

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕ ІДЕАЛЬНОСТІ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ЗРАЗКА НА РЕЗУЛЬТАТ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ МЕТОДОМ КОМБІНАЦІЙНОГО РОЗСІЮВАННЯ СВІТЛА

© Олег Сегеда, Юрій Кривенчук, 2013

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра інформаційно-вимірювальних технологій,
вул. С.Бандери, 12, Львів-79013, Україна
shedao@yahoo.com, proffesional@meta.ua

Вплив на вимірювання спектру комбінаційного розсіювання світла не температурних чинників таких як клиновидність пластини та значення кута між лазером та досліджуванним об'єктом, як результату зміни форми поперечного перерізу відбитого снопа світла на еліптичну.

Vozdeystvie na izmerenie spektra kombinacionnogo rasseyaniya sveta ne temperaturnykh faktorov kak klinovidnitsya plastiny i znacheniya ugla mezhdu lazerom i issleduemym ob'ektom, kak rezultata izmeneniya formy poperechnogo sечeniya otrazhennoyo snopa sveta na ellipticheskuyu.

Impact on measurement of Raman spectroscopy are not factors such as temperature fid plate and the angle between the laser and the object, as a result of changing the shape of the cross section of the reflected light on the elliptic sheaf.

Актуальність дослідження. Можливість зареєструвати сигнал, пов'язаний зі зміною температури досліджуваного зразка, а також правильність інтерпретації результату залежать від застосованих методів вимірювання та від знання геометричних параметрів зразка.

Мета роботи. Дослідження впливу не ідеальності геометричної форми досліджуваного зразка на результат вимірювання температури методом комбінаційного розсіювання світла.

Виклад основного матеріалу. Пластини (зокрема, тонкі напівпровідникові монокристали) характеризуються, як правило, деякими відхиленнями від ідеальної плоско-паралельної форми, що зумовлено особливостями процесів їх різання, шліфування й полірування, а також складністю контролю геометричних параметрів у ході технологічного процесу (контроль після закінчення процесу тільки фіксує наявність і ступінь не ідеальності, але повторна обробка пластин з метою усунути цю не ідеальність практично ніколи не проводиться). Різні відхилення від ідеальної форми по-різному впливають на результат взаємодії світла з пластиною. Наприклад, при взаємодії лазерного жмута з пластиною тонкого напівпровідникового монокристала відбувається інтерференція світла, але її прояв в відбитому жмуті може відповідати будь-якому з варіантів, обмежених граничними умовами (від інтерференції в ідеальній пластині до виродженого режиму з багаторазовим перевідбиванням лазерних променів без інтерференції). У межах одного кристала діаметром 75÷150 мм іноді проявляється повний спектр можливостей. Тому правильність інтерпретації результатів лазерного зондування залежить від знання геометричних властивостей пластини. Не врахування геометричних особливостей пластин іноді призводить до виявлення фіктивних мікро- і макрооб'єктів в монокристалах (наприклад, областей «аномального» поглинання світла, «хвилеподібного» розподілу домішок і т.д.) [1,2].

Експериментально розглянемо деякі типи особливості геометричної форми пластин, які вносять істотні зміни в моделі, що описують взаємодію світла з пластиною.

Клиновидність (непаралельність поверхонь) означає зміну товщини пластинки уздовж довільного напрямку і характеризується кутом φ між поверхнями. При малих кутах ($\leq 10^{-3}$ рад) можна прийняти $\operatorname{tg}\varphi \approx \varphi \approx dh/dx$. Зміна товщини може мати монотонний (невипадковий) і немонотонний (випадковий) характер. У першому випадку вся пластина є клиноподібною, у іншому для опису форми пластини необхідно вимірювати локальну клиновидність по всій поверхні (або в декількох точках) і знаходити середньоквадратичне значення. Величина dh/dx , що характеризує випадкову клиновидність пластин (з двома полірованими поверхнями) монокристалічного кремнію та інших напівпровідників, досить мала і лежить в діапазоні 10^{-6} – 10^{-4} . Тому при використанні методу комбінаційного розсіювання світла це відхилення від паралельності не представляє серйозну проблему. Розподіл локального кута між поверхнями по площі пластини є характеристикою, що дає змогу оцінити як ефекти усереднення інтерференції в перерізі жмута, так і геометричне розходження жмутів різних порядків після проходження крізь пластину.

Існують ознаки, які дозволяють експериментально встановити клиновидність: а) при скануванні вузьким жмутом світла уздовж поверхні в довільно обраному напрямку, реєструючи (у відбитому або пройдену світлі) послідовність інтерференційних смуг; б) при опроміненні пластинки широким жмутом (з діаметром, що перевищує розмір пластинки) монохроматичного світла і реєструвати систему інтерференційних смуг рівної товщини одночасно по всій площі пластинки (така оптична схема називається панорамною інтерферометра), в) контраст інтерференції в спектрах відбивання або пропускання зразка збільшується з довжиною хвилі (інтерференція спостерігається в спектрах, знятих з достатньо високою спектральною точністю)[1-10].

Для спектрів комбінаційного розсіювання вплив клиновидної форми зразка на результат вимірювання мінімізується за рахунок одночасного зчитування стоксової та антистоксової смуги та співставлення їх для термометрування.

Для визначення впливу на результати вимірювання клиновидності зразка проведено експериментальне визначення температури методом КР для пластинки кремнію товщиною 2мм з клиновидністю $dh/dx=10^{-5}$ та для пластинки кремнію товщиною 2мм з клиновидністю $dh/dx=10^{-3}$ (≤ 1 рад). Отримані спектри КР (див. рис.1) було використано для експериментального визначення значення похибки вимірювання температури при клиновидності досліджуваного зразка.

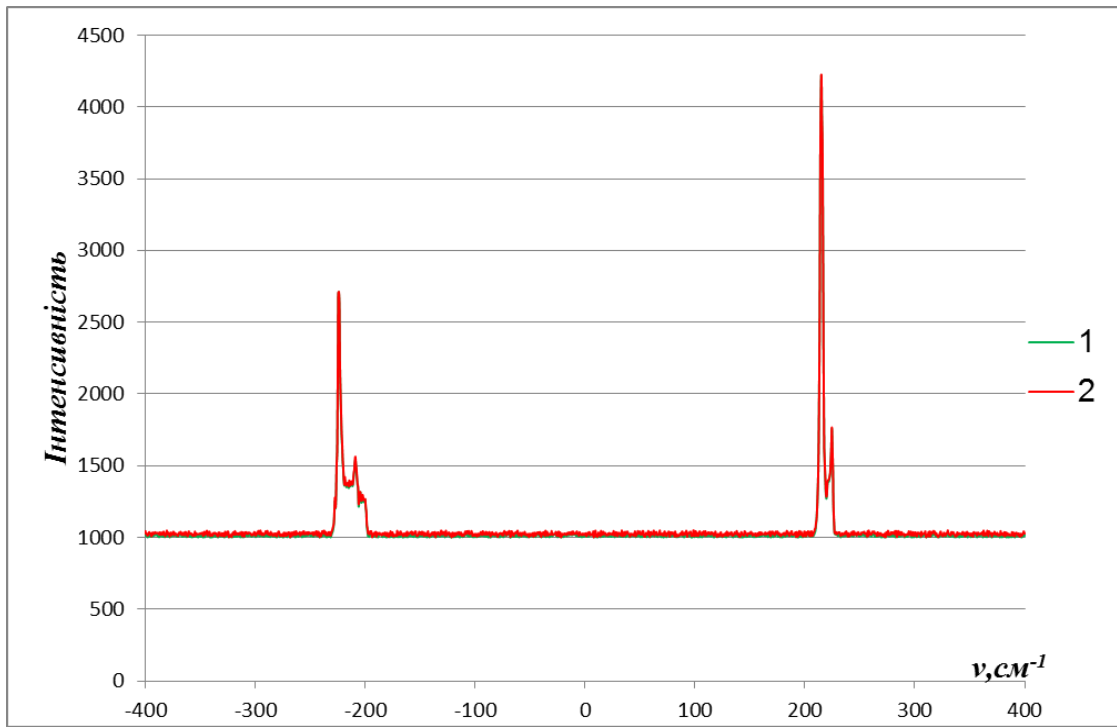


Рис. 1. Спектр комбінаційного розсіювання пластинки кремнію товщиною 2мм, 1 – клиновидність пластини $dh/dx=10^{-5}$; 2 – клиновидність $dh/dx=10^{-3}$ ($T=23^{\circ}\text{C}$).

Розраховане значення температури для обох зразків здійснювалось за формулою:

$$T = \frac{h\nu_0}{k \ln \frac{i_s}{i_{as}} - 3k \ln \frac{\nu_i - \nu_0}{\nu_i + \nu_0}}$$

при контрольному значенні температури 23°C . Розрахункові значення показали, що вплив клиновидності пластини на спектр КР не перевищує 0.01% в порівнянні з плоско-паралельним зразком.

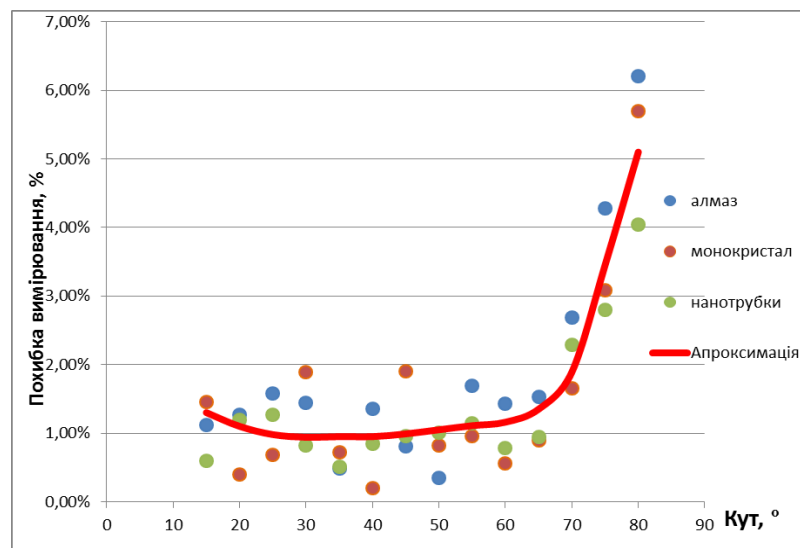


Рис. 2. Залежність точності вимірювання температури від кута між лазером та досліджуваним об'єктом (температура 20°C).

Геометричні розміри лазера та монтажні компоненти спектрофотометра унеможливають використання оптичного світловоду для передавання випромінювання лазера та зчитування відбитого

оптичного сигналу через оптичний канал світловоду. Дана задача для визначення оптимального кута між променем лазера та головкою оптичного світловоду була вирішена експериментальним шляхом. Певною мірою враховує можливі варіанти клиновидності зразка те, що переріз плями лазера отримує овальну форму, тобто в точці сканування клиновидність пластини може досягати декількох порядків. Для оцінки числового значення похибки було здійснено серію вимірювань спектрів для трьох різних матеріалів (штучний алмаз, кристал кремнію, вуглецеві нанотрубки) див. рис.2, рис.3.

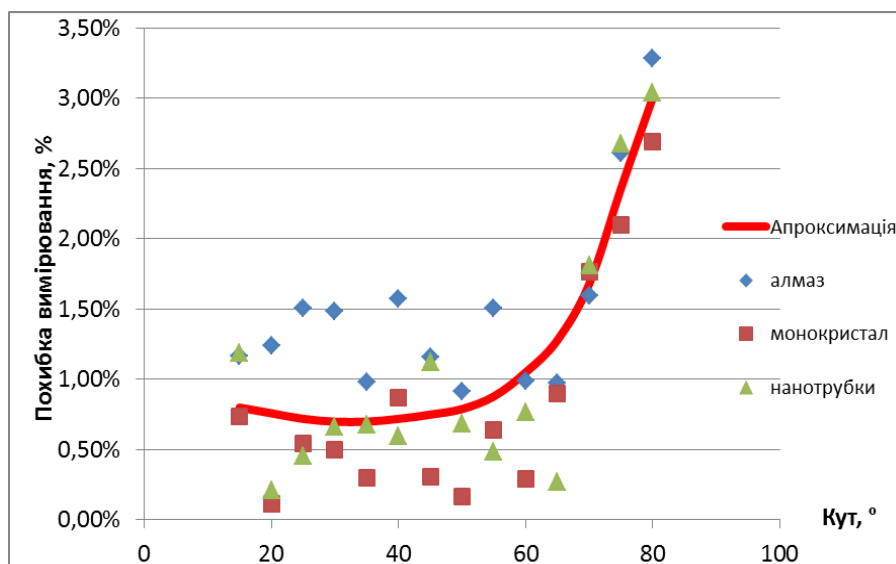


Рис. 3. Залежність точності вимірювання температури від кута між лазером та досліджуваним об'єктом (температура 70°C).

З отриманих експериментальних даних не можливо визначити оптимальний кут між лазерним променем та досліджуваним об'єктом. Однак варто зазначити, що він не повинен перевищувати 60°, так як для обох досліджень похибка вимірювання значно збільшувалась для кутів більше 60-65°.

Висновок. Отримані результати дозволяють стверджувати, що не ідеальність геометричних розмірів (клиновидність) зразка практично не впливає на похибку вимірювання температури (за рахунок усереднення інтегральних площ стоксової та антистоксової компоненти спектрального сигналу) крім того результати експериментальних досліджень дозволяють встановити оптимальне значення кута між між лазером та досліджуваним об'єктом: дане значення знаходиться у діапазоні від 20° до 60°.

1. Горелик Г.С. Колебания и волны. / Горелик Г.С. – М.: ГИФМЛ, 1959. –572 с 2.Оптические материалы инфракрасной техники / [Воронкова Е. М., Гречушников Б.Н., Дистлер Г.И., Петров И.П.]. – М.: Наука, 1965 – 346 с. 3. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ: В2 / Лебедев И. В// Т. 1. – М.: Высшая школа, 1970. – 440 с 4. Thermal conductivity and microwave dielectric properties of AlN-based ceramics containing conductive particles / [Fesenko I. P., Chasnyk V. I., Sverdun N. V.] // Сверхтв. материалы. – 2004. – №3. – 12-17 с. 5. Фесенко І. П. Механічні властивості AlN в полікристалі / Фесенко І. П., Дуб С. М. // Сверхтв. материалы – 2004. – №4. – 42-49 с. 6. Kingery W. D. Introduction to ceramics. / Kingery W. D., Bowen H. R., Uhlmann D. R. – New York: Wiley, 1976. – 636 p. 7. Calame J. P. Applications of advanced materials technologies to vacuum elec-tronic devices / Calame J. P., Abe D. K. // Proc. IEEE. – 1999. – 87, N 5. – 840-864p. 8. Ichard J-C. Ceramic matrix composites with increased thermal conduc-tivity / Ichard J-C., Pailler R., Lamon J.// Adv. Sci. Technol. – 2006. – 45. – 1405-1410 p. 9. Jiang L. Densified multiwalled carbon nanotubes-titanium nitride composites with enhanced thermal properties / Jiang L., Gao L. // Ceram. Int. – 2008. – 34, N 1. – 231-235 p. 10. Thermal transport measurements of individual multiwalled nanotubes / [Kim P., Shi L., Majumdar A., McEuen P.L.] // Phys. Rev. Letters. – 2001. – 74, N 22. – 215502-215505 p. 11. Ковнеристый Ю. К. Материалы, поглощающие СВЧ-излучения. / Ковнеристый Ю. К., Лазарева И. Ю., Раваев А. А. – М.: Наука. 1982. – 163 с. 12. Бухарин Е. Н., Новые высокотеплопроводные объемные СВЧ поглотители / Бухарин Е. Н., Власов А. С., Алексеев А. А. // Электронная техника. – 1988. – 6(235). – 66-70 с.