



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **71861** (13) **U**
(51) МПК (2012.01)
G01N 9/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2012 01374	(72) Винахідник(и):	Качер Ігор Емануїлович (UA), Ласлов Гейза Елемірович (UA), Пилипко Михайло Михайлович (UA)
(22) Дата подання заявки:	09.02.2012	(73) Власник(и):	ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.07.2012		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.07.2012, Бюл.№ 14		

(54) СПОСІБ IN SITU ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ТОВЩИНИ ПЛІВОК

(57) Реферат:

Спосіб in situ визначення електрофізичних параметрів та товщини плівок включає вимірювання попередньо нанесеними на підкладку рівновіддаленими п'ятьма зондами питомого опору плівки і визначення питомого опору для першого шару.

UA 71861 U

Корисна модель належить до області матеріалознавства, зокрема до контролю електропровідності плівок та їх товщини електричними методами, і може бути застосована при виробництві плівкових напівпровідникових приладів.

Відомі *in vivo* та *in situ* способи визначення питомого опору плівкових матеріалів [1, 2]. Згідно з цими способами плівкові об'єкти розміщують в вимірювальний блок електрофізичного вимірювального приладу і вимірюють величину падіння напруги і струму за допомогою 4 рівновіддалених електродів. По їх відношенню та параметрах зразка визначається питомий опір плівки. Для вимірювання електропровідності нанометрових металевих плівок, нанесених на діелектричні підкладки, вирішувалося зворотне завдання за допомогою методу, заснованого на використанні частотної залежності коефіцієнта відбивання електромагнітного випромінювання від досліджуваної структури в НВЧ-діапазоні, при цьому товщина нанометрової плівки визначалася за допомогою атомно-силового мікроскопа. При цьому для вимірювання товщини нанометрових діелектричних плівок використовувався метод інтерферометри [2], в якому товщина обмеженої діелектричної плівки визначається за величиною фазового зсуву, що виникає на межі областей чиста підкладка і підкладка з нанесеною плівкою між електромагнітними хвилями оптичного діапазону, відбитими від підкладки і плівки. Показник заломлення нанометрових діелектричних плівок визначається по частотній залежності коефіцієнта пропускання досліджуваної структури у видимому діапазоні, яка характеризується наявністю інтерференційних максимумів, положення яких визначається товщиною і показником заломлення нанометрової плівки.

Недоліками способів [1, 2] є те, що контроль електропровідності та товщини плівок здійснюється різними методами, як правило *in vivo*, і не враховується зміна структури та питомої електропровідності плівок від їх товщини, особливо в області малих товщин на початкових стадіях їх росту. Товщина плівок d визначається по екстремумам відбивання (або пропускання) плівки. Згідно зі способом при досягненні інтерференційного екстремуму відбивання (або пропускання) здійснюють контроль товщини, а вимірюванням струму пропускання і падіння напруги між зовнішніми електродами визначають загальний питомий опір при даній товщині плівок і багатошарових структур. При оптичних інтерференційних методах контроль товщини має дискретний характер (здійснюється по екстремумах інтерференції), мінімальна товщина плівки обмежена першим екстремумом, або товщиною плівки рівною $\lambda/4$ і товщина плівки є інтегральною характеристикою градієнтної структури. Дослідження фоточутливих плівкових матеріалів приводить до спотворень результатів дослідження електропровідності.

Найближчим аналогом до запропонованого є спосіб *in situ* визначення електрофізичних параметрів та товщини плівок [3], який включає вимірювання попередньо нанесеними на підкладку рівновіддаленими чотирма зондами питомого опору плівки і визначення питомого опору для першого шару як $\rho_1 = AU/I$, де A - константа, U - спад напруги між внутрішніми електродами, I - струм протікання. На поверхню підкладки попередньо наносять рівновіддалені срібні електроди, а контроль нанотовщин плівкових конденсатів здійснюється за допомогою атомно-силового мікроскопа (АСМ). Згідно зі способом питомий опір нанесеного шару визначається як $\rho = AU/I$, де A - константа, U - спад напруги між внутрішніми електродами, а I - струм протікання.

Застосування способу [3] обмежене як правило режимом *in vivo*, необхідністю використання двох різних методик, причому визначення питомого опору плівок може здійснюватися в реальному режимі часу лише для одношарових плівок, оскільки контроль питомого опору і товщини багатошарових покриттів ускладнюється при збільшенні числа шарів. Дослідження атомно-силовим мікроскопом (АСМ) потребують значного часу, обмежені малими атомарними товщинами плівок і необхідністю використання дорогого обладнання.

В основу корисної моделі поставлена задача - збільшення продуктивності, розширення діапазону контролю кількості і товщин плівок.

Поставлена задача вирішується таким чином, що спосіб *in situ* визначення електрофізичних параметрів та товщини плівок, який включає вимірювання попередньо нанесеними на підкладку рівновіддаленими чотирма зондами питомого опору плівки і визначення питомого опору для першого шару як $\rho_1 = AU/I$, де A - константа, U - спад напруги між внутрішніми електродами, I - струм протікання, який відрізняється тим, що додатково наноситься ще один зонд і вимірювання питомого опору і товщини шарів плівок здійснюється попередньо нанесеними на підкладку п'ятьма зондами, а величина питомого опору наступних шарів визначається по закону суми обернених опорів

$$1/\rho_i = 1/\rho - \sum_{i=1}^{i-1} \left(\frac{1}{\rho_i} \right),$$

де: ρ - сумарний усереднений питомий опір плівкової структури, ρ_i - питомий опір i-го шару і визначення товщини i-ї плівки d_i здійснюють за допомогою крайнього і п'ятого зондів, встановлених поряд, по величині опору R_i , ρ_i плівки та геометричних розмірах плівкового

5 елемента по формулі

$$d_i = d - B \left[\sum_{i=1}^{i-1} \left(\frac{\rho_i}{R_i} \right) \right],$$

де: d - загальна товщина плівки,

B - константа, яка визначається геометричними розмірами плівкового елемента,

R_i - опір i-ї плівки.

10 Запропонований спосіб визначення електропровідності плівок та їх товщини від відомого [3] відрізняється тим, що даний спосіб пасивний, дає можливість здійснювати одночасно неперервний контроль електрофізичних властивостей плівок і їх товщини, які залежать від типу основи, матеріалу плівки та її товщини і технології її нанесення. Також контролюються і зміни параметрів плівок при різного виду обробках (термічному та іонному відпалі та інше), що

15 оптимізує технологічні умови виготовлення плівкових елементів.

Результати вимірювань дозволять коректувати товщини та матеріали плівок та їх параметри в процесі технологічного нанесення нано- та мікроструктур.

Спосіб визначення електрофізичних параметрів та товщини плівок пояснюється

20 прикладами.
Приклад 1. Виготовлено підкладку з лейкосапфіру з нанесених термічним напиленням 5 контактів міді. На неї проведено лазерне напилення плівки CuInSe_2 . Результати досліджень товщинних залежностей питомого опору плівок CuInSe_2 при температурах підкладки в процесі напилення 373 K, 473 і 573 K наведені на Фіг. 1.

25 Приклад 2. На поверхню слюди нанесено термічним напиленням 4 рівновіддалені контакти алюмінію і зміщений відносно 4-го електроду п'ятий. На даний елемент нанесено плівки CuInS_2 . Результати досліджень конденсатів CuInS_2 наведені при температурах підкладки в процесі напилення 373 K, 473 і 573 K приведено на Фіг. 2.

30 Перевага даного способу полягає в тому, що вимірювання електропровідності та товщини плівок може бути здійснено одночасно і неперервно на одному пристрої з використанням найчутливіших і найпрактичніших електрофізичних методик і може бути автоматизоване. Спосіб може бути використаний також при дослідженні контактних явищ і фотопровідності. Контроль нанотовщин плівок легко здійснюється при імпульсних методиках напилення по контролю кількості імпульсів.

35 Спосіб може бути використаний при розробках технології багато плівкових елементів і для вибіркового аналізу плівкових матеріалів.

Джерела інформації:

1. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. - М.: Высшая школа. - 1987. - 240 с.

40 2. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Абрамов А.В., Али Бакуи, Боголюбов А.С.. Измерение параметров нанометровых пленок оптическими и радиоволновыми методами. - Известия вузов. ЭЛЕКТРОНИКА. - № 3, Т.83. - 2010. - С. 44-50.

45 3. F. Song, J.W. Wells, K. Handrup, Z.S. Li, S. N. Bao, K. Schulte, M. Ahola-Tuomi, L.C. Mayor, J.C. Swarbrick, E.W. Perkins, L. Gammelgaard, Ph. Hofmann. Direct measurement of electrical conductance through a self-assembled molecular layer. / Nature Nanotechnology - V. 4. -2009. - p. 373 - 376. - Прототип.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

50 Спосіб *in situ* визначення електрофізичних параметрів та товщини плівок, який включає вимірювання попередньо нанесеними на підкладку рівновіддаленими чотирма зондами питомого опору плівки і визначення питомого опору для першого шару як $\rho_1 = AU/I$, де A - константа, U - спад напруги між внутрішніми електродами, I - струм протікання, який

55 **відрізняється** тим, що додатково наноситься ще один зонд і вимірювання питомого опору і товщини шарів плівок здійснюють попередньо нанесеними на підкладку п'ятьма зондами, а величину питомого опору наступних шарів визначають за законом суми обернених опорів

$$1/\rho_i = 1/\rho - \sum_{j=1}^{i-1} \left(\frac{1}{\rho_j} \right),$$

де: ρ - сумарний усереднений питомий опір плівкової структури, ρ_i - питомий опір i -го шару, i визначення товщини i -ї плівки d_i здійснюють за допомогою крайнього i п'ятого зондів, встановлених поряд, по величині опору R_i , ρ_i плівки та геометричних розмірах плівкового елемента по формулі

$$d_i = d - B \left[\sum_{j=1}^{i-1} \left(\frac{\rho_j}{R_i} \right) \right],$$

де: d - загальна товщина плівки,
 B - константа, яка визначається геометричними розмірами плівкового елемента,
 R_i - опір i -ої плівки.

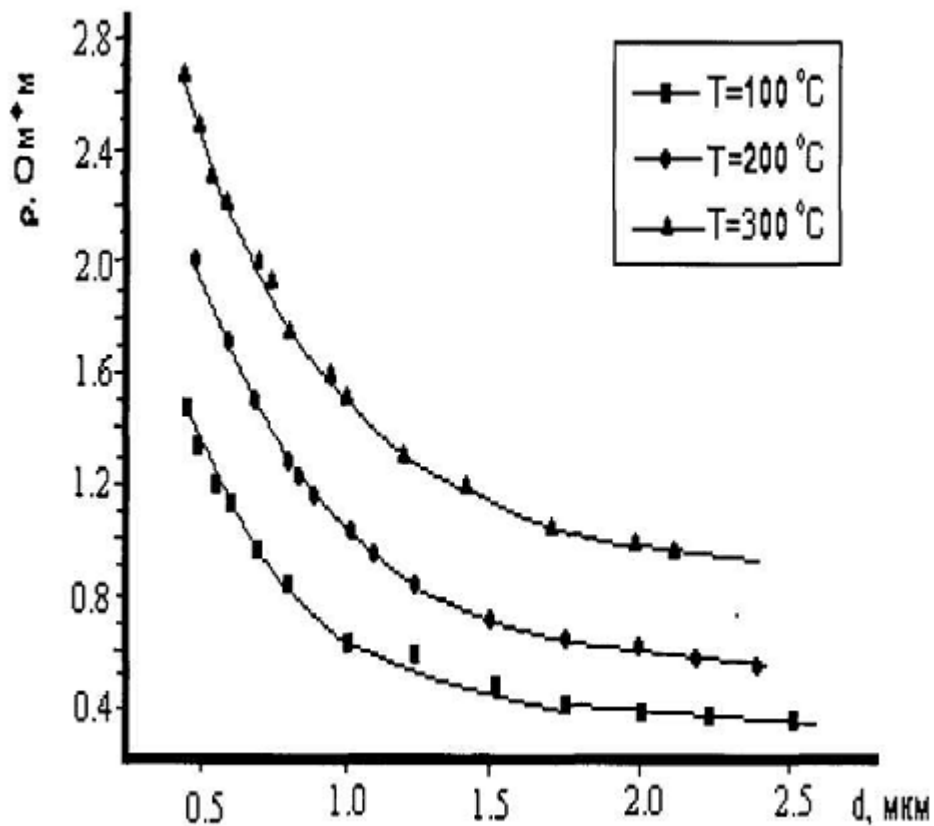


Fig. 1

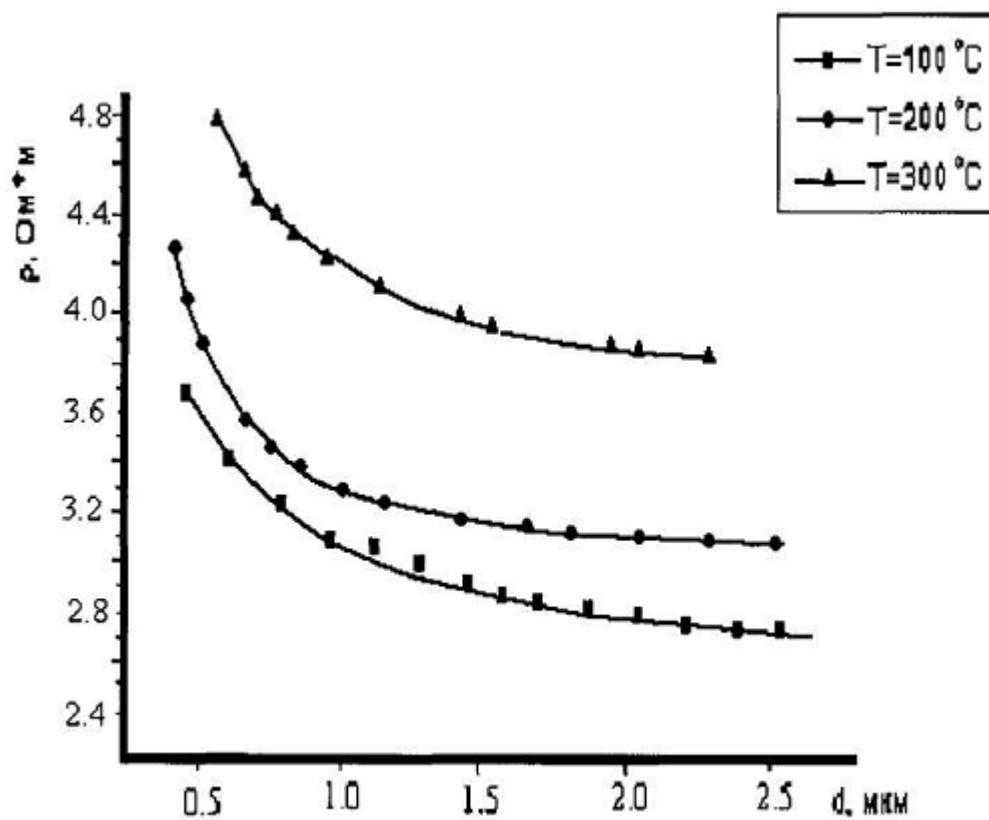


Fig. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

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