



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **91425** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
H05F 3/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 12656	(72) Винахідник(и): Білокінь Світлана Олександрівна (UA), Антонюк Віктор Степанович (UA), Бондаренко Максим Олексійович (UA), Бондаренко Юлія Юріївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 03.02.2014	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.07.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2014, Бюл.№ 13	(73) Власник(и): Білокінь Світлана Олександрівна, вул. Волкова, 40, кв. 19, м. Черкаси, 18005 (UA), Антонюк Віктор Степанович, вул. Малиновського, 11, кв. 212, м. Київ, 04210 (UA), Бондаренко Максим Олексійович, вул. Чехова, 42, кв. 228, м. Черкаси, 18006 (UA), Бондаренко Юлія Юріївна, вул. Чехова, 42, кв. 228, м. Черкаси, 18006 (UA)

(54) СПОСІБ ВИДАЛЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО ТРИБОЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАРЯДУ

(57) Реферат:

Спосіб видалення залишкового трибоелектричного заряду, який виникає на діелектричній поверхні в процесі її сканування методом атомно-силової мікроскопії, виконується за рахунок формування в цій поверхні зони провідності, в якій відбувається стікання заряду, утвореного внаслідок тертя об неї кремнієвого зонда атомно-силового мікроскопа. При цьому формують зону провідності в місці контакту зонда з діелектричною поверхнею шляхом генерування висококогерентного електромагнітного випромінювання лазерним діодом системи позиціонування зонда, яке за допомогою призми розділяють на два однакових за інтенсивністю пучки, один з яких направляють до фотодетектора відхилення кантилевера, а інший направляють на еліптичне дзеркало, де він розсіюється і утворює вузьку смугу висококогерентного випромінювання вздовж усього зразка, який сканують, і при цьому охоплюють як поверхню зразка, так і кремнієвий зонд атомно-силового мікроскопа.

UA 91425 U

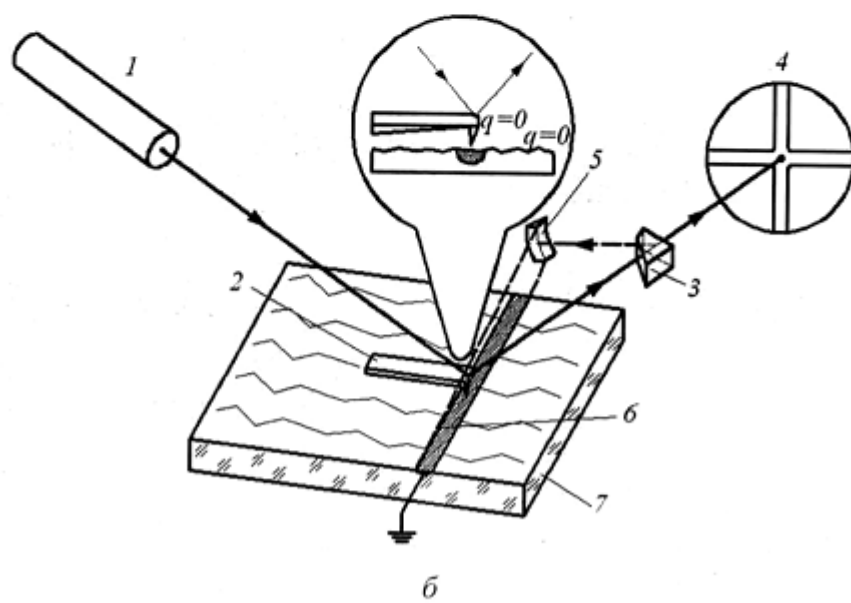
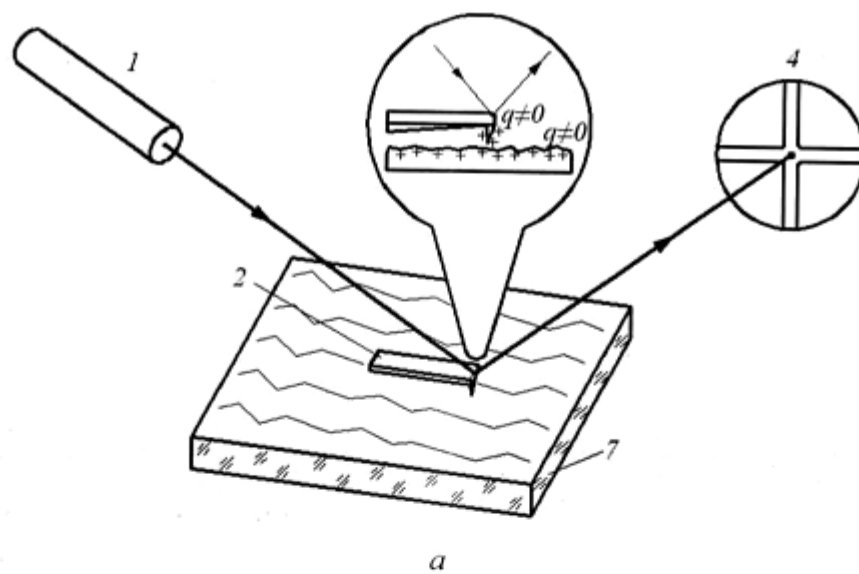


Fig. 1

Корисна модель належить до приладобудування, а саме до способів захисту об'єктів від шкідливих проявів статичної електрики, і може бути використана для підвищення точності та надійності визначення мікрогеометрії діелектричних поверхонь шляхом видалення залишкового заряду на поверхні діелектриків від дії сил тертя між цими поверхнями та кремнієвим зондом атомно-силового мікроскопа.

Відомий спосіб нейтралізації статичної електрики на рухомій поверхні діелектрика, що здійснюється шляхом стабілізації струму екрана розрядника. Струм від джерела живлення, що потрапляє на розрядник, поділяється на струм нейтралізації (за допомогою коронуючого електрода) та струм екрана. Струм нейтралізації з'являється при наявності заряду на поверхні діелектрика та збільшується при зростанні заряду. Стабілізація струму екрана відбувається шляхом порівняння зворотного зв'язку, утвореного RC-ланцюгом, із запірною напругою. Різниця напруг подається через пристрій управління на джерело високої напруги. При цьому запірня напруга встановлюється в залежності від розрядника таким чином, щоб при відсутності заряду діелектрика, що нейтралізується, струм нейтралізації був мінімальним. [А. с. СРСР № 1455396, H05F3/02, 1987].

Недоліком наведеного способу є те, що він не забезпечує подачу необхідного та достатнього по абсолютній величині потенціалу на коронуючий електрод для повної нейтралізації поверхневого заряду.

Відомий також біполярний аеродинамічний нейтралізатор зарядів статичної електрики, який містить високовольтне джерело живлення з позитивним та негативним електродами, генератор позитивних іонів з коронуючим електродом, який приєднано до виводу джерела живлення позитивної полярності, генератор негативно заряджених іонів з коронуючим електродом, який приєднано до виводу джерела живлення негативно полярності. Задля збільшення ефективної зони обробки матеріалів за рахунок вирівнювання концентрацій позитивних та негативних іонів в потоці на виході із нейтралізатора зазначені генератори виконані у вигляді однотипних вісесиметричних іонізаторів з коронуючими електродами-голками та співвісними до них кільцевими некоронуючими електродами. При цьому радіус вістря голки в іонізаторі позитивної полярності складає 0,8-0,9 від радіуса вістря голки негативно полярності, а осі генератора перетинають зону обробки. [А. с. СРСР № 1309334, H05F3/04, 1985].

Недоліком наведеного пристрою є створення однакової концентрації позитивно та негативно заряджених іонів. При цьому не враховано, що при терті кремнієвого зонда об діелектричну поверхню можуть утворитися заряди одного знака. Тому застосування даного пристрою призводить до перезарядження зонда та поверхні, виникнення електричних розрядів і, як факт, утворення артефактів на результатах досліджень, що проводяться методом атомно-силової мікроскопії.

Найбільш близьким за технічною суттю до корисної моделі, що заявляється, є нейтралізатор зарядів статичної електрики, що містить блок живлення з високовольтним трансформатором, вторинна обмотка якого виконана з додатковим електродом, який приєднаний до загальної шини та розташований між її кінцевими електродами, принаймні один корпус з розташованими в ньому коронуючими електродами, одна група яких приєднана до одного з кінцевих електродів вторинної обмотки трансформатора, а друга група - до його другого кінцевого електрода та некоронуючим електродом, який приєднаний до додаткового електрода. Для підвищення ефективності нейтралізації різнополярних зарядів на оброблюваному матеріалі за рахунок вирівнювання струмів розряду у позитивний та негативний напівперіоди пристрій має два діоди, які включені послідовно з коронуючими електродами, а число витків між одним з кінцевих електродів вторинної обмотки трансформатора та додатковим електродом перевищує число витків між цими електродами. При цьому анод одного діода підключений до кінцевого електроду вторинної обмотки з великою кількістю витків, катод цього діода - до відповідної групи коронуючих електродів, анод іншого діода підключений до другої групи коронуючих електродів, катод цього діода - до кінцевого електрода вторинної обмотки з меншим числом витків. [А. с. СРСР № 177654, H05F3/04, 1964].

Недоліком даного пристрою є те, що розглядуваний нейтралізатор призначений для зняття негативних та позитивних зарядів на плоских діелектричних поверхнях. Проте використання його в системі "зонд-поверхня" призведе до утворення зайвого електростатичного заряду (за рахунок накопичення як зондом, так і досліджуваною поверхнею зарядів одного знаку) і виникнення електростатичного пробоя між вістрям зонду атомно-силового мікроскопа та діелектричною поверхнею.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки більш ефективного та надійного способу видалення залишкового заряду, що виникає на поверхні діелектричного матеріалу внаслідок тертя кремнієвого зонду об цю поверхню, що дозволить уникнути електростатичного

розряду, зменшити кількість артефактів сканування та збільшити точність отриманих результатів.

Спосіб видалення залишкового трибоелектричного заряду, що виникає на діелектричній поверхні внаслідок тертя кремнієвого зонда атомно-силового мікроскопа при її скануванні, здійснюють шляхом формування в цій поверхні зони провідності, в якій відбувається стікання цього заряду у сформованій внаслідок багатифотонної іонізації в місці контакту зонда з діелектричною поверхнею зони провідності.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де на Фіг. 1 зображена схема оптичної системи підведення зонда атомно-силового мікроскопа до досліджуваної поверхні (Фіг. 1а) та схема способу видалення залишкового трибоелектричного заряду, реалізованого на базі системи підведення (Фіг. 1б).

Схема способу видалення залишкового трибоелектричного заряду вбудовується в систему підведення зонду атомно-силового мікроскопа до досліджуваної поверхні і складається з призми розділення променя та еліптичного дзеркала.

Суть способу пояснюється наступним чином (Фіг. 1б). Висококогерентне електромагнітне випромінювання, що генерується лазерним діодом 1 системи позиціонування зонда, фокусується на мікродзеркало, яке знаходиться на кінці кремнієвого зонду 2 атомно-силового мікроскопа. Відзеркалюючись від цього дзеркала, промінь потрапляє на призму розділення 3, що розділяє лазерний промінь системи підведення на два однакових за інтенсивністю пучки, один з яких розповсюджується в тому ж напрямку - до фотодетектора відхилення кантилевера 4. Інший промінь, що заломлюється в призмі - відхиляється від прямолінійного розповсюдження і потрапляє на еліптичне дзеркало 5, призначення якого - сформувати вузьку смугу висококогерентного випромінювання 6 вздовж усього зразка 7, що сканується, охоплюючи при цьому як поверхню зразка, так і кремнієвий зонд атомно-силового мікроскопу.

В процесі сканування в діелектричному режимі діелектричним (кремнієвим) зондом атомно-силового мікроскопа діелектричних поверхонь, внаслідок тертя як на поверхні вістря зонда, так і на поверхні, що сканується, утворюється електричний заряд, який виникає в процесі розділення електричних диполів в поверхні діелектрика. З кожним наступним кроком сканування відбувається накопичення електричного заряду поверхнею, що, в результаті, призводить до електростатичного розряду. Виникнення такого розряду руйнує як досліджувану поверхню, так і сам зонд, а також призводить до появи артефактів на топограмі від сканованої ділянки.

Внаслідок опромінення зарядженої поверхні досліджуваного зразка та зонда когерентним електромагнітним випромінюванням (лазером) відбувається процес багатифотонної іонізації вузької ділянки цієї поверхні, в результаті чого підвищується рухливість носіїв заряду, що призводить до їх "стікання" на заземлений елемент утримувача зразка. Тим самим накопичення електростатичного трибоелектричного заряду не відбувається.

Приклад. Реалізація запропонованого способу видалення залишкового трибоелектричного заряду дозволяє досягнути наступних результатів. Проводилося сканування тест-об'єкта кремнієвим зондом CSC-38 в контактному режимі на приладі NT-206. Як тест-об'єкт вибрана дифракційна решітка з періодом $d=800$ нм та глибиною канавок $h=40$ нм, яка виготовлена методом електронної літографії на оптичному склі К8. Результати сканування такого тест-об'єкта на приладі, не оснащеному модулем видалення залишкового трибоелектричного заряду, представлені на профілографії, наведеній на Фіг. 2а, в. Як можна побачити з Фіг. 2а, топограма поверхні має нечіткі границі розділення штрихів дифракційної решітки, що пов'язано з дією електростатичних (кулонівських) сил між зондом та поверхнею, а також чітко виражені артефакти - місця електростатичного пробоя. Врахувавши, що розміри сканованої ділянки 13×13 мкм (або 128×128 кроків), а кількість виявлених артефактів електростатичного розряду - 23, можна зробити висновок, що в середньому електростатичний пробій відбувається через кожні 700 кроків (або 71 мкм) сканування.

В той же час, на профілографії сканування (Фіг. 2 в) приводяться результати розподілу штрихів дифракційної решітки по глибині. Тут штриховою лінією вказано реальний профіль дифракційної решітки. При цьому відхилення реального профілю від отриманого методом атомно-силової мікроскопії становить 7,5-11 %.

Порівнюючи результати сканування поверхні тест-об'єкту, до складу системи підведення зонду атомно-силової мікроскопії входив модуль видалення залишкового трибоелектричного заряду (Фіг. 2б, г), встановлено зменшення відхилення реального профілю від отриманого до значень 1,2-1,5 %, а також повного усунення артефактів на топограмі поверхні, що свідчить про повну відсутність залишкового поверхневого трибоелектричного заряду, як на досліджуваному об'єкті, так і на зонді атомно-силового мікроскопа.

Результати випробувань показали, що використання способу видалення залишкового трибоелектричного заряду, яким оснащується система підведення зонду атомно-силового мікроскопу, дозволяє провести більш точне та надійне визначення мікрогеометрії діелектричних поверхонь при їх скануванні кремнієвим зондом в контактному режимі.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб видалення залишкового трибоелектричного заряду, який виникає на діелектричній поверхні в процесі її сканування методом атомно-силової мікроскопії, що виконується за рахунок формування в цій поверхні зони провідності, в якій відбувається стікання заряду, утвореного внаслідок тертя об неї кремнієвого зонда атомно-силового мікроскопа, який **відрізняється** тим, що формують зону провідності в місці контакту зонда з діелектричною поверхнею шляхом генерування висококогерентного електромагнітного випромінювання лазерним діодом системи позиціонування зонда, яке за допомогою призми розділяють на два однакових за інтенсивністю пучки, один з яких направляють до фотодетектора відхилення кантилевера, а інший направляють на еліптичне дзеркало, де він розсіюється і утворює вузьку смугу висококогерентного випромінювання вздовж усього зразка, який сканують, при цьому охоплюють як поверхню зразка, так і кремнієвий зонд атомно-силового мікроскопа.

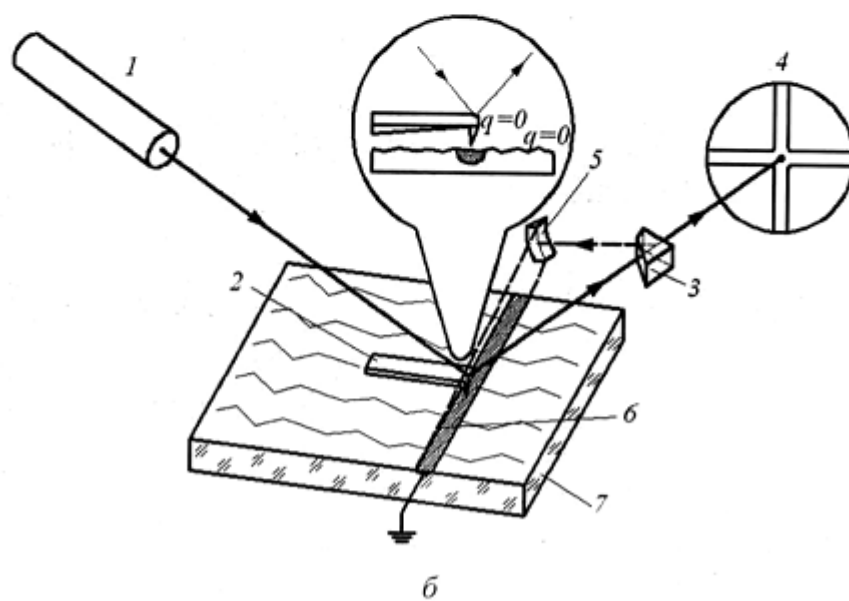
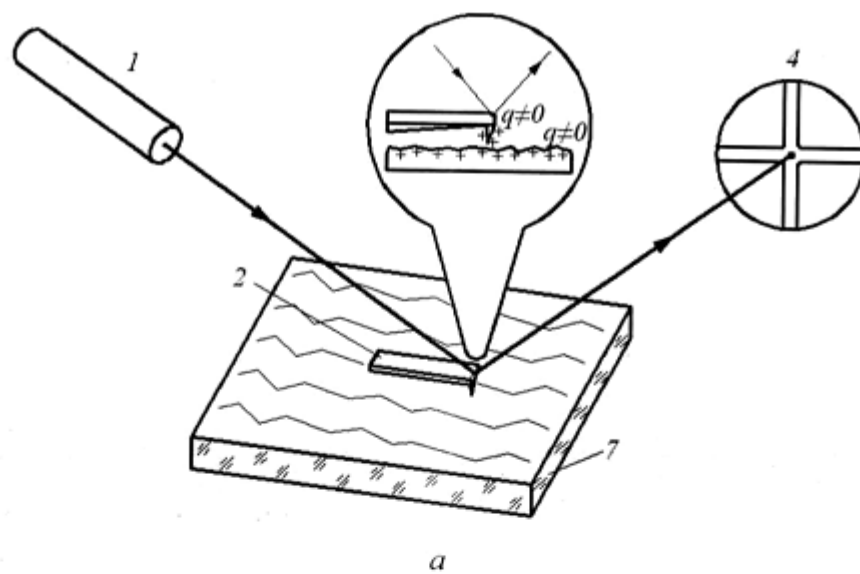
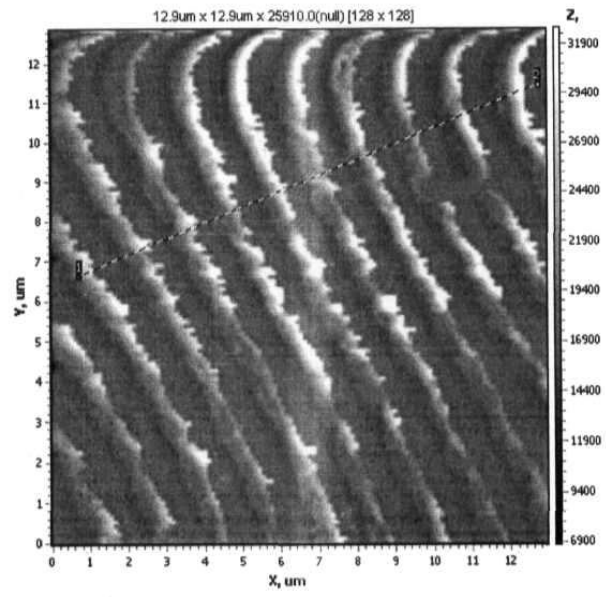
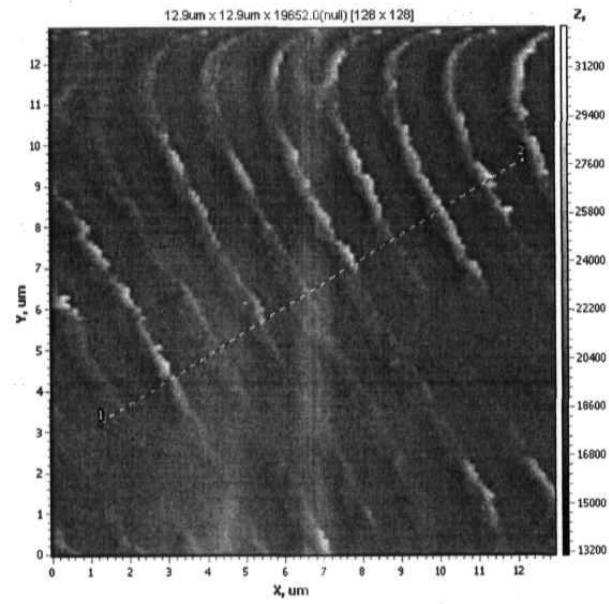


Fig. 1



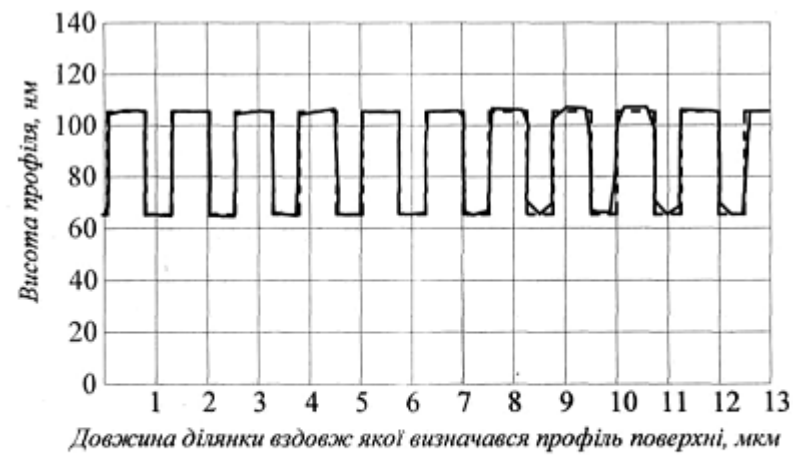
a



b



а



б

Fig. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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