быть использован для обозначения знака умножения.

nS и nM являются показателями преломления в диапазоне видимого света (значение длины волны в интервале 400-800 нм) соответственно сапфирового материала и среды, примыкающей к сапфировому

материалу и отделенной от него границей раздела.

Следует отметить, что $R+T=1$ (закон сохранения энергии).

Что касается примера, можно вычислить R и T для конфигурации воздух/сапфировый материал, где $nM=1$ для воздуха (где $nM=nA$, показатель преломления воздуха) и $nS=1,76$ для примера синтетического сапфирового материала; здесь вышеприведенные формулы дают следующие результаты:

$$R=0,0758 \text{ и } T=1-R=0,9242.$$

Таким образом, 7,6% света отражается, тогда как 92,4% света проходит из-за разницы показателей преломления между указанным сапфировым материалом и воздухом. Этот уровень отражения света можно рассматривать как высокий и как недостаток для некоторых применений.

Этот недостаток еще более важен при рассмотрении сапфирового материала, окруженного двумя слоями воздуха, имеющего таким образом две границы раздела воздух/сапфировый материал. Для такой полосы синтетического сапфирового материала, состоящего из двух сторон, потери на отражение в два раза больше, т.е. $2 \times 7,6\% = 15,2\%$. Это высокое отражение затрудняет считывание данных, находящихся под экраном сапфирового материала или часового стекла.

Способы антибликовой обработки известного уровня техники и включают осаждение слоя на основе оксидов, которые являются относительно сложными и дорогостоящими при использовании. Например, для часовых стекол можно упомянуть способ, состоящий из вакуумного осаждения (10^{-5} торр) тонких слоев оксидов металлов с точностью порядка одного ангстрема. В обеспыленных камерах часовые стекла сначала очищаются на линиях мойки и подвергаются ультразвуковой сушке. Их помещают в держатели, подаваемые на обработку в колоколообразную камеру. Вакуум создают в колоколообразных камерах для испарения (сублимации) оксида при более низкой температуре. Испарение может быть осуществлено с помощью эффекта Джоуля путем нагрева оксида или с помощью электронной пушки. Необходимо точно контролировать характеристики вакуума и измерение, скорости испарения и толщины осажденных слоев. Эти толщины несомненно должны быть равномерными. Существуют другие типы менее дорогостоящего PVD (физического осаждения из паровой фазы) покрытия, такие как фторид магния MgF_2 (показатель 1,38) и криолит Na_3AlF_6 (показатель 1,35), у которых показатели преломления приближаются к идеальному показателю (равному 1,33), однако без достижения стойкости к царапинам, сопоставимой или превосходящей синтетический сапфировый материал, обеспечиваемой способом в соответствии с изобретением. PVD покрытия, нанесенные на синтетический сапфировый материал для придания указанному сапфировому материалу антибликовые свойства подвержены царапинам или сколам, тем самым изначально устраняя всякий интерес.

Тем не менее, способы нанесения PVD покрытия имеют свои недостатки; способ PVD покрытия состоит в создании нескольких тонких слоев с толщиной и химическим составом, которые необходимо точно контролировать, чтобы сформировать каждый пакет интерференционных слоев, имеющих очень точный показатель преломления. Трудности могут возникать при использовании такого способа; а именно может быть сложно обеспечить соответствующие и/или воспроизводимые результаты; эти трудности могут возникнуть из-за проблем контроля толщины, контроля показатель преломления, формы и расположения детали в вакуумной камере, изменения типа газа, изменения типа металла перед созданием каждого слоя, остаточного загрязнения слоя после каждого изменения газа и/или металла, проверки параметров перед обработкой новых деталей.

Все вышесказанное приводит к необходимости в способе обработки сапфирового материала для получения улучшенных антибликовых свойств. Предпочтительно антибликовые свойства, полученные таким способом, должны быть стабильными в течение очень длительного срока; предпочтительно указанные антибликовые свойства должны иметь подходящую стойкость к царапинам, которые, например, по существу, сопоставимы или превосходят свойства исходного синтетического сапфирового материала. Соответственно указанный способ обработки поверхности сапфирового материала может заменить антибликовые PVD покрытия и при этом может привести к улучшенным антибликовым свойствам. Предпочтительно указанный способ обработки поверхности сапфирового материала должен быть пригоден для простого промышленного внедрения, чтобы иметь возможность предложить такие сапфировые материалы в значительном количестве и при разумных затратах.

Целью изобретения является создание способа обработки сапфирового материала, который открывает новые направления; предпочтительно указанный способ является недорогим или даже если является недорогим и подходящим для обработки поверхностей, отвечает потребностям многочисленных применений.

С этой целью задачей настоящего изобретения является способ обработки сапфирового материала, указанный способ включает облучение поверхности сапфирового материала, указанная поверхность прилегает к среде, отличной от сапфирового материала, пучком одно- и/или многозарядных ионов газа так, чтобы создать ионно-имплантированный слой в сапфировом материале, в котором

доза имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности каждого пучка ионов выбрана в диапазоне 10^{12} - 10^{18} ионов/см² и

ускоряющее напряжение выбрано в диапазоне 5-1000 кВ;

доза имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа и ускоряющее напряжение допол-

нительно выбраны так, чтобы провести антибликовую обработку в видимом диапазоне; и

в котором ионы одно- и/или многозарядных ионов газа выбраны из ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S).

Указанным способом обработки можно выполнить антибликовую обработку сапфирового материала; такая антибликовая обработка может привести к подходящим результатам по пропусканию, а именно в видимом диапазоне. В соответствии с осуществлениями могут быть получены результаты по пропусканию, которые прежде никогда не были достигнуты. Указанным способом обработки можно обработать поверхности сапфирового материала, отвечающих требованиям многочисленных применений. Среди этих применений можно упомянуть сенсорные экраны, окна, часовые стекла, детали светоизлучающего устройства (LED), детали устройства освещения, оптические компоненты, такие как, например, линзы устройства.

Новые применения сапфирового материала также могут быть разработаны благодаря способу обработки по изобретению.

Кроме того, способ обработки по изобретению может быть реализован благодаря экономически эффективным устройствам. Он также может быть реализован так, чтобы получить высокие уровни производительности.

Таким образом, настоящее изобретение открывает новые пути обработки и использования сапфировых материалов.

В соответствии с различными осуществлениями настоящего изобретения, которые могут быть объединены в соответствии со всеми технически значимыми осуществлениями:

ионы одно- и/или многозарядных ионов газа выбраны из ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), азота (N) и кислорода (O), например, из списка, состоящего из азота (N) и кислорода (O);

ионы для облучения пучком одно- и/или многозарядных ионов газа получают с помощью источника электронного циклотронного резонанса (ЭЦР);

реализуются дополнительные признаки, в которых

доза имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности выбрана так, чтобы получить такую атомную концентрацию в ионно-имплантированном слое, что показатель преломления n имплантированного слоя приблизительно был равен $(nA \times nS)^{1/2}$, например более или равен $0,8 \times (nA \times nS)^{1/2}$ и равен или менее $1,2 \times (nA \times nS)^{1/2}$, где nA показатель воздуха и nS показатель синтетического сапфирового материала;

ускоряющее напряжение выбрано так, чтобы получить толщину имплантированного слоя e , которая больше или равна $0,75 \times r \times \lambda / (4nL)$ и равна или менее $1,25 \times r \times \lambda / (4nL)$, например равную $r \times \lambda / (4nL)$,

где e толщина имплантированного слоя, соответствующая зоне имплантации, где атомная концентрация имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа более или равна 1% и где e выражается в нанометрах;

r является ненулевым положительным целым числом;

λ является длиной падающей волны, где λ выражается в нанометрах, например λ равна 560 нм;

nL является индексом ионно-имплантированного слоя, например nL равен 1,4;

ионы газового пучка являются одно- и многозарядными и включают 10% многозарядных ионов или более 10% многозарядных ионов;

ускоряющее напряжение выбрано для получения толщины имплантированного слоя в диапазоне $75 \times r - 125 \times r$, например равной $100 \times r$, выраженной в нм, где r ненулевое целое положительное число;

доза имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газов на единицу площади поверхности выбрана для получения атомной концентрации имплантированных ионов, более или равной 5% и равной или менее 20%, как, например, более или равной 9,5% и равной или менее 10,5%;

сапфировый материал может быть перемещен по отношению к пучку одно- и/или многозарядных ионов газа со скоростью V_D в интервале 0,1-1000 мм/с; в соответствии с осуществлением та же зона сапфирового материала перемещается под пучком одно- и/или многозарядных ионов газа по нескольким направлениям NP со скоростью V_D ;

доза имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности выбрана в диапазоне 10^{16} - 10^{18} ионов/см², например выбрана в диапазоне 2×10^{16} - 2×10^{17} ионов/см²;

ускоряющее напряжение выбрано в диапазоне 10-100 кВ;

доза имплантированных ионов одно- и/или многозарядных газа и ускоряющее напряжение дополнительно выбирают в соответствии с дополнительными правилами выбора; в соответствии с различными осуществлениями:

дополнительные правила выбора включают использование данных, полученных на стадии предшествующей облучению пучком одно- и/или многозарядных ионов газа обрабатываемого сапфирового материала, причем указанная стадия заключается в выборе одного типа одно- и/или многозарядных ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора

(В), углерода (С), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S), выполнении нескольких экспериментов с сапфировым материалом, аналогичным обрабатываемому, указанными ионами, используемыми для облучения, и изменении дозы имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и ускоряющего напряжения до определения искомого диапазона дозы имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и ускоряющего напряжения так, чтобы создать ионно-имплантированный слой для получения искомого антибликового покрытия в видимом диапазоне;

выбор дозы одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и значения ускоряющего напряжения в диапазонах предыдущей стадии и обработки обрабатываемого сапфирового материала указанными ионами при указанных значениях;

дополнительные правила выбора включают

выбор одного типа одно- и/или многозарядных ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S);

выбор дозы одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и значения ускоряющего напряжения в соответствии с расчетом на основе профиля ионной имплантации в зависимости от глубины имплантации выбранных ионов, где профиль указанной ионной имплантации предварительно рассчитан или определен для нескольких ускоряющих напряжений так, чтобы получить ионно-имплантационный слой для получения искомого антибликового покрытия в видимом диапазоне, так, чтобы получить атомную концентрацию имплантированных ионов более или равную 5% и равную или менее 20%, как, например, более или равную 9,5% и равную или менее 10,5%;

дополнительные правила выбора включают

выбор одного типа одно- и/или многозарядных ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S);

выбор дозы одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и величины ускоряющего напряжения согласно следующему уравнению:

$$0,02 \leq D \times C^2 / (T \times \Delta n) \leq 2;$$

в котором D представляет выбираемую дозу одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности, выраженную в 10^{16} ионов/см²;

$C = M/15$, где M атомная масса выбранного иона;

T представляет выбираемое ускоряющее напряжение, выраженное в кВ;

Δn является разницей показателей преломления между показателем преломления nS обрабатываемого сапфирового материала и показателем преломления nM среды, примыкающей к облучаемой поверхности сапфирового материала; в соответствии с осуществлением $D \times C^2 / (T \times \Delta n)$ более или равно 0,1, как, например, более или равно 0,5, и/или менее или равно 1, как, например, равно или менее 0,8.

Настоящее изобретение также относится к детали, изготовленной из синтетического сапфирового материала, включающего по меньшей мере одну ионно-имплантированную поверхность по любому из предшествующих пунктов, в которой отражение падающей волны в видимом диапазоне может быть уменьшено по меньшей мере на одну треть, как, например, наполовину, по сравнению с отражением падающей волны в видимой области спектра на необработанном сапфировом материале, так, например, для падающей длины волны 560 нм.

Настоящее изобретение также относится к использованию способа обработки в соответствии с любым из осуществлений предшествующего способа для обработки твердой детали, изготовленной из синтетического сапфирового материала, выбранной из списка, состоящего из экрана, такого как, например, сенсорный экран, окна, часового стекла, детали светоизлучающего устройства (LED), детали осветительного устройства, оптического компонента, такого как, например, линзы устройства.

Настоящее изобретение также относится к синтетическому сапфировому материалу, включающему по меньшей мере одну поверхность с имплантированными ионами элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S), для которого отражение падающей волны в видимом диапазоне на указанной поверхности равно или менее 2%, как, например, равно или менее 1%, по измерению при длине волны 560 нм.

Настоящее изобретение также относится к емкостной сенсорной панели, имеющей высокое пропускание в видимом диапазоне, включающей:

а) переднюю поверхность, выполненную из сапфирового материала, причем передняя сторона сапфирового материала была облучена с использованием ионного пучка, в котором ионы выбраны из ионов атомов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S);

б) емкостной детекторный слой;

с) дисплейный экран.

В соответствии с осуществлением указанной емкостной сенсорной панели передняя сторона сапфирового материала имеет толщину, равную или менее 1 мм.

В соответствии с осуществлением указанной емкостной сенсорной панели емкостная сенсорная панель дополнительно включает заднюю поверхность дисплейного экрана и выполненную из сапфирового материала, причем задняя поверхность сапфирового материала облучена ионным пучком, в котором ионы выбраны из ионов атомов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S).

В соответствии с осуществлением указанной емкостной сенсорной панели задняя поверхность сапфирового материала имеет толщину менее или равную 400 мкм, например равную 100 мкм.

В соответствии с осуществлением указанной емкостной сенсорной панели передняя поверхность, емкостной детекторный слой и задняя поверхность смонтированы и отделены от дисплейного экрана слоем воздуха.

В соответствии с осуществлением указанной емкостной сенсорной панели, по меньшей мере, боковая сторона по меньшей мере одной поверхности выполнена из сапфирового материала, облученного ионным пучком, причем ионы выбраны из ионов атомов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S).

В соответствии с осуществлением указанной емкостной сенсорной панели пропускание света, излучаемого дисплейным экраном, как, например, по измерению при длине волны 560 нм, составляет более или равно 90%, например равно или более 97%, даже равно или более 98%.

В соответствии с осуществлениями настоящего изобретения настоящее изобретение также относится к способу долговечной антибликовой обработки в видимом диапазоне синтетического сапфирового материала, который состоит из облучения пучком одно- или многозарядных ионов газа, полученным с помощью источника электронного циклотронного резонанса (ЭЦР),

где доза имплантированных одно- или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности выбрана в диапазоне 10^{12} - 10^{18} ионов/см², чтобы получить атомную концентрацию ионов газа такую, что показатель преломления п имплантированного слоя был приблизительно равен $(nA \times nS)^{1/2}$, где nA является показателем воздуха и nS является показателем синтетического сапфирового материала;

ускоряющее напряжение выбрано в диапазоне 5-1000 кВ так, чтобы получить имплантированную толщину e, равную $r \times \lambda / 4 \times n$, где e - имплантированная толщина, соответствующая зоне имплантации, атомная концентрация имплантированных одно- и многозарядных ионов газа более или равна 1%, r обозначает целое число, λ длина падающей волны и nL - показатель имплантированного слоя;

в указанном способе одно- и многозарядные ионы газа ионного пучка могут быть выбраны из ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe);

в указанном способе одно- и многозарядные ионы газа ионного пучка могут быть выбраны из ионов газов из списка, состоящего из азота (N₂) и кислорода (O₂);

в указанном способе пучок одно- и многозарядных ионов газа включает 10% многозарядных ионов или более 10% многозарядных ионов;

в указанном способе выбирают ускоряющее напряжение для получения имплантированной толщины, равной $r \times 100$ нм, где r представляет целое число;

в указанном способе доза имплантированных одно- или многозарядных ионов газов на единицу площади поверхности может быть выбрана для получения атомной концентрации имплантированных ионов равной 10% с погрешностью (+/-)5%;

в указанном способе выбор дозы имплантированных одно- и многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и выбор ускоряющего напряжения может быть сделан с помощью расчета, выполненного предварительно для оценки дозы имплантированных одно- или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности, чтобы получить атомную концентрацию имплантированных ионов, равную 10% с погрешностью (+/-)5% на основе профиля ионной имплантации, выбранной в зависимости от глубины имплантации;

в указанном способе синтетический сапфировый материал может перемещаться по отношению к пучку одно- или многозарядных ионов газа со скоростью V_D 0,1-1000 мм/с;

в указанном способе та же самая зона синтетического сапфирового материала может перемещаться под пучком одно- и многозарядных ионов газа вдоль нескольких, N, проходов со скоростью V_D ;

в указанном способе та же самая зона синтетического сапфирового материала перемещается под пучком одно- и многозарядных ионов газа вдоль нескольких, N, проходов со скоростью V_D ;

деталь, полученная осуществлениями указанного способа, может быть деталью, изготовленной из синтетического сапфирового материала, включающего по меньшей мере одну поверхность, где отражение падающей волны в видимом диапазоне снижается, по меньшей мере, наполовину;

указанный способ может быть использован для обработки твердой детали, изготовленной из синтетического сапфирового материала, выбранной из списка, состоящего из сенсорного экрана, часового

стекла, линз оптического устройства.

В соответствии с осуществлениями настоящего изобретения настоящее изобретение также относится к стойкой к царапинам емкостной сенсорной панели, имеющей высокое пропускание в видимой области спектра, характеризующейся тем, что она включает:

а) "переднюю" сторону, выполненную из сапфирового материала, имеющего толщину менее или равную 1 мм, например равную 400 мкм, с антибликовым покрытием в видимом диапазоне, например, равным 330 мкм, на стороне контактной поверхности (передняя сторона) с помощью ионного облучения ионным пучком, в котором ионы выбраны из ионов атомов из списка, состоящего из гелия (He), азота (N), кислорода (O), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe);

б) емкостной детекторный слой, включающий электрические дорожки, изолирующую смолу; электрические дорожки детекторных слоев указанной емкостной сенсорной панели могут быть выполнены из материала ИТО (оксид индия-олова);

электрические дорожки емкостного детекторного слоя указанной емкостной сенсорной панели могут образовывать решетку, в которой пустоты могут включать по меньшей мере 90% объема, и могут быть изготовлены из металла, имеющего электрическую проводимость, более или равную проводимости чистого алюминия, серебряной нанопроволоки, серебряных наночастиц или углеродных нанотрубок;

электрические дорожки емкостного детекторного слоя указанной емкостной сенсорной панели могут быть смонтированы с изолирующей смолой, причем показатель преломления в видимой области спектра может быть больше или равен 1,6, например равен 1,8;

указанная емкостная сенсорная панель может включать "заднюю" поверхность, выполненную из сапфирового материала, имеющего толщину менее или равную 400 мкм, например равную 100 мкм, с антибликовой обработкой со стороны дисплейного экрана (обратная сторона) с помощью ионного облучения, идентичного используемому для антибликовой обработки контактной поверхности "передней" стороны;

"передняя" сторона, емкостной детекторный слой и "задняя" поверхность вышеуказанной емкостной сенсорной панели могут быть соединены и могут быть отделены от дисплейного экрана слоем воздуха;

антибликовая обработка в видимом диапазоне сапфирового материала указанной емкостной сенсорной панели может состоять из облучения пучком одно- и многозарядных ионов,

где доза имплантированных одно- или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности выбрана в диапазоне 10^{16} - 10^{18} ионов/см², чтобы получить атомную концентрацию ионов газа такую, что показатель преломления n имплантированного слоя был приблизительно равен $(nA \times nS)^{1/2}$, где nA - показатель воздуха и nS - показатель сапфирового материала;

ускоряющее напряжение выбрано в диапазоне 10-100 кВ, чтобы получить толщину (e), равную $r \times \lambda / 4nL$, где e является толщиной имплантированного слоя, соответствующей зоне имплантации, атомная концентрация имплантированных одно- и многозарядных ионов газа более или равна 1%, r обозначает целое число, λ - длина падающей волны и nL - показатель имплантированного слоя;

толщина имплантированного слоя указанной емкостной сенсорной панели может быть равна $r \times 80$ нм, где r обозначает целое число;

указанный пучок одно- и многозарядных ионов газа может быть получен с помощью источника электронного циклотронного резонанса (ЭЦР);

сапфировый материал указанной емкостной сенсорной панели может быть подвергнут антибликовой обработке путем перемещения по отношению к пучку одно- или многозарядных ионов газа со скоростью V_D 0,1-1000 мм/с;

та же зона сапфирового материала указанной емкостной сенсорной панели может быть подвергнута антибликовой обработке перемещением под пучком одно- и многозарядных ионов газа несколькими, NP , проходами со скоростью V_D ;

по меньшей мере один сапфировый материал указанной емкостной сенсорной панели может быть подвергнут антибликовой обработке с имплантированными ионами и отражение падающей волны в видимой области может быть уменьшено, по меньшей мере, наполовину;

по меньшей мере один сапфировый материал указанной емкостной сенсорной панели может быть подвергнут антибликовой обработке, в котором имплантированный слой по толщине может иметь химическую формулу Al_2O_{3+X} , где X составляет 0,01-0,5 по толщине имплантированного слоя;

светопропускание указанной емкостной сенсорной панели может быть более или равно 90% при длине волны 560 нм, например равно 97%.

В соответствии с осуществлением настоящего изобретения настоящее изобретение также относится к крупногабаритной емкостной сенсорной панели, состоящей из сборки элементарных емкостных сенсорных панелей, где элементарная емкостная сенсорная панель является стойкой к царапинам емкостной сенсорной панелью, как определено в описании выше, и в которой "передняя" сторона и/или "задняя" сторона изготовлены из сапфирового материала каждой элементарной сенсорной панели, подвергнутого антибликовой обработке ионным облучением боковых сторон в одинаковых условиях, используемых для

антибликовой обработки его передних и/или задних сторон.

Примеры далее будут описаны со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг. 1 представляет эскиз кристалла сапфирового материала;

фиг. 2 является спектром пропускания образца сапфирового материала, обработанного PVD (физическое осаждение из паровой фазы) в соответствии со способом известного уровня техники;

фиг. 3-14 являются спектрами пропускания образцов сапфирового материала, обработанного способом по настоящему изобретению;

фиг. 15-18 представляют графики, используемые для обсуждения результатов для образцов сапфирового материала, обработанных способом по настоящему изобретению;

фиг. 19-23 представляют спектры пропускания образцов сапфирового материала, обработанного способом по настоящему изобретению;

фиг. 24-28 представляют графики, используемые для обсуждения результатов для образцов сапфирового материала, обработанных способом по настоящему изобретению;

фиг. 29-30 являются эскизами емкостных сенсорных панелей известного уровня техники;

фиг. 31-33 являются эскизами емкостных сенсорных панелей в соответствии с настоящим изобретением.

Элементы на чертежах проиллюстрированы для простоты и ясности и не обязательно вычерчены в масштабе. Например, размеры некоторых элементов на чертеже, могут быть увеличены в масштабе относительно других элементов, чтобы облегчить понимание осуществлений настоящего изобретения.

Тем не менее, спектры пропускания приведены в масштабе. Спектры пропускания иллюстрируют изменение коэффициента (или коэффициентов) пропускания (Т) (также обычно называемого "коэффициентом пропускания мощности" или "пропусканием") в зависимости от длины волны света. Диапазон длин волн включает видимый диапазон длин волн.

Спектры пропускания получают измерением, выполненным с помощью спектрофотометра, где падающий луч света проходит через две основные грани образца и где пропускание света через указанный образец измеряют при большом числе длин волн. Указанные две основные грани, как правило, являются параллельными гранями.

Спектры пропускания образцов сапфирового материала, обработанные способом по настоящему изобретению, измерены с помощью спектрофотометра UV-5200 UV/VTS, поставляемого METASH Company. В этих измерениях среда, примыкающая (и контактирующая) к каждой из основных граней образцов сапфирового материала, является воздухом.

Фиг. 1 представляет эскиз монокристалла сапфирового материала, где можно выделить основные кристаллографические характеристики такого кристалла; структура монокристалла сапфира (корунда) может быть представлена упорядоченным октаэдром, в котором O^{2-} ионы находятся в вершинах (пиках) октаэдров и ионы Al^{3+} находятся внутри октаэдров. Фиг. 1 представляет структуру основных плоскостей кристалла сапфира, соответствующих системе структуры сапфира. На этом чертеже показаны следующие плоскости: С-плоскость (0001); А-плоскость (1120) и R-плоскость (1012). Номенклатура соответствует обычной кристаллографической номенклатуре.

Как указано в описании выше, каждая грань необработанного образца сапфирового материала отражает около 7,75% падающего света; таким образом пропускание необработанного образца сапфирового материала составляет около 84,5% в видимом диапазоне.

Фиг. 2 представляет спектр пропускания образца сапфирового материала после обработки с помощью PVD (физического осаждения из паровой фазы) в соответствии со способом известного уровня техники, где обе поверхности образца сапфирового материала были обработаны PVD. Указанная обработка PVD была выполнена Company Bloesch. Кривая 21 представляет измеренный спектр пропускания указанного образца сапфирового материала и кривая 22 представляет вычисленную среднюю кривую пропускания указанного образца сапфирового материала. Достигаются антибликовые свойства и среднее значение пропускания в видимом диапазоне составляет около 95,5%. Отражение указанного образца таким образом уменьшается примерно на 11% в видимой области спектра, благодаря PVD обработке обеих поверхностей образца сапфирового материала.

Авторы настоящего изобретения провели испытания образцов сапфирового материала, которые были обработаны в соответствии с настоящим изобретением.

Использованные образцы сапфирового материала - круглые или квадратные пластины диаметром 1 дюйм и со стороной 10 мм соответственно; их толщина равна или менее 1 мм.

В соответствии с примерами осуществлений настоящего изобретения образцы синтетического сапфирового материала были предметом исследований с одно- и многозарядными ионами гелия для некоторых образцов, с одно- и многозарядными ионами аргона для других образцов.

Эти одно- и многозарядные ионы газа излучаются источником ЭЦР (источник электронного циклотронного резонанса).

Авторы изобретения провели первую серию испытаний с

пучком одно- и многозарядных ионов гелия с током пучка 1 мА, включающим ионы He^+ и He^{2+} ; ускоряющим напряжением 35 кВ; с энергией He^+ 35 кэВ и энергией He^{2+} 70 кэВ. Дозы обработки равны

10^{16} , 5×10^{16} и 10^{17} ионов/см².

пучком одно- и многозарядных ионов гелия** с током пучка 1 мА, включающего Ar^+ , Ar^{2+} , Ar^{3+} ионы; ускоряющим напряжением 35 кВ; с энергией Ar^+ 35 кэВ, энергией Ar^{2+} 70 кэВ, энергией Ar^{3+} 105 кэВ. Дозы обработки равны 10^{16} , 5×10^{16} и 10^{17} ионов/см².

Обрабатываемые образцы перемещаются по отношению к пучку со скоростью 120 мм/с и с боковым шагом для каждого обратного движения 4 мм (10% от измеренного диаметра пучка 40 мм). Для достижения требуемой дозы обработка выполняется за несколько проходов.

Авторы настоящего изобретения провели качественные испытания наблюдением отражения света неоновой лампы невооруженным глазом, на слегка наклонной поверхности, обработанной различными дозами. Отраженное изображение этой неоновой лампы наблюдалось под углом около 10° .

Из этих качественных испытаний выяснилось, что отражение неоновой лампы с точки зрения более низкой контрастности появляется вблизи дозы 5×10^{16} ион/см² для аргона и 10^{17} ионов/см² для гелия.

Авторы настоящего изобретения также наблюдали при качественных испытаниях, что (по сравнению с поверхностями необработанного синтетического сапфира) проще и удобнее наблюдать объект через поверхность синтетического сапфира, обработанные в соответствии со способом по изобретению.

Предварительное исследование, проведенное на имитаторе имплантации многозарядных ионов на основе полуэмпирических данных, разработанных авторами изобретения, дает в условиях обработки, указанных выше, следующие результаты, представленные в табл. 1 для гелия и табл. 2 для аргона.

Таблица 1

Доза (10^{16} He ионов/см ²)	Видимый антибликовый эффект	Атомная концентрация He (%)	Толщина имплантированного слоя
1	Нет	0.8%	200 нм
5	Нет	4%	200 нм
10	Да	10%	200 нм

Таблица 2

Доза (10^{16} Ar ионов/см ²)	Видимый антибликовый эффект	Атомная концентрация Ar (%)	Толщина имплантированного слоя
1	Нет	2%	120 нм
5	Да	10%	120 нм
10	Да	18%	120 нм

В соответствии с рекомендациями по способу в соответствии с осуществлением настоящего изобретения значение ускоряющего напряжения ионов рассчитывается таким образом, чтобы сформировать имплантированный слой толщиной, кратной более около 100 нм. Можно задать эти экстраполированные значения (ускоряющее напряжение) более точно во время фазы экспериментальной регулировки с использованием точных интерферометрических средств для оценки оптимального уменьшения коэффициента отражения.

В дальнейших экспериментах были выполнены и измерены характеристики пропускания образцов.

Фиг. 3-14 представляют спектры пропускания образцов сапфирового материала, обработанного способом по настоящему изобретению, которые были измерены после обработки образцов сапфирового материала в соответствии со следующими экспериментальными условиями:

фиг. 3-14: пучок одно- и/или многозарядных ионов газа является пучком одно- и многозарядных ионов кислорода, O^+ , O^{2+} , O^{3+} , оценка распределения ионов O имеет следующий вид: 60% O^+ , 30% O^{2+} , 10% O^{3+} ;

фиг. 3, 4: обработана только грань образцов сапфирового материала;

фиг. 5-14: обработаны обе грани образцов сапфирового материала;

фиг. 3, 5, 7 и 13: обработана(ы) плоскость(и) А образцов сапфирового материала;

фиг. 4, 6, 8-12 и 14: обработана(ы) плоскость(и) С образцов сапфирового материала.

В следующих данных ионные дозы (далее называемые "доза") выражаются в 10^{16} ионов/см², и ускоряющее напряжение (далее называемое "напряжение") выражается в кВ.

На фиг. 3 кривая 30 относится к образцам необработанного сапфирового материала; кривая 31 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=11, и напряжением=17,5; кривая 32 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5 и напряжением=25; кривая 33 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=15 и напряжением=32,5.

Фиг. 4: кривая 40 относится к образцу необработанного сапфирового материала; кривая 41 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=11, и напряжением=17,5; кривая 42 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=12,5 и напряжением=25; кривая 43 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=15 и напряжением=32,5.

Фиг. 5: кривая 50 относится к образцу необработанного сапфирового материала; кривая 51 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=11, и напряжением=17,5; кривая 52 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=12,5 и напряжением=25; кривая 53 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=15 и напряжением=32,5.

Фиг. 6: кривая 60 относится к образцу необработанного сапфирового материала; кривая 61 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=11, и напряжением=17,5; кривая 62 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5 и напряжением=25; кривая 63 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15 и напряжением=32,5.

Фиг. 7: кривая 71 относится к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=11,9 и напряжением=25; Кривая 72 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5 и напряжением=25; кривая 73 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=13,1 и напряжением=25.

Фиг. 8: кривая 81 относится к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5 и напряжением=22,5.

Фиг. 9: кривая 91 относится к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=13,8 и напряжением=22,5.

Фиг. 10: кривая 101 относится к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15 и напряжением=22,5.

Фиг. 11: кривая 111 относится к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15, и напряжением=25.

Фиг. 12: кривая 121 относится к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=11,9 и напряжением=25; кривая 122 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5 и напряжением=25; кривая 123 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=13,1 и напряжением=25.

Фиг. 13: кривая 131 относится к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=13,5 и напряжением=32,5; кривая 132 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15 и напряжением=32,5; кривая 133 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=16,5 и напряжением=32,5.

Фиг. 14: кривая 141 относится к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=13,5 и напряжением=32,5; кривая 142 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15 и напряжением=32,5; кривая 143 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=16,5 и напряжением=32,5.

Благодаря этим данным, можно учесть влияние множества параметров процесса.

Фиг. 3, 4 можно соответственно сравнить с фиг. 5, 6, чтобы продемонстрировать воздействие обработки одной грани по сравнению с обработкой двух граней.

Фиг. 7-10, 12-14 показывают влияние дозы при постоянном напряжении.

Измеренные результаты, представленные на фиг. 3-14, показывают, что при облучении поверхности сапфирового материала указанная поверхность примыкает к среде, отличающейся от сапфирового материала, пучком одно- и/или многозарядных ионов газа подходит для получения ионно-имплантированного слоя в сапфировом материале, который создает антибликовый слой в видимом диапазоне.

Неожиданно очень высокие значения пропускания были достигнуты в видимом диапазоне.

Был получен синтетический сапфировый материал, включающий по меньшей мере одну ионно-имплантированную поверхность, в котором отражение падающей волны в видимой области спектра на указанной поверхности равно или менее 2%, как, например, равно или менее 1%, по измерению при длине волны 560 нм.

Пропускание сапфировых материалов, обработанных в соответствии с настоящим изобретением, таким образом, может быть значительно выше, чем пропускание, полученное для сапфировых материалов, обработанных PVD (физическое осаждение из паровой фазы).

Благодаря результатам, представленным на фиг. 3-14, можно определить предпочтительные диапазоны для реализации способа в соответствии с настоящим изобретением,

где кислород (O) выбран в качестве одно- и/или многозарядных ионов;

доза одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и величина ускоряющего напряжения выбраны согласно следующему уравнению:

$$0,02 \leq D \times C^2 / (T \times \Delta n) \leq 2;$$

в котором D представляет выбираемую дозу одно- и/или многозарядных доз ионов газа на единицу площади поверхности, выраженную в 10^{16} ионов/см²;

C=M/15, где M - атомная масса выбранного иона;

T представляет выбираемое ускоряющее напряжение, выраженное в кВ;

Δn является разницей показателя преломления между показателем преломления nS сапфирового материала, подлежащего обработке, и показателем преломления nM среды, прилегающей к поверхности, обрабатываемого ионным облучением сапфирового материала.

В настоящем осуществлении M (кислород)=16; nM=nA (воздух)=1; nS=1,76.

При использовании кислорода в качестве одно- и/или многозарядных ионов и воздуха в качестве среды, прилегающей к поверхности сапфирового материала, предпочтительные диапазоны составляют $0,015 \leq D/T \leq 1,3$.

Более предпочтительные диапазоны составляют $0,5 \leq D/T \leq 1$.

Фиг. 15-18 иллюстрируют данные, которые могут быть полезны для выбора параметров при использовании кислорода в качестве одно- и/или многозарядных ионов.

Спектры пропускания образцов сапфирового материала, обработанного способом по настоящему изобретению, могут быть проанализированы на основе фиг. 15; определяются три параметра на основе спектра пропускания (150), где Р является положением пика пропускания (в нм), D представляет собой изменчивость параметра (в единицах пропускания), L представляет собой ширину (в нм) спектра пропускания, соответствующую изменчивости D.

На основании результатов фиг. 3-14 фиг. 16 представляет оптимальную расчетную дозу для получения пика максимума пропускания (Р) в зависимости от ускоряющего напряжения; кривая 160 относится к сапфировому материалу, обработанному по плоскости А и кривая 161 относится к сапфировому материалу, обработанному по плоскости С.

На основе результатов по предыдущим чертежам фиг. 17 представляет изменение ширины спектра пропускания (L) в зависимости от изменчивости параметра (D) для сапфирового материала, обработанного по плоскости А.

На основе результатов по предыдущим чертежам фиг. 17 представляет изменение ширины спектра пропускания (L) в зависимости от изменчивости параметра (D) для сапфирового материала, обработанного по плоскости С.

Фиг. 19-22 представляют спектры пропускания образцов сапфирового материала, обработанного способом по настоящему изобретению, которые были измерены после обработки образцов сапфирового материала в соответствии со следующими экспериментальными условиями:

Фиг. 19-22: пучок одно- и/или многозарядных ионов газа представляет собой пучок одно- и многозарядных ионов азота N^+ , N^{2+} , N^{3+} ; оценка распределения ионов N выглядит следующим образом: 57% N^+ , 32% N^{2+} 11% N^{3+} ; обработана только одна грань образцов сапфирового материала.

Фиг. 19, 20: обработана плоскость А образцов сапфирового материала.

Фиг. 21, 22: обработана плоскость С образцов сапфирового материала.

В следующих данных, ионные дозы (далее называемые "доза") выражаются в 10^{16} ионов/см², и ускоряющее напряжение (далее называемое "напряжение") выражается в кВ.

Фиг. 19, 21, напряжение=20.

Фиг. 20-22, напряжение=25.

Фиг. 19: кривая 190 относится к образцу необработанного сапфирового материала; кривая 191 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=2,5; кривая 192 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=5; кривая 193 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=7,5; кривая 194 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=10; кривая 195 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5; кривая 196 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15.

Фиг. 20: кривая 200 относится к образцу необработанного сапфирового материала; кривая 201 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=2,5; кривая 202 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=5; кривая 203 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=7,5; кривая 204 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=10; кривая 205 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5; кривая 206 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15; кривая 207 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=17,5.

Фиг. 21 - кривая 210 относится к образцу необработанного сапфирового материала; кривая 211 к образцу необработанного сапфирового материала, обработанного дозой=2,5; кривая 212 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=5; кривая 213 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=7,5; кривая 214 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=10; кривая 215 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5; кривая 216 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15; кривая 217 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=17,5.

Фиг. 22: кривая 220 относится к образцу необработанного сапфирового материала; кривая 221 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=2,5; кривая 222 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=5; кривая 223 к образцу сапфирового материала образца, обработанного дозой=7,5; кривая 224 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=10; кривая 225 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=12,5; кривая 226 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=15; кривая 227 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=17,5.

Таким образом антибликовые свойства можно достичь благодаря способу по изобретению при использовании ионов азота.

Фиг. 23 представляет спектры пропускания образцов сапфирового материала, обработанного способом по настоящему изобретению, которые были измерены после обработки образцов сапфирового материала в соответствии со следующими экспериментальными условиями:

пучок одно- и/или многозарядных ионов газа представляет собой пучок одно- и многозарядных ионов аргона Ar^+ , Ar^{2+} , Ar^{3+} ; оценка распределения ионов Ar имеет следующий вид: 71% Ar^+ 23% Ar^{2+} , 6% Ar^{3+} ; обработаны две грани образцов сапфирового материала. Обработанной является плоскость А сапфирового материала. Ускоряющее напряжение составляет 35 кВ. В следующих данных ионные дозы (далее называемые "доза") выражены в 10^{16} ионов/см²:

Кривая 230 относится к образцу необработанного сапфирового материала; кривая 231 к образцу

сапфирового материала, обработанного дозой=2,5; кривая 232 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=7,5; кривая 233 к образцу сапфирового материала, обработанного дозой=10.

Антибликовые свойства можно достичь таким образом способом по изобретению при использовании ионов аргона.

На основе накопленных данных можно оценить с высокой достоверностью, что другие ионы должны быть пригодны для реализации способа по изобретению, и применимы для получения антибликовых свойств сапфирового материала.

Выше было показано, что ионы гелия (He) и аргона (Ar) пригодны для реализации способа по изобретению; соответственно другие ионы "благородных" газов, как представляется, также подходят для реализации способа изобретения, такие как неон (Ne), криптон (Kr) и ксенон (Xe). Не желая быть связанными какой-либо научной теорией, авторы настоящего изобретения предполагают, что ионы благородных газов создают нанопузырьки в сапфировом материале, которые делают возможным снизить показатель преломления сапфирового материала при имплантации указанных ионов. Выше было показано, что ионы азота (N) и кислорода (O) подходят для реализации способа изобретения; соответственно другие соседние по Периодической таблице ионы, как представляется, также подходят для реализации способа по изобретению, такие как бор (B), углерод (C), фтор (F), кремний (Si), фосфор (P) и сера (S). Не желая быть связанными какой-либо научной теорией, авторы настоящего изобретения предполагают, что кислород, азот и соседние ионы по Периодической таблице создают пониженную локальную полярность в сапфировом материале, что делает возможным снижение показателя преломления сапфирового материала при имплантировании указанных ионов.

Также можно предположить, что все указанные ионы способствуют снижению показателя преломления сапфирового материала, когда имплантируются указанные ионы вследствие, по меньшей мере, процесса частичной аморфизации имплантированного слоя.

Не желая быть связанными какой-либо научной теорией, авторы предполагают пути интерпретации результатов и подходов, которые могут быть пригодны для получения оптимизированных результатов.

Примеры приведены на основе вышеуказанных результатов, полученных при использовании ионов кислорода.

Фиг. 24-26 представляют концентрационные профили имплантированного кислорода X (по оси y) (соответственно 240, 250, 260) в зависимости от глубины, выраженной в ангстремах (по оси x), рассчитанные для 3 различных доз $1,25, 1,375, 1,5 \times 10^{17}$ ионов кислорода/см². Эти концентрационные профили были получены цифровым моделированием для ионного пучка одно- и многозарядных O^+, O^{2+}, O^{3+} , при ускоряющем напряжении 22,5 кВ. Распределение ионов $O^+/O^{2+}/O^{3+}$ оценивается равным 58/31/11% с соответствующими энергиями, равными 22,5/45/67,5 кэВ.

На оси y X выражает дополнительную атомную концентрацию имплантированных ионов кислорода, добавленных к химическому составу чистого сапфира, описываемого формулой Al_2O_3 . Можно считать, что химический состав сапфира, легированного имплантацией кислорода, имеет химический состав, описываемый химической формулой Al_2O_{3+x} , которая связана с формой субоксида оксида алюминия (Al_2O_3). X равен 0 вне имплантированной зоны и принимает значение, отличное от нуля в имплантированной зоне. Авторы настоящего изобретения считают, что антибликовый слой, созданный имплантацией кислорода, состоит из формы субоксида оксида алюминия и имеет химическую формулу Al_2O_{3+x} , где x составляет 0,01-0,5 в имплантированной зоне.

Авторы настоящего изобретения наблюдали фиг. 24-26, что атомная концентрация x имплантированных ионов кислорода имеет максимальное значение в диапазоне 0,35-0,3 не более 0,5 и имеет значение, отличное от нуля, и уменьшающееся по толщине имплантации, равной 80 нм. Весьма вероятно, что постепенное изменение x связано с возникновением подходящего градиента показателя для появления антибликовых свойств, наблюдаемых авторами изобретения. Авторы настоящего изобретения считают, что химический состав и кристаллографические характеристики сапфира, имплантированного ионами кислорода, должны непрерывно изменяться по толщине имплантации, изменяющейся от торцевой поверхности с химической формулой $Al_2O_{3,5}$ в аморфной форме, до химической формулы Al_2O_3 с ромбоэдрической формой (сапфир) на границе конца имплантируемой зоны.

Авторы настоящего изобретения экспериментально установили, что толщина имплантации 80 нм имеет, по существу, сравнимое значение, которое соответствует четверти длины волны (560 нм) в сапфире: действительно $(560 \text{ нм}/1,76 \times 4) = 79,5 \text{ нм}$.

Толщина имплантации соответствует зоне, где атомная концентрация имплантированных ионов кислорода больше или равна 1% (т.е. $x=0,01$). Также можно вывести эту величину путем вычисления точки пересечения I между касательной (T) с правой стороны концентрационного профиля и осью абсцисс, обозначенной как 241, 251, 261 на соответствующих фиг. 24-26. Фиг. 24-26 представляют соответствующие точки пересечения I1, I2, I3, расположенные, по существу, вблизи 80 нм (800 Å).

Фиг. 27 представляет концентрационный профиль (270), вычисленный для дозы $1,5 \times 10^{17}$ ионов/см² для пучка на одно- и многозарядных ионов O^+, O^{2+}, O^{3+} при ускоряющем напряжении 25 кВ. Распределение ионов $O^+/O^{2+}/O^{3+}$ оценивается равным 58/31/11% с соответствующими энергиями, равными 25 кэВ/50

кэВ/75 кэВ. Представлена касательная 271. Точка пересечения I4 расположена, по существу, вблизи 85 нм.

Фиг. 28 представляет концентрационный профиль (280), вычисленный для дозы 5×10^{16} ион/см² для пучка одно- и многозарядных ионов аргона Ar^+ , Ar^{2+} , Ar^{3+} , при ускоряющем напряжении 35 кВ. Распределение ионов $Ar^+/Ar^{2+}/Ar^{3+}$ оценивается равным 60/30/10% с энергиями, соответственно равными 35/70/105 кэВ. Представлена касательная 281. Точка пересечения I расположена, по существу, вблизи 72 нм.

Выбор одно- и многозарядных ионов газа и условий облучения этими одно- и многозарядными ионами газа в соответствии с настоящим изобретением позволяет преимущественно получить снижение показателя преломления сапфирового материала, которое приводит к уменьшению коэффициента отражения и увеличению коэффициента пропускания. Эти свойства очень важны для значительного улучшения пропускания, например, емкостной сенсорной панели.

Авторы настоящего изобретения установили, что диапазоны, выбранные в соответствии с ускоряющим напряжением и дозой одно- и многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности, позволяют выбрать условия эксперимента, при которых снижение отсвечивания (таким образом, коэффициента отражения) возможно облучением одно- и многозарядными ионами газа.

Кроме того, они установили, что изобретение делает возможным увеличение, в некоторых случаях, твердости поверхности обработанного сапфира, изучая царапину, оставленную алмазом при заданной нагрузке на сапфире сравнения и обработанном сапфире. Царапина, оставленная на обработанном сапфире, имеет форму ромба с частично искаженными контурами, тогда как царапина, оставленная на сапфире сравнения, имеет по всей периферии блики рассеянного света. После обработки сапфир может иметь подходящую твердость поверхности, другими словами подходящую стойкость к царапинам.

Выбор дозы одно- или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности в интервале доз в соответствии с изобретением может быть результатом предшествующей стадии калибровки, на которой образец, состоящий из исследуемого сапфирового материала, облучают одно- или многозарядными ионами газа, например He, Ne, Ar, Kr, Xe, N₂, O₂. Этот сапфировый материал может быть облучен в различных зонах материала несколькими дозами одно- или многозарядных ионов газа, в пределах диапазона в соответствии с настоящим изобретением. Обработанные зоны затем изучают, чтобы выбрать подходящую дозу в соответствии с более или менее значительными наблюдаемыми бликами на обработанной поверхности под углом 0° (перпендикулярно к поверхности).

Изучение обработанной зоны таким образом может быть осуществлено с помощью простых методов наблюдений, таких как наблюдение невооруженным глазом под углом падения 0 или 10° соответственно, фактического наблюдателя или отраженного изображения (например, стенки вблизи к образцу) или рутинными лабораторными экспериментами для количественного измерения профиля пропускания, для каждой длины волны видимого спектра 400-800 нм.

Не желая быть связанными какой-либо научной теорией, можно предположить, что это явление, состоящее в снижении показателя преломления по толщине имплантации, может быть объяснено возникновением и агломерацией лакун или образованием нанополостей, заполненных газом, с показателем преломления очень близким к 1. Действительно эти одно- и многозарядные ионы газа могут быть растворены в сапфире ниже определенного порогового значения атомной концентрации (оцениваемой как ниже 1%). После превышения пороговой концентрации формируются нанопустоты, заполненные газом, способствуя уменьшению показателя имплантированного слоя. Также возможно, что ионное облучение разрушает упорядоченную кристаллографическую структуру сапфира (аморфизации), снижая диэлектрическую проницаемость имплантированного слоя, которая коррелирует с показателем преломления. Кроме того, возможно в случае кислорода, что легирование кислородом способствует образованию субоксидов, в которых химическая формула относительно близка к формуле оксида алюминия (Al₂O₃), записанной в виде Al₂O₃+x, где x составляет 0-0,5, причем изменчивость химического и/или кристаллографического состава позволяет сформировать очень эффективный градиент показателя по сравнению с другими типами ионов, чтобы значительно ослабить отражение света.

Изобретение также относится к емкостной сенсорной панели, имеющей пропускание в видимой области спектра, например, более или равное 90% или даже равное 97%, значительно превосходящей существующие сенсорные панели и стойкую к царапинам контактную поверхность (за исключение любых царапин, вызванных контактом с алмазом). Она включает по меньшей мере одну или две сапфировые подложки, подвергнутые антибликовой обработке ионным облучением, чтобы значительно увеличить пропускание света от дисплейного экрана для значительного уменьшения паразитного отражения окружающего света (в частности, в условиях окружающей среды), что делает считывание дисплейного экрана трудным или невозможным, чтобы последовательно и пропорционально уменьшить потребление электроэнергии дисплеем, в конечном итоге, чтобы значительно увеличить срок службы аккумулятора. Обработка ионным облучением, используемая в изобретении, сохраняет стойкость к царапинам сапфира, не оказывает влияния на чувствительность емкостной сенсорной панели и преимущественно позволяет увеличить механическую прочность сенсорной панели, подвергающейся изгибающим движениям или ударам, связанным с прикосновением. Изобретение позволяет создать емкостную сенсорную панель без ог-

раничения размера, состоящую из объединенной сборки единичных емкостных сенсорных панелей, которые визуально неразличимы.

Следует отметить, что сенсорный экран представляет собой электронное устройство, объединяющее две функции: отображающий экран (монитор) и функции координатно-указательного устройства, которое может представлять собой мышшь, сенсорную панель, но и оптическое перо.

Это позволяет уменьшить количество устройств в некоторых системах и создавать эргономичное программное обеспечение, весьма подходящее для выполнения определенных функций. Сенсорные экраны используются, например, в карманных компьютерах, системах GPS, MP3-плеерах, смартфонах, планшетах, портативных игровых консолях, билетных автоматах, банкоматах, кассовых терминалах самообслуживания и компьютерах.

Термин сенсорная панель обозначает часть указанного экрана, который может быть чувствительным к давлению более двух уровней с высоким разрешением (графический планшет и стилус) и более чем в одной точке одновременно (мультикас и пальцы).

Обнаружение точки давления на сенсорной панели основано на измерении изменения физической величины.

Сенсорные технологии характеризуются различными измеренными физическими величинами и способами сбора данных для преобразования измерений в координаты (x, y). Принципами наиболее распространенных сенсорных технологий являются резистивный, емкостной и инфракрасный по природе.

Термин емкостная сенсорная панель обозначает панель, содержащую по меньшей мере одну твердую контактную поверхность, которая может быть изготовлена из стекла или сапфира, которая пересекается под контактной поверхностью электрически заряженной сеткой. Контакт пальцев пользователя с контактной поверхностью переносит часть этих зарядов на пальцы, вызывая исчезновение, которое просто должно быть локализовано для обработки информации.

Обработка информации осуществляется с помощью вычислительного алгоритма, интегрированного непосредственно в устройстве. Он определяет точку(и) воздействия (в случае мультикас), направление движения, в некоторых случаях прилагаемое давление и действует соответствующим образом.

Существующие емкостные сенсорные панели имеют сложные структуры, которые отличаются друг от друга, но имеют общие свойства наличия жесткой контактной поверхности (из стекла или сапфира) и нижележащую электрическую сетку, которая может быть представлена в виде сетки электрических дорожек XY, расположенных в одной и той же плоскости или сетки электрических дорожек X, наложенных на сетку электрических дорожек Y в двух отдельных плоскостях. В обоих случаях, электрические дорожки X и Y разделены и смонтированы с помощью изоляционной смолы.

В настоящее время 90% сенсорных панелей оснащены электрическими дорожками из ИТО (оксид индия-олова), оксида металла, обладающего следующими свойствами:

прозрачность в видимом свете,

высокий оптический показатель преломления 1,7-2 в видимом свете в зависимости от длины волны, электрическая проводимость, ограниченная 100 Ом/кв.см на полимерах (гибкие),

50 Ом/кв.см на стеклянных материалах (жесткие).

Это ограничение электропроводности имеет прямое влияние на ограничение размера емкостных сенсорных панелей 12 дюймами (другими словами около 30 см) ИТО (оксид индия-олова), имеет следующие существенные недостатки:

затраты энергии на его осаждение при высоких температурах,

его очень высокая отражательная способность (на границе раздела с воздухом ($n=1$) или стеклом ($n=1,5$)),

его хрупкость,

его низкая гибкость,

его сопротивление, которое является приемлемым, но высоким по сравнению с серебром, медью.

Из структур емкостных панелей с сетками из ИТО (оксид индия-олова), полностью наложенными на стекло, можно упомянуть:

конфигурация 1: Стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка X/Стекло/Клей/Сетка Y/Стекло (задняя сторона);

конфигурация 2: Контактное стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка XY/Стекло (задняя сторона);

конфигурация 3: Контактное стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка X/Стекло/Сетка Y;

конфигурация 4: Контактное стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка XY.

Из структур емкостных панелей с сетками из ИТО (оксид индия-олова), частично наложенными на стекло и частично на полимерную пленку, можно упомянуть:

Конфигурация 5: Контактное стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка X/Стекло/Клей/Сетка Y/полимерная пленка (задняя сторона).

Из структур емкостных панелей с сетками из ИТО (оксид индия-олова), полностью наложенными на полимерную пленку, можно упомянуть следующее:

конфигурация 6: Стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка X/Пленка/Клей/Сетка Y/Стекло (задняя сторона);

конфигурация 7: Стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка XY/Стекло (задняя сторона);

конфигурация 8: Стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка X/Стекло/Сетка Y;

конфигурация 9: Контактное стекло (лицевая сторона, контактная поверхность)/Сетка XY.

Емкостные сенсорные панели в настоящее время имеют оптические ограничения, присущие структуре и ее композиции. Эти оптические ограничения связаны с передачей и отражением света от дисплейного экрана и от окружающей среды и размерами дисплейного экрана. Эти ограничения связаны со сложностью структуры емкостной сенсорной панели (количество границ раздела, размещенных между читателем и дисплейным экраном) и физической природой слоев (сопротивление сетки, разность показателей преломления сред, разделенных различными границами раздела). Источник этого типа оптического ограничения, намеченные решения и соответствующие недостатки приведены ниже.

Возможно увеличение числа границ раздела, расположенных между дисплейным экраном и читателем.

Светопропускание от дисплейного экрана ослабляется, когда количество границ раздела, через которые нужно пройти, увеличивается. Аналогичным образом, отражательная способность окружающего света (в частности, в условиях окружающей среды) увеличивается, когда количество границ раздела увеличивается. Сочетание эффектов приводит к ухудшению читаемости дисплейного экрана.

Решение состоит в сокращении количества слоев, образующих емкостную сенсорную панель, за счет ее механической прочности.

Соответственно можно рассмотреть чрезмерно высокий показатель преломления электрических дорожек сеток, изготовленных из ИТО, по отношению к показателю преломления прокладки подложки.

Отражение света на границе раздела возрастает при увеличении разности показателей преломления между средами, разделенными границами раздела. Это случай для электрических дорожек на основе ИТО (показатель преломления равен 1,8), наложенных на стеклянную подложку (показатель преломления равен 1,5). Потеря на отражение около 1% не является незначительной и добавляется к другим потерям на отражение.

Решение состоит в нанесении антибликового покрытия на основе TiO_2 и SiO_2 между стеклянной подложкой и электрическими дорожками из ИТО, за счет стоимости и долговечности электрических дорожек из ИТО, подверженным изгибающим нагрузкам при прикосновении.

Можно рассмотреть недостаточную проводимость электрических дорожек из ИТО для обеспечения определения электрического сигнала на расстоянии 30 дюймов:

Решение будет состоять во введении высокопроводящих электрических дорожек в виде сетки с малой плотностью (объем, включающий по меньшей мере 90% пустот), имеющее преимущество в том, что облегчает прохождение света, другими словами их пропускание повышением прозрачности среды. Такой подход до сих пор не увенчался успехом из-за проблем индустриализации и затрат. В настоящее время 90% сеток выполнены из электрических дорожек на основе ИТО.

Технологические примеры, потенциально следующие за ИТО, могут включать металлические сетки, состоящие из 4-5-микронных проводящих дорожек с 100-400 мкм интервалами. Этот тип сетки только покрывает подложку в очень незначительной части (доля пустот > 90%);

сетку из серебряной нанопроволоки (10 Ом/квадрат; доля пустот > 94%);

сетку из серебряной нанопроволоки (4 Ом/квадрат; доля пустот > 95% пустот);

сетку из углеродных нанотрубок.

В дополнение к оптическим ограничениям, приведенным выше, существует вторая категория оптических ограничений, которые могут возникнуть в любое время и в связи с использованием емкостного сенсорного экрана: возможность появления царапин на контактной поверхности, трещин на емкостной сенсорной панели под действием удара или сгибания, отпечатки пальцев. Источники этого типа оптического ограничения, предусмотренные решения и связанные с ними недостатки приведены далее.

Рассмотрим возможность появления царапин на контактной поверхности.

Стеклянные поверхности легко поцарапать абразивными частицами из окружающей среды, которые могут осесть перед перемещением пальцем. Царапины и мусор приводят к рассеянию света, прошедшего через дисплейный экран, и окружающего света, отраженного контактной поверхностью. Это рассеяние света добавляется к ухудшению чтению изображения, излучаемого дисплейным экраном.

Решение состоит в замене стеклянных поверхностей на сапфировые поверхности. Сапфир известен своей чрезвычайной твердостью, которая чуть ниже, чем у алмаза, но включает основные недостатки его длительного и дорогостоящего производства в печах, нагретых до 2050°C и его чрезвычайно высокого показателя преломления ($n=1,76$), прямой эффект которого приводит к высокому отражению окружающего света на контактной поверхности (отражение 15%) и к значительному ослаблению изображения дисплейного экрана (пропускание 85%). Чтобы это компенсировать, необходимо увеличить свет от дис-

плея, другими словами потребление электроэнергии. Антибликовые покрытия типа PVD очень подходят в качестве внутренних покрытий часовых стекол из сапфира, но не подходят (из-за их хрупкости) в качестве наружных покрытий, подвергающихся, например, износу от внутренней части рукава и даже меньше подходят из-за износа от прикосновений.

Рассмотрим чувствительность к ударам и изгибающим нагрузкам.

Высокая твердость связана с низкой ударопрочностью, но более высокой стойкостью к изгибающим нагрузкам (более высокая эластичность).

Решение состоит в нахождении компромисса в форме гибридной поверхности, состоящей из относительно твердой поверхности, причем на поверхности мало или совсем отсутствуют вершины трещин, заглубленные по толщине с более низкой твердостью.

Рассмотрим поглощение масла: существуют продукты для придания поверхностям маслофобных свойств, но недостатки включают высокую стоимость и недолговечность.

Цель изобретения состоит в устранении вышеописанных ограничений, недостатков и технических проблем.

В соответствии с осуществлением изобретение относится к емкостной сенсорной панели последовательно, включающей следующие соединенные части (без воздушных слоев воздуха).

а) "Переднее" покрытие, состоящее из жесткой подложки, выполненной из сапфира, одна из сторон которой образует контактную поверхность сенсорной панели. Это "переднее" покрытие обрабатывается ионным облучением только с одной стороны (которая контактирует с пальцами) для снижения ее отражательной способности. Ионное облучение осуществляют ионным пучком, в котором ионы выбраны из атомов из списка, состоящего из гелия (He), азота (N), кислорода (O), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe); в дальнейшем термин "переднее" покрытие емкостной сенсорной панели означает этот слой сапфира, задняя поверхность которого является контактной поверхностью для пальцев пользователя. Этот слой является плоским и имеет толщину менее 1 мм, например равную 400 мкм или, например, 330 мкм.

б) Емкостный детекторный слой, состоящий из одного или нескольких слоев, функцией которого является создание возможности обнаружения контакта пальца(ев) на контактной поверхности "переднего" покрытия посредством емкостной технологии. Эти слои включают детекторные сенсорные сетки, состоящие из множества электрических дорожек, изоляционных смол изолирующих и скрепляющих электрические дорожки. Эти электрические дорожки могут быть выполнены из ИТО (оксид индия-олова), сетки из металла с высокой проводимостью (электропроводность выше, чем у алюминия), серебряных нанопроводов или наночастиц или углеродных нанотрубок. Используемые изолирующие смолы имеют показатель преломления, аналогичный ИТО (равный приблизительно 1,8). В дальнейшем термин емкостный детекторный слой обозначает сборку из вышеуказанных слоев, кроме "переднего" покрытия и "заднего" покрытия, и расположенную в связанной форме (без воздушной прослойки) между "передним" покрытием и "задним" покрытием, описанными ниже.

в) "Заднее" покрытие, состоящее из сапфировой подложки, обработанное ионным облучением для снижения ее отражательной способности на стороне, обращенной к дисплейному экрану, при тех же условиях, что использование для обработки "переднего" покрытия. Таким образом получают преимущественный антибликовый эффект, что значительно увеличивает эффект, полученный для "переднего" покрытия, подходящий для достижения пропускания света от дисплейного экрана через верхнюю панель более 90%, например равное 97%. Это заднее покрытие имеет уменьшенную толщину предпочтительно менее 400 мкм с учетом стоимости сапфира, например, равную 100 мкм.

Термин антибликовая обработка означает обработку для снижения отражения света, например, по меньшей мере, наполовину. Для границы раздела воздух/сапфир отражение составляет около 7,5%, антибликовое покрытие позволяет снизить значение этого отражения до менее 3,75%. В качестве примера, пропускание границы раздела воздух/сапфир приблизительно равно 92,5%, антибликовая обработка сапфира должна, например, обеспечить пропускание, по меньшей мере, равное 96,25%. Для сапфировой полосы, обработанной с обеих сторон, это должно привести, например, к пропусканию света через указанную полосу, по меньшей мере, равному 92,5 вместо 85%.

Как показано выше в описании, таким образом можно с помощью антибликового ионного облучения создать градиент показателя между воздухом, расположенным на контактной поверхности, и сапфиром.

Этот градиент показателя является стойким из-за его высокой устойчивости к процессам истирания: например, перемещение абразивных частиц, переносимых пальцами пользователя на контактной поверхности.

Антибликовое ионное облучение обычно является совершенно однородным из-за очень высокой стабильности пучка, полученного с помощью средств, используемых в изобретении, и четкости настройки кинематических параметров, связанных с обработкой (скорость, шаг). Настройка может быть, например, настолько тонкой, насколько необходима для достижения, например, во всех точках на контактной поверхности "переднего" покрытия емкостной сенсорной панели, средней атомной концентрации имплантированных ионов с точностью, менее или равной (+/-)5% от искомого параметра. Из-за малой тол-

щины (около 80 нм) и идеальной однородности обработка не влияет на чувствительность нижележащего емкостного детекторного слоя.

В соответствии с вариантом осуществления изобретение относится к емкостной сенсорной панели, включающей множество емкостных сенсорных панелей из сапфирового материала(ов), предварительно обработанного на задней и передней сторонах и боковых сторонах, и затем собранных вместе для получения совершенной плоскости и без видимого зазора между ними (смежными антибликовыми покрытиями) невооруженным глазом и на ощупь. В отличие от стеклянных материалов физические свойства сапфира придают сапфиру чрезвычайно высокую термостойкость (отсутствие стеклования), давая одинаковую плоскостность и чрезвычайно точное разрезание по кристаллографическим плоскостям. Кристаллографические характеристики сапфировых материалов хорошо контролируются в процессе роста сапфирового материала в печи.

С помощью емкостной сенсорной панели в соответствии с изобретением читаемость дисплейного экрана может быть значительно повышена за счет снижения отражения окружающего света и значительного увеличения пропускания света от дисплейного экрана, более или равного 90%, например равного 97%.

С помощью емкостной сенсорной панели в соответствии с изобретением потребление электроэнергии дисплейным экраном может быть значительно снижено по меньшей мере на 15 или даже 30%, пропорционально увеличению яркости и контрастности, полученного увеличением пропускания света от дисплейного экрана и ослаблением его отражения окружающего света.

С помощью емкостной сенсорной панели в соответствии с изобретением срок службы аккумулятора может быть значительно увеличен за счет значительного сокращения потребления электроэнергии дисплейным экраном.

С помощью емкостной сенсорной панели в соответствии с изобретением контактная поверхность может быть весьма стойкой к царапинам, сохраняя вышеуказанные оптические качества в течение длительного срока.

С помощью емкостной сенсорной панели в соответствии с изобретением механическая прочность передней стороны может быть увеличена по отношению к ударам и изгибающим нагрузкам, сохраняя вышеуказанные оптические качества в течение длительного срока.

С помощью емкостной сенсорной панели в соответствии с изобретением отпечатки пальцев могут быть в значительной мере ограничены, сохраняя вышеуказанные оптические качества в течение длительного срока.

С помощью емкостной сенсорной панели в соответствии с изобретением можно создать емкостную панель большого размера без какого-либо ограничения площади поверхности, состоящей из сборки множества состыкованных элементарных емкостных сенсорных панелей, включающих сапфировые материалы с антибликовой обработкой ионным облучением на задней и/или передней сторонах и на боковых сторонах, без зазора между ними, видимого невооруженным глазом и осязаемого на ощупь.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения антибликовое ионное облучение сапфирового материала, используемое в настоящем изобретении, не требует длительного времени обработки (несколько секунд на 1 см^2 и на один микроускоритель).

Антибликовая обработка сапфирового материала, используемая в настоящем изобретении, может обеспечить ее использование в промышленном контексте, где ее стоимость не должна быть запретительной по отношению к затратам на сапфировую подложку (например, 1 см^2 сапфира для сенсорных панелей стоит около 4 евро, обработка 1 см^2 в соответствии с изобретением стоит несколько центов).

В соответствии с осуществлением настоящего изобретения емкостная сенсорная панель включает "переднее" покрытие из сапфира, обработанного на передней стороне (контактной поверхности) с помощью ионного облучения, чтобы придать одинаковые антибликовые свойства, и емкостный детекторный слой, включающий электрические дорожки из ИТО (оксид индия-олова) или электрические дорожки из металла с высокой проводимостью (с электропроводностью выше, чем у чистого алюминия), серебряных нанопроводов, наночастиц серебра или углеродных нанотрубок, представленных в виде сетки с малой плотностью (объем имеет по меньшей мере 90% пустот), причем электрические дорожки электрически изолированы и смонтированы с использованием изоляционных смол, показатель преломления которых предпочтительно более или равен 1,6, предпочтительно аналогичен сапфиру (равен 1,76) или ИТО (равен 1,8).

В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения емкостная сенсорная панель включает "переднее" покрытие, выполненное из сапфира, обработанного на передней стороне (контактной поверхности) с помощью ионного облучения, чтобы придать одинаковые антибликовые свойства, емкостный детекторный слой, содержащий электрические дорожки, выполненные из ИТО (оксид индия-олова), или электрические дорожки из металла с высокой проводимостью (выше чем у чистой меди), серебряных нанопроводов, наночастиц серебра или углеродных нанотрубок, представленных в виде сетки с малой плотностью (объем имеет по меньшей мере 90% пустот), причем электрические дорожки электрически изолированы и смонтированы с помощью изоляционных смол, показатель преломления которых предпочтительно более или равен 1,6, предпочтительно аналогичен сапфиру (равен 1,76) или ИТО (равен

1,8), и "заднее" покрытие, выполненное из сапфира, причем передняя сторона подвергается идентичной антибликовой обработке, использованной на передней поверхности "переднего" покрытия. Заднее покрытие имеет предпочтительно пониженную толщину менее 400 мкм с учетом стоимости сапфира, например равную 100 мкм.

Примеры емкостных сенсорных панелей, соответствующих настоящему изобретению, показаны на фиг. 31-33, а фиг. 29 и 30 представляют примеры емкостных сенсорных панелей, соответствующих уровню техники.

На фиг. 29-33 одинаковые позиции используются для обозначения одинаковых частей емкостной сенсорной панели,

где FP относится к "передней панели";

CDL относится к одному (или к множеству) "емкостному детекторному слою (слоям)";

RF относится к "заднему покрытию", которое также можно назвать "задняя панель";

AL относится к "воздушному слою";

DS относится к "дисплейному экрану".

Емкостная сенсорная панель в соответствии с осуществлениями, показанными на фиг. 29-33, включает переднюю панель, FP; емкостные детекторные слои, CDL; и дисплейный экран, DS, отделенный от емкостных детекторных слоев, CDL, слоем воздуха, AL. Емкостные детекторные слои, CDL, образуют компактный узел (сетка + изоляционная смола) и соединены с передней панелью FP (по возможности без воздушного зазора).

Передняя панель FP емкостной сенсорной панели обычно выполнена из стекла; она также может быть изготовлена из сапфирового материала; передняя панель FP емкостной сенсорной панели в соответствии с настоящим изобретением выполнена из сапфирового материала. Емкостные детекторные слои, обычно изготовленные из металла с высокой проводимостью (с проводимостью больше или равной проводимости алюминия), серебряных нанопроводов или наночастиц, или углеродных нанотрубок, образуют сетку низкой плотности (объем включает 90% пустот), изолированную изоляционной смолой с показателем преломления, более или равным 1,6, предпочтительно сравнимым с показателем преломления смолы используемой для ИТО дорожек (показатель преломления, равный приблизительно 1,8).

Емкостные детекторные слои имеют показатель преломления, отличный от показателя преломления передней поверхности в зависимости от обстоятельств: емкостные детекторные слои обычно имеют показатель преломления, близкий к 1,8 (соответствующий показателю преломления ИТО и изоляционной смолы), переднее покрытие имеет показатель преломления 1,51, если оно сделано из стекла или около 1,76, если оно изготовлено из сапфира.

Фиг. 29 является иллюстрацией известной емкостной сенсорной панели 290, где показаны принципы отражения и пропускания света. Можно заметить изменения в пропускании света ТО, испускаемого дисплейным экраном DS, и направленного в сторону окружающего воздуха (наружу из передней панели FP, в соответствии со стрелкой T). Потери на отражение включают потери, связанные с

первым отражением света R1, излучаемого света ТО на границе раздела, находящейся на границе слоя воздуха AL и емкостных детекторных слоев CDL;

вторым отражением R2 излучаемого T1 света между емкостными детекторными слоями, CDL, и передней панелью, FP;

третьим отражением R3 прошедшего T2 света между передней панелью FP и окружающим воздухом (за пределы передней панели FP в соответствии со стрелкой T).

Отражение и пропускание света имеют соответствующие коэффициенты отражения R и пропускания T, причем значения находятся в диапазоне 0-1 и подходят для расчета на основе формул, приведенных далее.

Уменьшение пропускания света, излучаемого дисплеем, соответствует накоплению отражений, происходящих последовательно на различных границах раздела емкостной сенсорной панели:

$$T=T_0-(R_1+R_2+R_3),$$

где отражение возрастает при увеличении разницы показателей преломления между двумя средами n_1 , n_2 , разделенными границей раздела. Коэффициенты отражения и пропускания могут быть вычислены с использованием следующих формул (известных как формулы Френеля):

$$R=\frac{(n_1-n_2)^2}{(n_1+n_2)^2};$$

$$T=\frac{2n_1 \times n_2}{(n_1+n_2)^2};$$

$$\text{где } R+T=1.$$

В следующих примерах и расчетах полагаем, что части, указанные как емкостные детекторные слои (CDL), воздушный слой (AL) и дисплейный экран (DS), имеют одинаковый тип и сходные характеристики.

В следующей таблице представлены значения коэффициентов отражения света при прохождении через различные границы раздела, которые образуют емкостную сенсорную панель, описанную на фиг. 29, когда передняя панель выполнена из стекла (показатель преломления равен 1,51) и емкостные детекторные слои включают электрические дорожки, изготовленные из ИТО (показатель преломления равен 1,8), изолированы смолой, имеющей практически сопоставимый показатель преломления, или сеткой

высокопроводящих электрических дорожек (электропроводность более или равна электропроводности чистого алюминия), имеющей низкую плотность (объем, включающий по меньшей мере 90% пустот), изолированных смолой, имеющей показатель преломления, сравнимый с показателем преломления смолы, используемой для ИТО (показатель преломления 1,8). Первый столбец представляет расчетные D границ раздела, второй и третий столбец (n_1) и (n_2) дают показатели преломления n_1 и n_2 сред, разделенных границами раздела, четвертый столбец (R) содержит коэффициенты отражения, выраженные в %, рассчитанные по формулам Френеля. Противоположная ячейка, содержащая RT (%), показывает общую сумму коэффициентов отражения света при прохождении через емкостную сенсорную панель, т.е. потери 13%, что соответствует 87% пропускания света.

Подробные результаты следующие:

D	n_1	n_2	R%
A /FP	1	1,5	4,1
FP/CDL	1,5	1,8	0,7
CDL/AL	1,8	1	8,1
		RT (%)	13,0

В следующей таблице приведены значения показателя отражения света при прохождении через различные границы раздела, описанные на фиг. 29, когда передняя панель изготовлена из сапфира (показатель преломления равен 1,76) и емкостные детекторные слои включают электрические дорожки, изготовленные из ИТО (показатель преломления равен 1,8), изолированные и смонтированные с помощью смолы, имеющей практически идентичный показатель преломления, или с помощью сетки высокопроводящих электрических дорожек (электропроводность более или равна электропроводности чистого алюминия), имеющей низкую плотность (объем включает по меньшей мере 90% пустот), изолированной и смонтированной с помощью смолы, имеющей практически сопоставимый показатель преломления, что и у смолы, используемой для ИТО (показатель преломления 1,8). Напротив ячейки, содержащей RT (%), представлена общая сумма коэффициентов отражения света емкостной сенсорной панелью, то есть потери 15,75% соответствуют 84,25% пропускания света.

Подробные результаты следующие:

D	n_1	n_2	R%
A/FP	1	1,7	7,5
FP/CDL	1,7	1,8	0,0
CDL/AL	1,8	1	8,1
		RT (%)	15,7

В следующей таблице приведены значения коэффициентов отражения света при прохождении через различные границы раздела, образованные емкостной сенсорной панелью, описанной на фиг. 30. Указанная емкостная сенсорная панель 300 известного уровня техники включает как переднюю панель FP, так и заднее покрытие RF. Когда передняя панель и заднее покрытие выполнены из стекла (показатель преломления равен 1,51) и емкостные детекторные слои включают электрические дорожки, изготовленные из ИТО (показатель преломления равен 1,8), изолированные смолой, имеющей практически одинаковый показатель преломления, или с помощью сетки высокопроводящих электрических дорожек (электропроводность более или равна электропроводности чистого алюминия), имеющей низкую плотность (объем включает по меньшей мере 90% пустот), изолированной и смонтированной с помощью смолы, имеющей практически сопоставимый показатель преломления, что и у смолы, используемой для ИТО (показатель преломления 1,8). Первый столбец представляет расчетные границы раздела D, второй и третий столбец (n_1) и (n_2) представляют показатели преломления n_1 и n_2 сред, разделенных границами раздела, четвертый столбец (R) содержит коэффициенты отражения, выраженные в %, рассчитанные по формулам Френеля. Напротив ячейки, содержащей RT (%), представлена общая сумма коэффициентов отражения света при прохождении через емкостную сенсорную панель. Эта сумма соответствует потерям на отражение, равным 9,79%, что соответствует пропусканию света, равному 90,21%. Указанная таблица содержит наиболее рутинный и наиболее оптимальный сценарий по отношению к "обычной" технологии емкостной сенсорной панели на основе стекла (известный уровень техники). Эти данные используются в качестве стандартного образца современного рынка с тем, чтобы подчеркнуть преимущества, полученные в различных вариантах осуществления настоящего изобретения, описанных подробно далее.

Подробные результаты следующие:

D	n_1	n_2	R%
A / FP	1	1,5	4,1
FP / CDL	1,5	1,8	0,7
CDL / RF	1,8	1,5	0,7
RF / AL	1,5	1	4,1
		RT (%)	9,8

В следующей таблице приведены значения коэффициентов отражения света при прохождении че-

рез различные границы раздела, описанные на фиг. 30, когда передняя панель FP и заднее покрытие RF изготовлены из сапфира (показатель преломления равен 1,76) и емкостные детекторные слои включают электрические дорожки, изготовленные из ИТО (показатель преломления равен 1,8), изолированные смолой, имеющей практически одинаковый показатель преломления, или с помощью сетки высокопроводящих электрических дорожек (проводимость более или равна проводимости чистого алюминия), имеющей низкую плотность (объем включает по меньшей мере 90% пустот), изолированную смолой, имеющей сравнимый показатель преломления со смолой, используемой для ИТО (показатель преломления равен 1,8). Напротив ячейки, содержащей RT (%), представлена общая сумма отражения света, проходящего через емкостную сенсорную панель, т.е. 15,19% потерь, что соответствует 85,81% пропускания света. Коэффициент пропускания структуры, включающей одно переднее покрытие, выполненное из сапфира, описанное на фиг. 29, едва превышен. Неудивительно, что показатель преломления сапфира, который довольно близок к ИТО, значительно выше, чем слоя воздуха, отделяющего дисплейный экран от "заднего" покрытия.

Подробные результаты следующие:

D	n1	n2	R%
A/FP	1	1,7	7,5
FP/CDL	1,7	1,8	0,0
CDL/RF	1,8	1,7	0,0
RF/AL	1,7	1	7,5
		RT (%)	15,1

Следующие таблицы представляют значения коэффициента отражения света при прохождении света через различные границы, описанные на фиг. 31 емкостной сенсорной панели 310, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения. Передняя панель FP, выполненная из сапфира (показатель преломления равен 1,76), имеет слой 311, полученный антибликовой обработкой, созданный в соответствии со способом настоящего изобретения. В соответствии с первым и вторым вариантами эффект от слоя, полученного антибликовой обработкой, соответственно снижает отражение света на границе раздела A/FP на 50%, коэффициент отражения изменяется с 7,5 до 3,75% (обозначается как 311 (50%)) и на 80%, коэффициент отражения изменяется с 7,5 до 1,5% (обозначается как 311 (80%)), в предположении, что емкостные детекторные слои включают электрические дорожки из ИТО (показатель преломления равен 1,8), изолированные смолой, имеющей, по существу, сопоставимый показатель преломления, или с помощью сетки высокопроводящих электрических дорожек (проводимость более или равна проводимости алюминия) и имеющей низкую плотность (объем включает по меньшей мере 90% пустот), изолированной смолой, имеющей сравнимый показатель преломления, что и у смолы, используемой для ИТО (показатель преломления равен 1,8). Напротив ячейки, содержащей RT (%), представлена общая сумма коэффициентов отражения света, проходящего через емкостную сенсорную панель. Потери RT (%) равны 11,92%, что соответствует пропусканию света 88,08% для 311 (50%); потери RT (%) равны 9,68%, что соответствует пропусканию света 90,32% для 311 (80%). Следует отметить, что 311 (50%) эквивалентен слою, имеющему средний показатель преломления, равный 1,48, чтобы получить снижение на 50% коэффициента отражения между воздухом и сапфиром, изменение от 7,5% до 3,75%; следует отметить, что 311 (80%) эквивалентен слою, имеющему средний показатель преломления, равный 1,28, чтобы получить снижение на 80% коэффициента отражения между воздухом и сапфиром, изменение от 7,5 до 1,5%; в последнем случае показатель преломления близок к величине, соответствующей корню квадратному из произведения показателей преломления воздуха и сапфира, равному $(1 \times 1,76)^{1/2} = 1,32$. Для AR (80%) этот вариант имеет сопоставимые оптические свойства по пропусканию с величинами, полученными для "обычной" емкостной сенсорной панели с использованием стеклянных материалов на передней панели и заднем покрытии (пропускание 90,32% для первой; 90,21% для второго), при этом имеет неоспоримое преимущество по стойкости к царапинам контактной поверхности, связанной с увеличением механической стойкости к ударам и к изгибающим нагрузкам.

Подробные результаты следующие, где первая таблица относится к снижению на 50% отражения света слоем, полученным антибликовой обработкой (первый вышеуказанный вариант) и вторая относится к снижению на 80% отражения света (второй вышеуказанный вариант):

D	n1	n2	R%
A/(FP + (311(50%)))	1	1,4	3,7
FP/CDL	1,7	1,8	0,0
CDL/AL	1,8	1	8,1
		RT (%)	11,9

D	n1	n2	R%
A/(FP + (311(80%)))	1	1,2	1,5
FP/CDL	1,7	1,8	0,0
CDL/AL	1,8	1	8,1
		RT (%)	9,6

Следующие таблицы представляют значения коэффициента отражения света при прохождении через различные границы, описанные на фиг. 32, емкостной сенсорной панели 320 в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения. Передняя панель FP, выполненная из сапфира (показатель преломления равен 1,76), имеет слой, полученный антибликовой обработкой, 321; указанная емкостная сенсорная панель 320 также включает заднее покрытие RF, выполненное из сапфира, которое имеет слой 322, полученный антибликовой обработкой.

В соответствии с первым и вторым вариантами слои (321) и (322), полученные антибликовой обработкой, имеют эффект снижения отражения света на 50%, изменение коэффициента отражения от 7,5 до 3,75% (обозначаемое как 321 (50%)), и на 80%, изменение коэффициента отражения от 7,5 до 1,5% (обозначаемое как 321 (80%)), на границах раздела воздух A/(FP + 321) и (RF + 322)/AL, в предположении, что емкостные детекторные слои включают электрические дорожки из ITO (показатель преломления равен 1,8), изолированные смолой, имеющей, по существу, сравнимый показатель преломления, или с помощью сетки высокопроводящих электрических дорожек (проводимость более или равна проводимости чистого алюминия) и имеющей низкую плотность (объем, включающий долю пустот более или равную 90%), изолированной смолой, имеющей сравнимый показатель преломления, что и у смолы, используемой для ITO (показатель преломления равен 1,8). Напротив ячейки, содержащей RT (%), представлена общая сумма отражений света, проходящего через емкостную сенсорную панель. Потери RT (%) равны 7,51%, что соответствует пропусканию света 92,49% для 321 (50%) и 322 (50%); потери RT (%) равны 3,04%, что соответствует пропусканию света 96,96% для 321 (80%) и 322 (80%). Следует отметить, что для 321 (50%) и 322 (50%) пропускание, равное 92,49%, превышает пропускание, равное 90,21%, "обычных" емкостных сенсорных панелей с использованием стеклянных материалов в качестве "передних" покрытий, причем имеется бесспорное преимущество в стойкости к царапинам контактной поверхности, связанной с увеличением механической стойкости к ударам и к изгибающим нагрузкам. Эти оптические и механические преимущества значительно выше у 321 (80%) и 322 (80%), для которых пропускание, практически равное 97%, значительно превышает пропускание, равное 90,21% для "обычных" емкостных сенсорных панелей с использованием стеклянных материалов в качестве передней панели и заднего покрытия, кроме того, здесь опять же преимущество в бесспорном превосходстве по стойкости к царапинам контактной поверхности, связанной с увеличением механической стойкости к ударам и изгибающим нагрузкам. Что касается энергии, считается, что для 321 (50%), 321 (50%) потребление энергии дисплейным экраном может быть снижено приблизительно на 15% (увеличение пропускания света дисплейным экраном на 7,5% и снижение отражения окружающего света на 7,5%); для 321 (80%), 321 (80%) потребление энергии дисплейным экраном может быть снижено приблизительно на 24% (увеличение пропускания света дисплейным экраном на 12% и снижение отражения окружающего света на 12%). Срок службы аккумулятора, таким образом, может быть значительно увеличен.

Подробные результаты следующие, где первая таблица относится к снижению на 50% отражения света слоем, полученным антибликовой обработкой (первый вышеуказанный вариант) и вторая относится к снижению на 80% отражения света (второй вышеуказанный вариант):

D	n1	n2	R%
A/(FP + 321(50%))	1	1,4	3,7
FP/CDL	1,7	1,8	0,0
CDL/RF	1,8	1,7	0,0
(RF + 322(50%))/AL	1,4	1	3,7
		RT (%)	7,5
D	n1	n2	R%
A/(FP + 321(80%))	1	1,2	1,5
FP/CDL	1,7	1,8	0,0
CDL/RF	1,8	1,7	0,0
(RF + 322(80%))/AL	1,2	1	1,5
		RT (%)	3,0

Фиг. 33 представляет емкостную сенсорную панель 330 в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения. Передняя панель FP, выполненная из сапфира (показатель преломления равен 1,76), имеет слой 331, полученный антибликовой обработкой; указанная емкостная сенсорная панель 330 также включает заднее покрытие RF, также выполненное из сапфира, которое имеет слой 322, полученный антибликовой обработкой. В этом варианте боковые стороны 332, 333 передней панели FP и боковые стороны 335, 336 заднего покрытия RF также имеют слой, полученный антибликовой обработкой. Антибликовые слои были получены способом по настоящему изобретению.

С помощью антибликовых слоев, нанесенных таким образом, свет, испускаемый дисплейным экраном DS, может проходить через слой воздуха AL, емкостный детекторный слой CDL, поверхность 331 передней панели FP, боковые стороны 332, 333 передней панели FP, поверхность 334 заднего покрытия RF, боковые стороны 335, 336 заднего покрытия RF с чрезвычайно низкой степенью отражения, создающей визуальное впечатление целостности сборки элементарных емкостных сенсорных панелей. В соответствии с вариантом осуществления изобретения антибликовая обработка различных сторон идентична.

И, наконец, чтобы обеспечить возможность превысить размерные ограничения емкостных панелей, авторы настоящего изобретения рекомендуют объединять элементарные емкостные сенсорные панели, содержащие сапфировые материалы, прошедшие антибликовую обработку ионным облучением в соответствии со способом настоящего изобретения не только на передней или задней сторонах, но также на боковых сторонах. После сборки боковые стороны сапфировых материалов становятся прозрачными для невооруженного глаза, тем самым создается впечатление одной емкостной панели большого размера. Антибликовая обработка ионным облучением может быть выполнена при одинаковых условиях для передней или задней сторон и боковых сторон.

Авторы настоящего изобретения, кроме того, ниже составили сравнительную таблицу значений, полученных для пропускания нескольких "архитектур" емкостных сенсорных панелей. Указанные емкостные сенсорные панели могут включать стекло и/или сапфировый материал передней панели и/или задней стороны. Емкостные сенсорные панели в соответствии с настоящим изобретением включают сапфировый материал передней панели и/или заднего покрытия; по меньшей мере одна поверхность(и) сапфирового материала подвергнута антибликовой обработке в соответствии со способом настоящего изобретения; такой сапфировый материал с антибликовой обработкой обозначается как "TSapphire" (для "сапфирового материала, обработанного в соответствии со способом по настоящему изобретению") в следующей таблице. Значения пропускания указаны для длины волны 560 нм. Емкостный детекторный слой CDL включает ИТО части. DS относится к дисплейному экрану.

Архитектура ёмкостной сенсорной панели	Пропускание (%)	Отражение (%)
T_Sapphire/CDL/T_Sapphire/Воздух/DS	97%	3,00%
Стекло/CDL/Стекло/DS	95,88	4,12%
T_Sapphire/CDL/Воздух/DS	90,32%	9,68%
Стекло/CDL/Стекло/Воздух/DS	90,21%	9,79%
Стекло/CDL/Воздух/DS	86,95	13,05%
Сапфир/ICDL/Сапфир/ВВоздух/DS	84,81	15,19%
Сапфир/CDL/Воздух/Ds	84,25%	15,75%

Можно отметить, используя вышеприведенную сравнительную таблицу, что емкостные сенсорные панели в соответствии с настоящим изобретением имеют пропускание света более 90% при 560 нм за одну обработку (T_Sapphire/CDL/Воздух/DS) или равное 97% при 560 нм (T_Sapphire/CDL/T_Sapphire/Воздух/DS) при двойной обработке и имеют значительное преимущество, являясь стойкими к царапинам, к ударам и к изгибающим нагрузкам, иными словами, способны сохранять высокое пропускание в течение длительного времени. Технология Стекло/CDL/Стекло/DS состоит в удалении воздушного слоя между задним покрытием, выполненным из стекла, и дисплейным экраном посредством связывания дисплейного экрана со стеклом. Эта известная технология позволяет в лучшем случае достичь 95%, но включает недостаток, заключающийся в наличии контактной поверхности, изготовленной из стекла с низкой стойкостью к царапинам, не допуская в случае возникновения трещин замены только одной сенсорной панели (дисплейный экран, жестко соединенный с сенсорной панелью, заменяется одновременно); и, наконец, она не превышает высокого пропускания, полученного в настоящем изобретении.

Благодаря настоящему изобретению, можно получить деталь, выполненную из сапфирового материала, содержащего по меньшей мере одну ионно-имплантированную поверхность, причем отражение падающей волны в видимой области спектра уменьшается по меньшей мере на одну треть, например наполовину, по сравнению с отражением падающей волны в видимой области спектра на необработанном сапфировом материале, например, при длине падающей волны 560 нм.

Благодаря настоящему изобретению, можно получить синтетический сапфировый материал, содержащий по меньшей мере одну поверхность с имплантированными ионами элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S), причем отражение падающей волны в видимой области спектра на указанной поверхности равно или менее 2%, например равно или менее 1%, при измерении на длине волны 560 нм.

Способ обработки по настоящему изобретению может быть использован для обработки объемной детали, выполненной из сапфирового материала, выбранной, например, без ограничения, из списка, состоящего из экрана, такого как сенсорный экран, окна, часового стекла, детали осветительного устройства, детали светоизлучающего прибора (LED), оптического компонента, такого как линза устройства.

Изобретение описано выше с помощью примеров его осуществления без ограничения общей концепции изобретения; в частности, параметры не ограничиваются обсуждаемыми примерами.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки сапфировой подложки, включающий облучение поверхности сапфировой подложки пучком одно- и/или многозарядных ионов газа таким образом, чтобы получить ионно-имплантированный слой в сапфировой подложке, при этом указанная поверхность граничит со средой, отличающейся от сапфировой подложки,

причем доза имплантируемых одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверх-

ности находится в диапазоне 10^{12} - 10^{18} ионов/см²;

ускоряющее напряжение находится в диапазоне 5-1000 кВ и

ионы одно- и/или многозарядных ионов газа выбирают из ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S),

при этом дозу имплантируемых одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности выбирают таким образом, чтобы получить атомную концентрацию ионов в указанном ионно-имплантированном слое, при которой показатель преломления nL ионно-имплантированного слоя больше или равен $0,8 \times (nA \times nS)^{1/2}$ и меньше или равен $1,2 \times (nA \times nS)^{1/2}$, где nA - показатель преломления воздуха и nS - показатель преломления сапфировой подложки; и

ускоряющее напряжение выбирают таким образом, чтобы получить толщину имплантированного слоя e , которая больше или равна $0,75 \times r \times \lambda / (4nL)$ и меньше или равна $1,25 \times r \times \lambda / (4nL)$,

где e - толщина ионно-имплантированного слоя, соответствующая зоне имплантации, где атомная концентрация имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа больше или равна 1% и e выражается в нанометрах;

r - ненулевое положительное целое число;

λ - длина падающей волны, причем λ выражается в нанометрах и таким образом, чтобы получить антибликовую обработку указанной сапфировой подложки, эффективную в видимом диапазоне.

2. Способ обработки по п.1, в котором ионы одно- и/или многозарядных ионов газа принадлежат одному из следующих элементов: гелий (He), неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr), ксенон (Xe), азот (N) и кислород (O), предпочтительно азоту (N) и кислороду (O).

3. Способ обработки по п.1 или 2, в котором ионы для облучения пучком одно- и/или многозарядных ионов газа получают с помощью источника электронного циклотронного резонанса (ЭЦР).

4. Способ обработки по любому из пп.1-3, в котором ионы газового пучка являются одно- и многозарядными и включают 10% многозарядных ионов или больше 10% многозарядных ионов.

5. Способ обработки по любому из пп.1-4, в котором дозу имплантированных одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности выбирают таким образом, чтобы получить атомную концентрацию имплантированных ионов больше или равную 5% и меньше или равную 20%, предпочтительно больше или равную 9,5% и меньше или равную 10,5%.

6. Способ обработки по любому из пп.1-5, в котором сапфировая подложка перемещается по отношению к пучку одно- и/или многозарядных ионов газа со скоростью V_D , которая составляет 0,1-1000 мм/с.

7. Способ обработки по п.6, в котором одну и ту же зону сапфировой подложки перемещают под пучком одно- и/или многозарядных ионов газа со скоростью V_D .

8. Способ обработки по любому из пп.1-7, в котором дозу имплантируемых одно- и/или многозарядных ионов газов на единицу площади поверхности выбирают в диапазоне 10^{16} - 10^{18} ионов/см², например выбирают в диапазоне $2 \cdot 10^{16}$ - $2 \cdot 10^{17}$ ионов/см².

9. Способ обработки по любому из пп.1-8, в котором ускоряющее напряжение выбирают в диапазоне 10-100 кВ.

10. Способ обработки по любому из пп.1-9, в котором дозу имплантируемых одно- и/или многозарядных ионов газа и ускоряющее напряжение дополнительно выбирают в соответствии с дополнительными правилами выбора,

при этом дополнительные правила выбора включают использование данных, полученных на этапе перед облучением обрабатываемой сапфировой подложки пучком одно- и/или многозарядных ионов газа,

указанный этап заключается в выборе одного типа одно- и/или многозарядных ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S), выполнении нескольких экспериментов с сапфировыми подложками, аналогичными обрабатываемой подложке, с использованием указанных ионов для облучения и изменении дозы имплантируемых одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и ускоряющего напряжения до тех пор, пока не будут определены диапазоны искомой дозы имплантируемых одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и диапазоны ускоряющего напряжения, чтобы получить ионно-имплантированный слой для получения желаемой антибликовой обработки, эффективной в видимом диапазоне; и

выбирают дозу одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и величину ускоряющего напряжения в пределах диапазонов, полученных на предыдущем этапе, и обрабатывают сапфировую подложку выбранными ионами при выбранных значениях.

11. Способ обработки по любому из пп.1-9, в котором дозу имплантируемых одно- и/или многозарядных ионов газа и ускоряющее напряжение дополнительно выбирают в соответствии с дополнительными правилами выбора, при этом дополнительные правила выбора включают в себя выбор одного типа одно- и/или многозарядных ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона

(Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S);

выбор дозы одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и значения ускоряющего напряжения в соответствии с расчетом на основе профиля ионной имплантации в зависимости от глубины имплантации для выбранных ионов, при этом указанный профиль ионной имплантации предварительно рассчитывают или определяют для нескольких значений ускоряющего напряжения, с тем чтобы получить ионно-имплантированный слой для получения требуемой антибликовой обработки, эффективной в видимом диапазоне, чтобы получить атомную концентрацию имплантированных ионов больше или равную 5% и меньше или равную 20%, например больше или равную 9,5% и меньше или равную 10,5%.

12. Способ обработки по любому из пп.1-9, в котором дозу имплантируемых одно- и/или многозарядных ионов газа и ускоряющее напряжение дополнительно выбирают в соответствии с дополнительными правилами выбора, при этом дополнительные правила выбора включают в себя

выбор одного типа одно- и/или многозарядных ионов элементов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S);

выбор дозы одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности и величины ускоряющего напряжения согласно следующему уравнению:

$$0,02 \leq D \times C^2 / (T \times \Delta n) \leq 2,$$

где D - выбираемое значение дозы одно- и/или многозарядных ионов газа на единицу площади поверхности, выраженное в 10^{16} ионов/см²;

C=M/15, где M - атомная масса выбранного иона;

T - выбираемое ускоряющее напряжение, выраженное в кВ;

Δn - разница показателей преломления между показателем преломления nS обрабатываемой сапфировой подложки и показателем преломления nM среды, прилегающей к поверхности сапфировой подложки, облучаемой ионами.

13. Способ обработки по п.12, в котором $D \times C^2 / (T \times \Delta n)$ больше или равно 0,1, например больше или равно 0,5 и/или меньше или равно 1, например меньше или равно 0,8.

14. Способ обработки по любому из пп.1-13, в котором указанная сапфировая подложка представляет собой или является частью одного компонента из списка, состоящего из сенсорного экрана, окна, часового стекла, детали осветительного устройства, детали светоизлучающего прибора (LED), линзы.

15. Синтетическая сапфировая подложка, обработанная способом обработки по любому из пп.1-14, на которой отражение падающей волны в видимой области спектра снижено по меньшей мере на одну треть по сравнению с отражением указанной падающей волны в видимой области спектра на необработанной сапфировой подложке.

16. Синтетическая сапфировая подложка по п.15, содержащая по меньшей мере одну поверхность с имплантированными ионами элемента из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S), причем отражение падающей волны в видимом диапазоне на указанной поверхности меньше или равно 2%, например меньше или равно 1%, при измерении на длине волны 560 нм.

17. Емкостная сенсорная панель с высоким пропусканием в видимом диапазоне, содержащая последовательно расположенные:

а) сапфировую подложку, передняя сторона которой обработана способом по любому из пп.1-14 и представляет переднее покрытие;

б) емкостный детекторный слой и

с) дисплейный экран.

18. Емкостная сенсорная панель по п.17, в которой указанная сапфировая подложка имеет толщину меньше или равную 1 мм.

19. Емкостная сенсорная панель по п.17 или 18, содержащая сапфировую подложку за емкостным детекторным слоем, представляющую собой заднее покрытие, которое подвергнуто ионному облучению с помощью ионного пучка, при этом ионы выбраны из ионов атомов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора (B), углерода (C), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S).

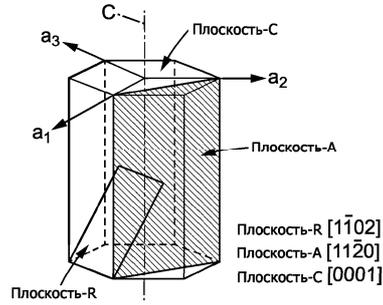
20. Емкостная сенсорная панель по п.19, в которой заднее покрытие из сапфировой подложки имеет толщину меньше или равную 400 мкм, например равную 100 мкм.

21. Емкостная сенсорная панель по п.19 или 20, в которой переднее покрытие, емкостный детекторный слой и заднее покрытие совместно смонтированы и отделены от дисплейного экрана воздушным зазором.

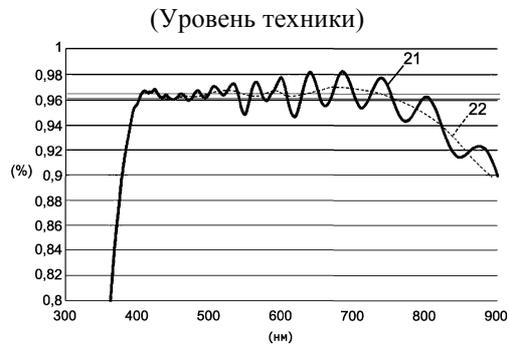
22. Емкостная сенсорная панель по любому из пп.17-21, в которой, по меньшей мере, боковая сторона по меньшей мере одной сапфировой подложки обработана посредством ионного облучения с ионами атомов из списка, состоящего из гелия (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr), ксенона (Xe), бора

(В), углерода (С), азота (N), кислорода (O), фтора (F), кремния (Si), фосфора (P) и серы (S).

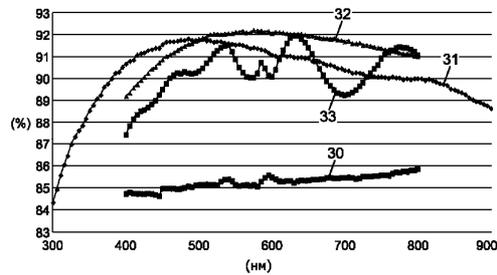
23. Емкостная сенсорная панель по любому из пп.17-22, в которой пропускание света, излучаемого указанным дисплейным экраном, например, измеренное на длине волны 560 нм, составляет величину больше или равную 90%, например больше или равную 97%, больше или равную 98%.



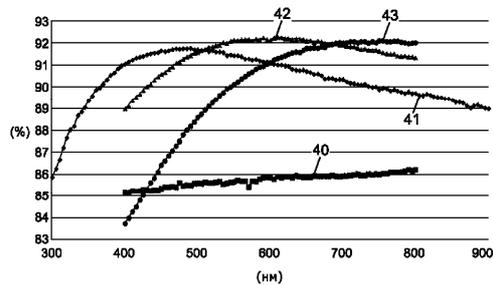
Фиг. 1



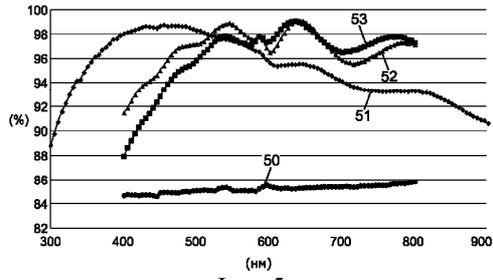
Фиг. 2



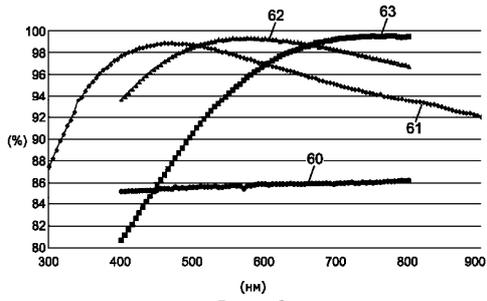
Фиг. 3



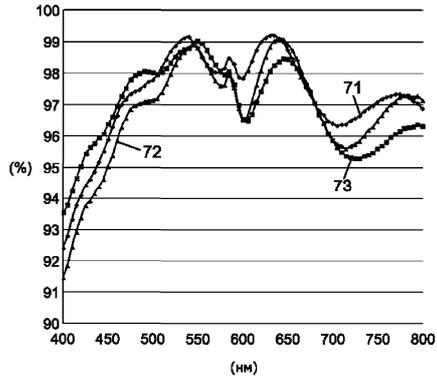
Фиг. 4



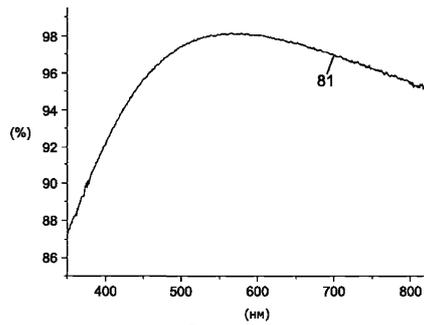
Фиг. 5



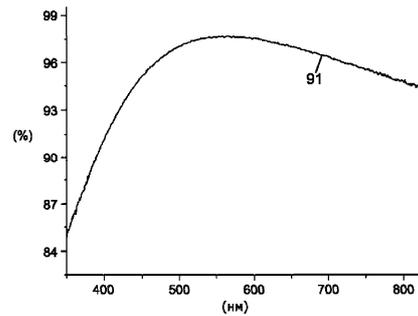
Фиг. 6



Фиг. 7

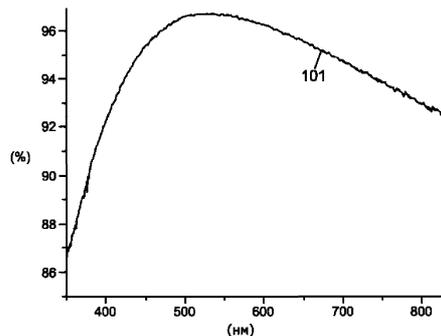


Фиг. 8

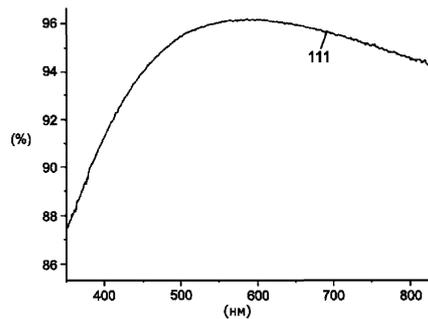


Фиг. 9

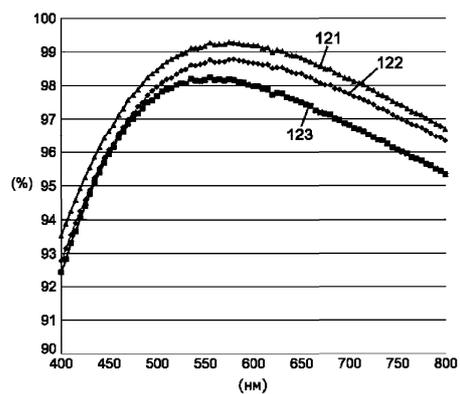
035316



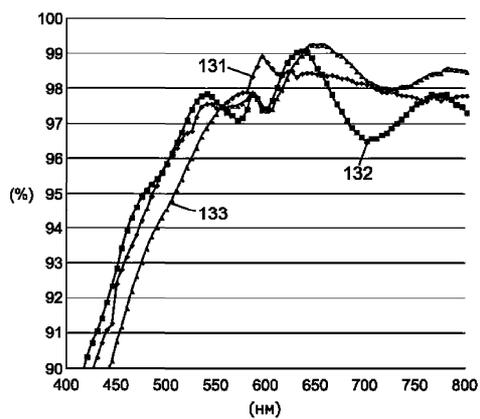
Фиг. 10



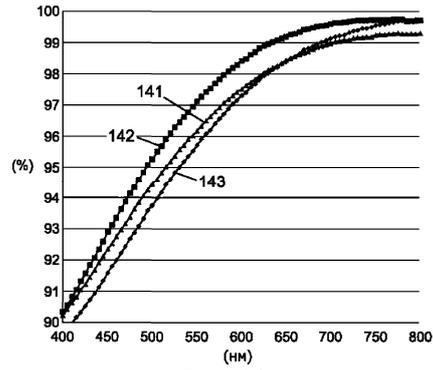
Фиг. 11



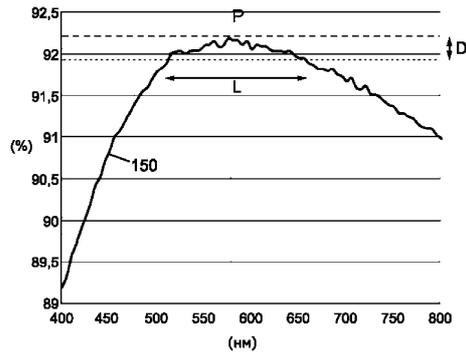
Фиг. 12



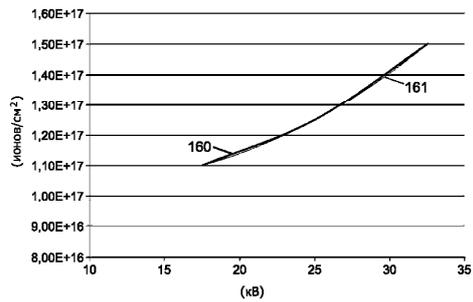
Фиг. 13



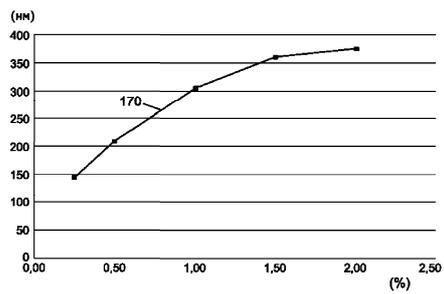
Фиг. 14



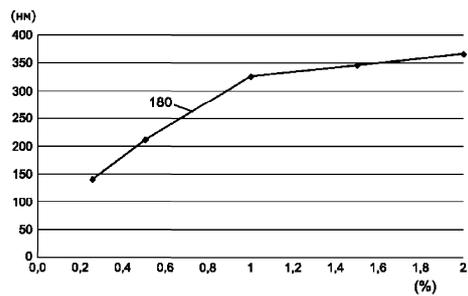
Фиг. 15



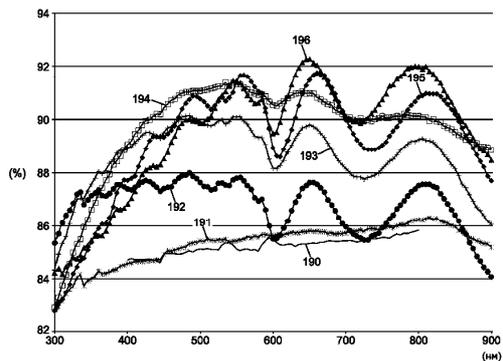
Фиг. 16



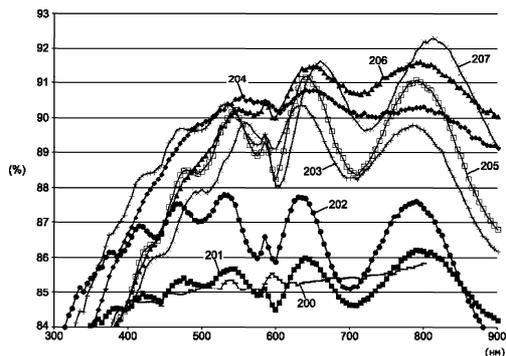
Фиг. 17



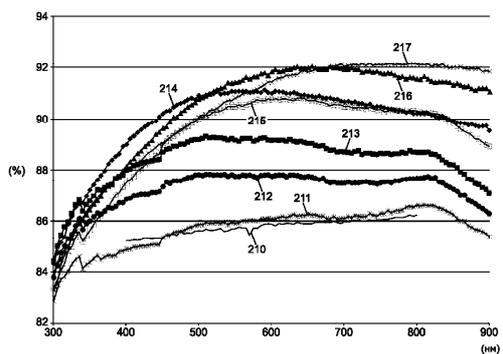
Фиг. 18



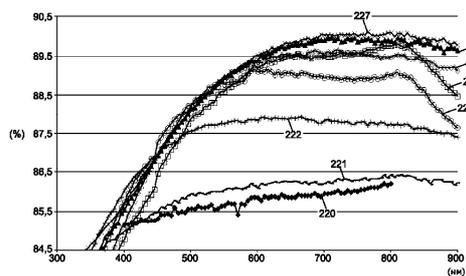
Фиг. 19



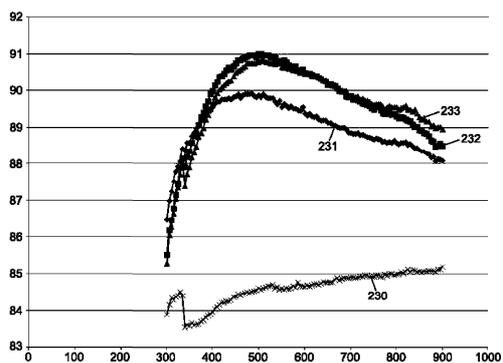
Фиг. 20



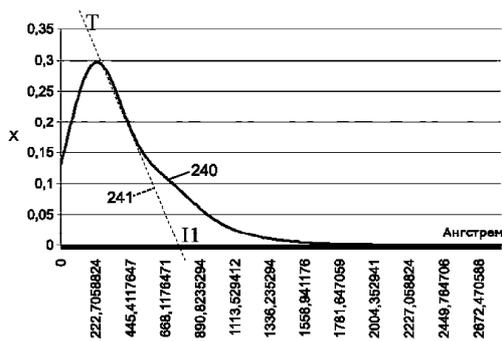
Фиг. 21



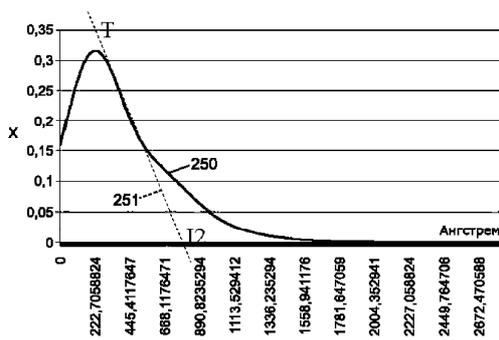
Фиг. 22



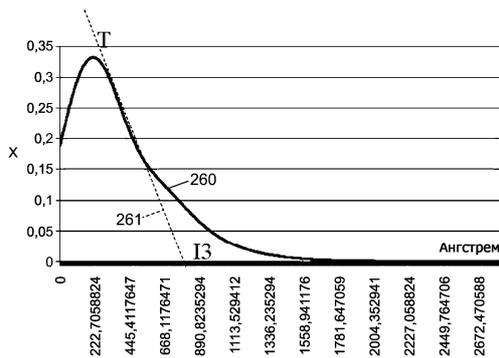
Фиг. 23



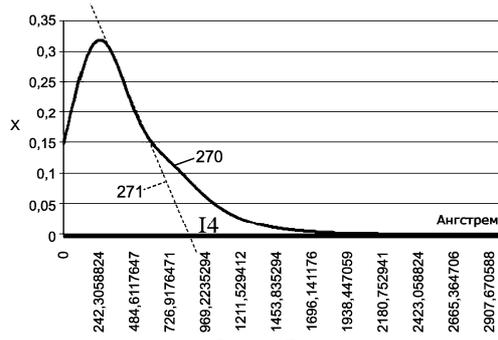
Фиг. 24



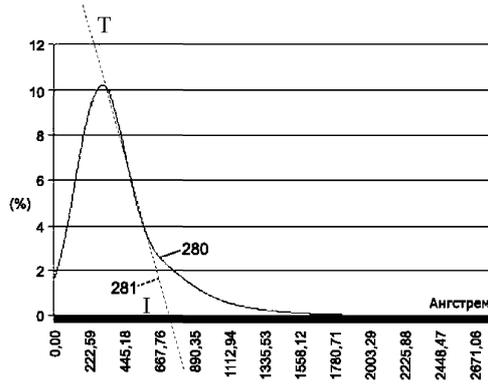
Фиг. 25



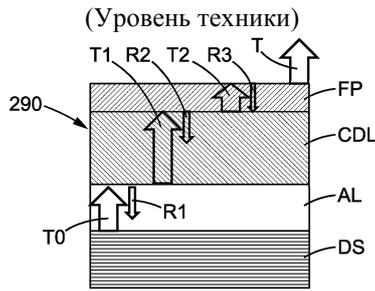
Фиг. 26



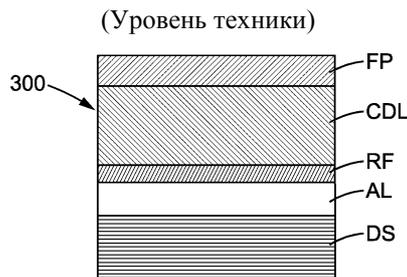
Фиг. 27



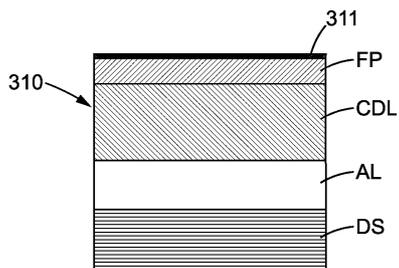
Фиг. 28



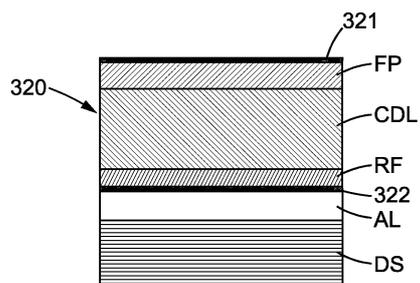
Фиг. 29



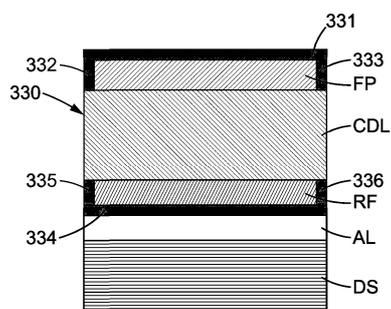
Фиг. 30



Фиг. 31



Фиг. 32



Фиг. 33