



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111320** (13) **U**
(51) МПК
G01N 29/34 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

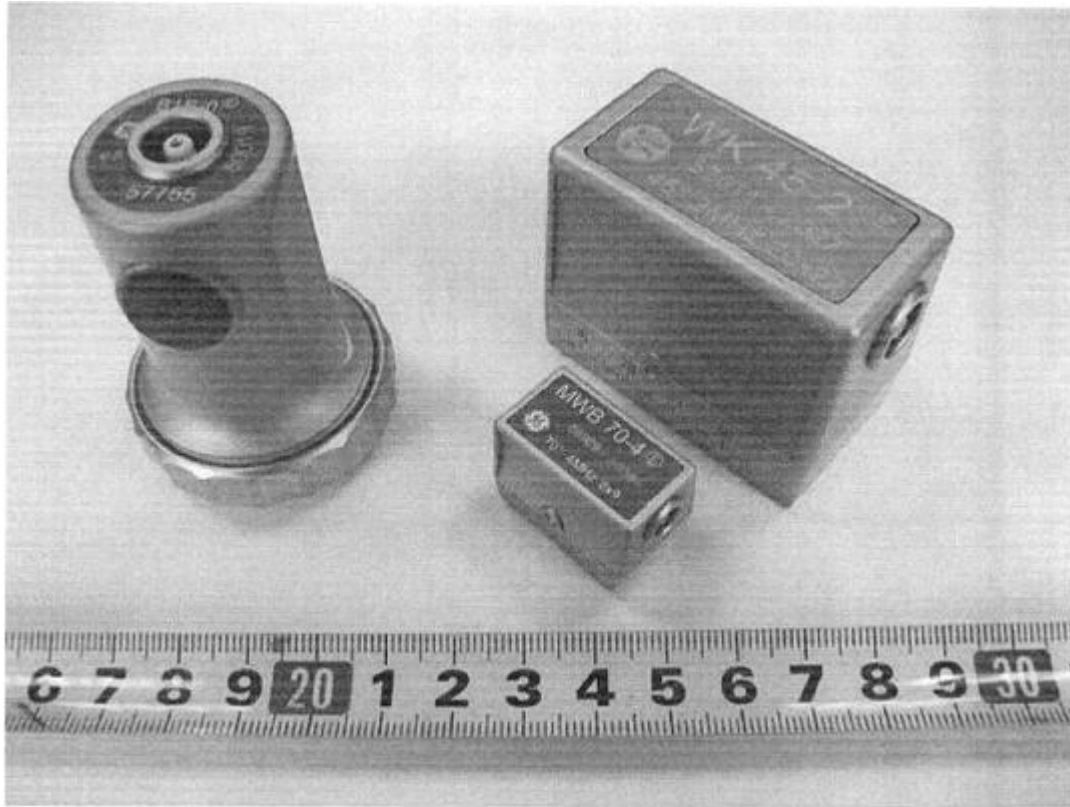
(21) Номер заявки: u 2016 03899	(72) Винахідник(и): Зайцева Лілія Василівна (UA), Зайцев Роман Валентинович (UA), Хрипунов Геннадій Семенович (UA), Горкунов Борис Митрофанович (UA)
(22) Дата подання заявки: 11.04.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.11.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.11.2016, Бюл.№ 21	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)

(54) ТОНКОПЛІВКОВИЙ ЄМНІСНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ

(57) Реферат:

Тонкоплівковий ємнісний перетворювач на основі гетероструктури діелектрик/провідник містить діелектричний шар та провідний електрод. Діелектричний шар ємнісного перетворювача виконано на основі двошарової структури поліімід/ Al_2O_3 , а провідний електрод виконано на основі двошарової прозорої структури ІТО/гребінчастий Al.

UA 111320 U



Фир. 1

Корисна модель, що заявляється, належить до ємнісної дефектоскопії матеріалів, зокрема до перетворювачів енергії в ультразвуковій коливання, що поширюються у металевих виробках, та ініційована необхідністю збільшення чутливості таких приладів та подальшим зниженням їх собівартості.

5 Необхідність спрощення технології контролю макродефектів металевих виробів в умовах промислового виробництва зумовила подальший розвиток широко запроваджених акустичних методів. Їх основу складають п'єзоелектричні прилади [1, 2], що реалізують акустичний метод з використанням спеціальних рідин для забезпечення необхідного акустичного контакту (фіг. 1). Значний досвід практичного використання цього методу визначив області, в яких він не є ефективним:

10 - неможливо використовувати рідину для акустичного контролю виробів із забрудненою поверхнею, уражених корозією, або з покриттями (фарба, полімерні плівки й інші ізоляційні покриття), гарячих і холодних виробів;

15 - застосування рідини перешкоджає зниженню експлуатаційних витрат та проведенню високошвидкісного контролю;

 - конструктивне рішення таких перетворювачів включає використання великої кількості цінних матеріалів, що впливає на їх вартість.

20 Подальшим шляхом вдосконалення стало створення п'єзоелектричних перетворювачів на основі тонких плівок [3], що дозволило суттєво знизити витрати матеріалів та значно підвищити чутливість таких приладів. Однак і таким приладам залишилися притаманні ті ж самі недоліки, котрі характерні п'єзоелектричному методу в цілому, а саме необхідність використання рідини для акустичного контролю.

 Наведені недоліки п'єзоелектричного методу призвели до необхідності пошуку альтернативного методу дефектоскопії металевих виробів, котрим виявився ємнісний метод [4].

25 Першим приладом для реалізації такої методики був ємнісний перетворювач на основі масивних діелектричного прошарку та провідного електрода [5]. Створений ємнісний перетворювач довів можливість використання цього методу для дефектоскопії металевих виробів, однак були виявлені такі суттєві недоліки:

30 - завеликі товщини використаних прошарків призводять до досить невеликої чутливості приладу, що не дозволяє вийти на рівень п'єзоелектричних приладів;

 - конструктивне рішення таких перетворювачів також включає використання великої кількості цінних матеріалів, що впливає на їх вартість.

 А подальші теоретичні дослідження показали шляхи вдосконалення приладів, пов'язані зі зменшення товщин шарів, з яких вони складаються [6].

35 Найближчим аналогом до корисної моделі, що заявляється, є тонкоплівковий ємнісний перетворювач на основі гетероструктури діелектрик/провідник, наприклад поліімід/Cu [7]. У запропонованому ємнісному перетворювачі як основа приладу та діелектричного прошарку використано поліімідну плівку завтовшки 130 мкм, а як провідний електрод на поверхню полііміду нанесено шар міді завтовшки 17 мкм. Завдяки використанню тонкоплівкових матеріалів вдалося дещо підвищити чутливість такого приладу та зменшити витрати матеріалів. Однак такий прилад також має наступні недоліки:

40 - шар полііміду завтовшки 130 мкм має досить велику товщину;

 - діелектрична проникність полііміду замала для отримання якісного та стійкого сигналу;

45 - використання товстого шару міді призводить до втрати гнучкості приладу та до ускладнень з позиціонуванням приладу.

 В основу корисної моделі поставлена задача створення тонкоплівкового ємнісного перетворювача з максимальною чутливістю при дефектоскопії металевих виробів за рахунок використання тонкоплівкових матеріалів малої товщини з підвищеним значенням величини діелектричної проникності.

50 Поставлена задача вирішується тим, що у тонкоплівковому ємнісному перетворювачі на основі гетероструктури діелектрик/провідник, який включає діелектричний шар та провідний електрод, діелектричний шар ємнісного перетворювача виконано на основі двошарової структури поліімід/Al₂O₃, а провідний електрод виконано на основі двошарової прозорої структури ІТО/гребінчастий Al.

55 Зниження товщини тонкоплівкових шарів досягається завдяки використанню сучасних методів магнетронного нереактивного розпилення на постійному струмі, котрий дозволяє отримувати тонкі шари контрольованої товщини на поверхні полііміду товщиною 10-20 мкм. Збільшення величини діелектричної проникності досягається завдяки використанню додаткового шару із діоксиду алюмінію завтовшки близько 0,5-1 мкм, величина діелектричної
60 проникності якого сягає 11,5 відн. од. Прозорість провідного електрода забезпечується

використанням твердого розчину оксидів індію та олова (ІТО), котрий має товщину 0,2-0,3 мкм та прозорість у видимій частині спектра на рівні 85 %, а використання додаткової гребінки з алюмінію дозволяє знизити електричний опір електрода.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленнями:

5 на фіг. 1 наведено зовнішній вигляд ультразвукових п'єзоелектричних перетворювачів, що використовуються при прямому ручному контролі;

на фіг. 2 наведено схематичне зображення перерізу (а) та зовнішній вигляд (б) тонкоплівкового ємнісного перетворювача на основі гетеросистеми Al/ІТО/поліімід/Al₂O₃: 1 - алюмінієві струмопровідні доріжки; 2 - шар ІТО завтовшки 0,2-0,3 мкм; 3 - поліімідна плівка

10 завтовшки 15 мкм; 4 - шар Al₂O₃ завтовшки 0,5-1 мкм;

на фіг. 3 наведено залежність діелектричної проникності поліімідної плівки (1) та структури поліімід/Al₂O₃ (2) від частоти збуджуючого сигналу;

на фіг. 4 наведено нормалізовані осцилограми прийнятих сигналів від класичного ємнісного перетворювача (1) та запропонованого тонкоплівкового на основі структури Al/ІТО/поліімід/Al₂O₃ (2) у порівнянні з однаковим збуджуючим сигналом (3).

15 Приклад виготовлення приладу, запропонованого у корисній моделі.

При створенні ємнісного перетворювача був використаний поліімід марки Uplex-S (товщина полііміду - 15 мкм), поверхня якого була заздалегідь очищена. На наступному етапі з однієї

20 сторони полііміду методом неактивного магнетронного розпилення на вакуумній установці ВУП-5М в наступних технологічних умовах було отримано шар ІТО: довжина розрядного проміжку - 70 мм; час осадження - 30 хвилин; початковий залишковий тиск у вакуумній камері складав $3 \cdot 10^{-7}$ Па і робочий тиск в процесі розпилення мішені - $1,5 \cdot 10^{-4}$ Па; мішень ІТО складалась з 90 вес. % In₂O₃ та 10 вес. % SnO₂ і пресувалась під тиском приблизно 12 кг/см²; температура підкладки складала 300 °С, питома потужність магнетрону 0,28 Вт/см². З іншої

25 сторони плівки полііміду в аналогічних технологічних умовах було отримано шар Al₂O₃. Останньою операцією у технологічному циклі виготовлення ємнісного перетворювача було створення методом термічного резистивного розпилення на вакуумній установці ВУП-4 в наступних технологічних умовах струмопровідних доріжок із алюмінію на поверхню шару ІТО: напилювання проводилося через відповідну маску при вакуумі $2 \cdot 10^{-5}$ Па, підкладка при

30 напилюванні нагрівалася до 110 °С, час напилювання із вольфрамових випарників складав 120 с. Зовнішній вигляд приладу наведено на фіг. 2.

Результати апробації.

За допомогою чотиризондового методу встановлено, що поверхневий електроопір (R_{\square}) шарів ІТО при оптимальних режимах осадження дорівнює 8-15 Ом/□. Дослідження е.р.с. Холла

35 свідчать про те, що одержане значення питомого електроопору зумовлене концентрацією основних носіїв заряду від близько $8,3 \cdot 10^{20}$ см⁻³ та рухливістю основних носіїв заряду на рівні 44 см²/(В•с).

Результати досліджень діелектричних властивостей свідчать про зростання величини діелектричної проникності структури поліімід/Al₂O₃, котра складає 8,5-11,5 відн. од., відносно

40 поліімідної плівки (3-3,9 відн. од.) приблизно у 3 рази при частотах збуджуючого сигналу у діапазоні 10 Гц - 10 МГц, що добре видно з фіг. 3.

Зазначена обставина підтверджує припущення щодо можливості збільшення діелектричної проникності прошарку за рахунок нанесення на поліімідну плівку тонкого шару Al₂O₃. Для

45 підтвердження можливості збільшення чутливості методу за рахунок використання ємнісного перетворювача на основі структури Al/ІТО/поліімід/Al₂O₃ у порівнянні з класичними перетворювачами було проведено дослідження серії зразків із алюмінію на частоті коливань 2,5 МГц. Одержані осцилограми прийнятих сигналів для обох типів перетворювачів при однаковій величині збуджуючого сигналу наведені на фіг. 4.

Як видно з фіг. 4, величина прийнятого сигналу у разі використання тонкоплівкового

50 перетворювача зростає у 7,6 рази у порівнянні з класичним перетворювачем, що добре корелює з проведеними вимірюваннями діелектричної проникності діелектричних шарів та з урахуванням зменшення товщини діелектричного прошарку. Таким чином, експериментально підтверджується зростання чутливості ємнісного методу у разі використання тонкоплівкових ємнісних перетворювачів на основі структури Al/ІТО/поліімід/Al₂O₃.

55 Джерела інформації:

1. Неразрушающий контроль: справочник в 7 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 2005. - 829 с.

2. Троицкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений / В.А. Троицкий - К.: ИЭС им. Е.О. Патона, 1997. - 224 с.

3. Trolier-Mckinstry S. Thin Film Piezoelectrics fo MEMS / S. Trolier-Mckinstry, P. Muralt// Journal of Electroceramics. - 2004. - №. 12. - P. 7-17.

4. Білокур І.П. Акустичний контроль / І.П. Білокур - К.: ІЗМН, 1997. - 224 с.

5 5. Глебова Л.В. Дослідження факторів, які впливають на збудження акустичних імпульсів ємнісним способом /Л.В. Глебова, Г.М. Сучков // Вісник НТУ "ХПІ": Тематичний випуск "Прилади і методи контролю та визначення складу речовини" - 2008. - № 48. - С. 116-123.

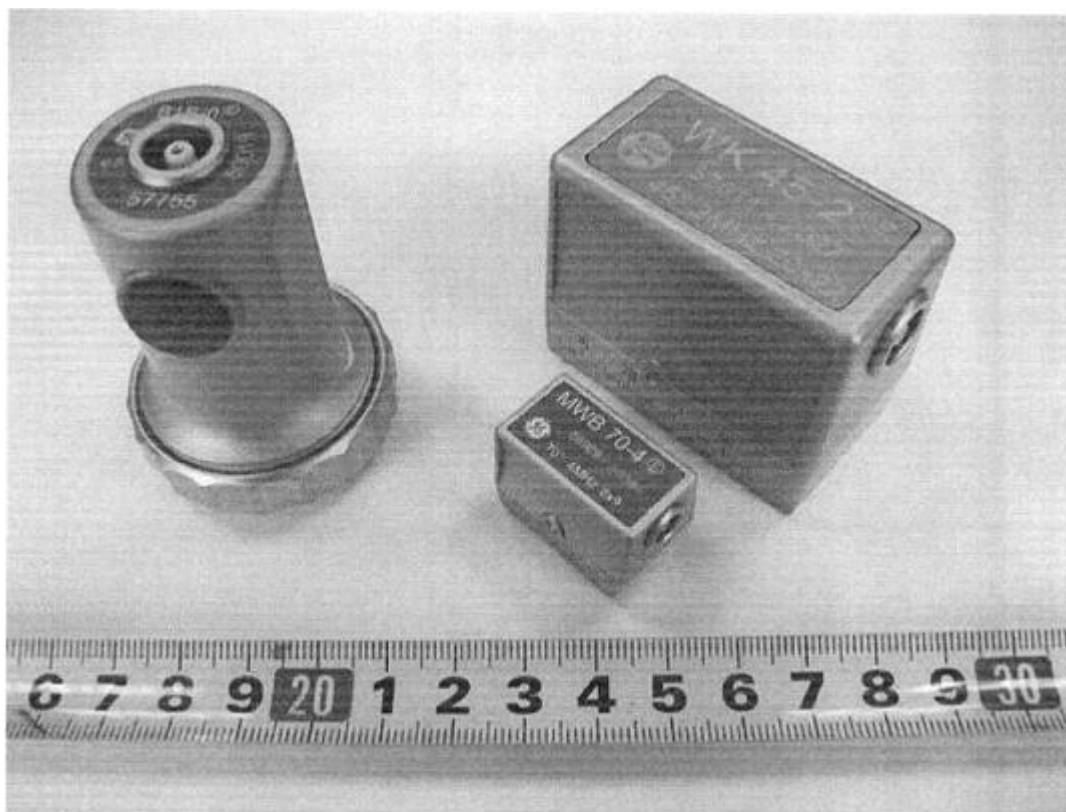
6. Koerdel M. Modelling the capacitive coupling of sensors applied to the contactless inspection of planar electronics / M. Koerdela, F. Alatas, A. Schick, S. J. Rupitsch, R. Lerch // Procedia Engineering. - 2010. - № 5. - P. 400-403.

10 7. Song J. Design, fabrication and characterization of a spherically focused capacitive air-coupled ultrasonic transducer /J. Song, D. E. Chimenti // International Journal of Applied Science and Engineering. - 2006. - № 4. - P. 4-19.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15

Тонкоплівковий ємнісний перетворювач на основі гетероструктури діелектрик/провідник, який містить діелектричний шар та провідний електрод, який **відрізняється** тим, що діелектричний шар ємнісного перетворювача виконано на основі двошарової структури поліімід/ Al_2O_3 , а провідний електрод виконано на основі двошарової прозорої структури ІТО/гребінчастий Al.



Фіг. 1

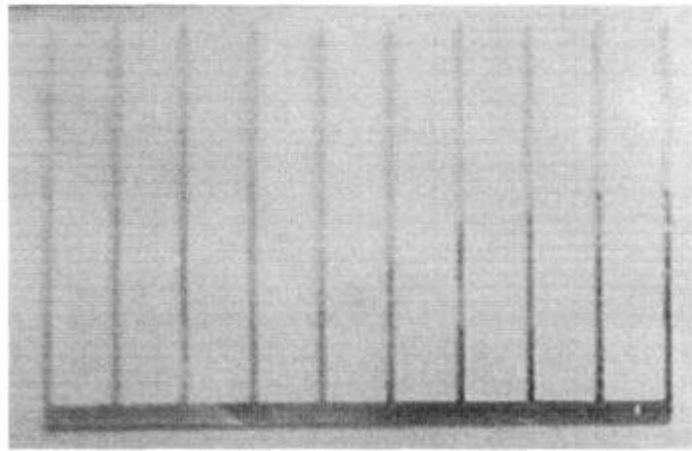
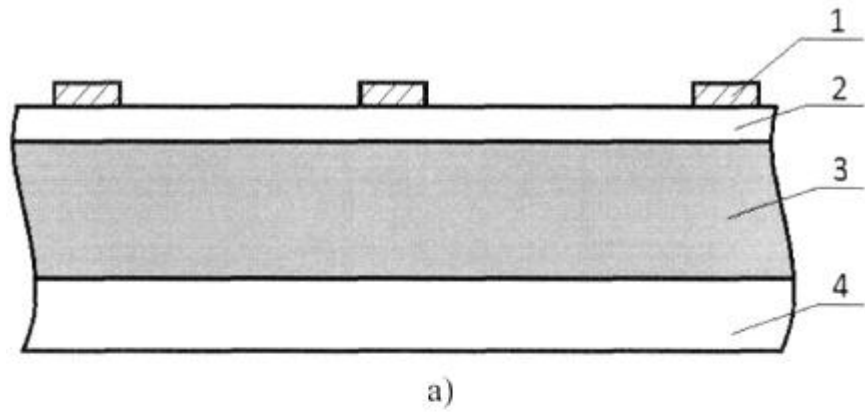
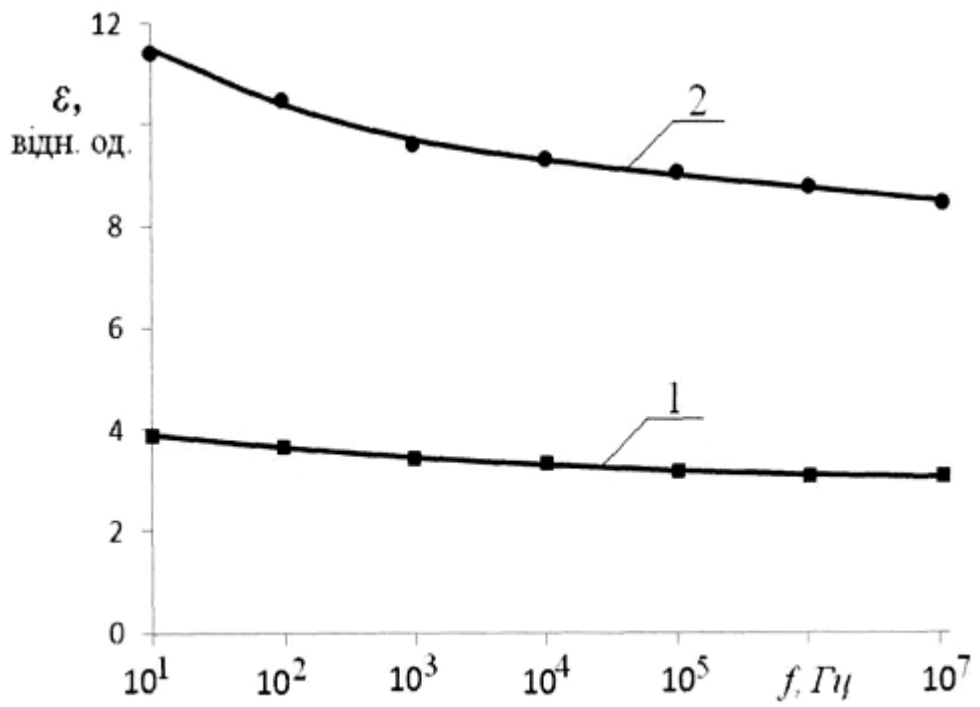
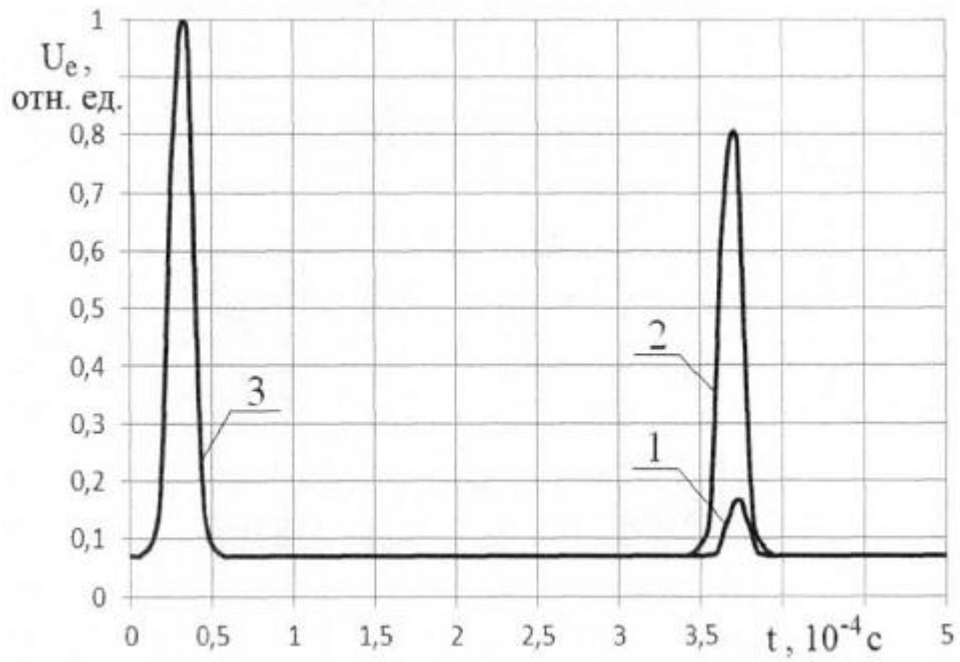


Fig. 2





Фиг. 4

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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

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