



УКРАЇНА

(19) UA (11) 36773 (13) U
(51) МПК (2006)
H01P 7/00
G01N 24/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНІТНОГО РЕЗОНАНСУ У СУБМІЛІМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ ДОВЖИН ХВИЛЬ

1

(21) u200806001

(22) 08.05.2008

(24) 10.11.2008

(46) 10.11.2008, Бюл.№ 21, 2008 р.

(72) ЛУКІН СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA

(73) ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ ІМ.
В.Є.ЛАШКАРЬОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ, UA

(57) 1. Пристрій для реєстрації електронного параманітного резонансу у субміліметровому діапазоні довжин хвиль, що складається з встановленого в центрі надпровідного соленоїду півсферичного надвисокочастотного резонатора, одна з стінок якого являє собою плоске дзеркало,

2

в центрі якого розташовано досліджуваний зразок, елементу зв'язку з хвилевідним трактом, що виконаний у вигляді отвору у протилежній стінці резонатора, що являє собою сферичне дзеркало, який **відрізняється** тим, що до резонатора додатково підведено світловод, який коаксіально розміщений всередині додаткової трубки з нержавіючої сталі, при цьому верхній торець світловоду зв'язаний з оптичною системою, а нижній - спрямований на досліджуваний зразок.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що світловод виконаний із кварцу діаметром $0,6 \pm 0,9$ мм.

Корисна модель відноситься до техніки надвисокочастотної спектроскопії і може бути використана в спектрометрах електронного параманітного резонансу (ЕПР), що працюють у субміліметровому діапазоні довжин хвиль, для дослідження різних об'єктів в умовах опромінення світлом з довжиною хвилі 200-1000нм.

Відома конструкція пристрою для реєстрації електронного параманітного резонансу у субміліметровому діапазоні довжин хвиль, що складається з напівсферичного надвисокочастотного резонатора до спектрометру 2мм діапазону довжин хвиль, одна з стінок якого являє собою плоске дзеркало, на якому розташований досліджуваний зразок, елементу зв'язку у вигляді отвору у іншій стінці резонатора, що являє собою сферичне дзеркало [див. В.Н. Крымов, Л.Г. Оранский, В.И. Курочкин. Устройство для регистрации сигнала ЭПР. Ас. СРСР №1553890А1, кл. G01N 24/10, 20.09.83].

Відома конструкція не надає можливості проводити дослідження фотоелектронного параманітного резонансу при опромінюванні зразка світлом, оскільки не містить засобів введення світла у резонатор та спрямування його на досліджуваний зразок.

Найбільш близьким аналогом до пристрою, що заявляється, вибраним як прототип, є пристрій для реєстрації електронного параманітного резонансу

у субміліметровому діапазоні довжин хвиль, що складається з напівсферичного надвисокочастотного резонатора, одна з стінок якого являє собою плоске дзеркало, на якому розташований досліджуваний зразок, елементу зв'язку з хвилевідним трактом, що виконано у вигляді отвору у протилежній стінці резонатора, що являє собою сферичне дзеркало [див. В.Н. Крымов, И.Б. Макаренко Пере-страиваемый открытый резонатор. Ас. СРСР №1571710А1, кл. H01P 7/00, 11.07.88].

Відомий пристрій також не надає можливості реєстрації електронного параманітного резонансу при опромінюванні зразка світлом, оскільки не містить засобів введення світла у резонатор та спрямування його на досліджуваний зразок.

В основу корисної моделі, що заявляється, покладена задача удосконалення конструкції відомого пристрою для надання можливості дослідження фотоелектронного параманітного резонансу на спектрометрі ЕПР субміліметрового діапазону довжин хвиль 3-1мм, тобто при освітленні досліджуваного зразка світлом з довжиною хвилі від 200нм (ультрафіолетове випромінювання) до 1000нм (інфрачервоне випромінювання). Такий пристрій дозволить реалізувати методики фотоелектронного параманітного резонансу, що надають можливість отримання інформації про властивості дефектів та домішок зокрема у напівпровідникових

(13) U

(11) 36773

(19) UA

сполуках які не парамагнітні за звичайних умов.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для реєстрації електронного парамагнітного резонансу у субміліметровому діапазоні довжин хвиль, що складається з встановленого в центрі надпровідного соленоїду у низькотемпературному кріостаті напівсферичного надвисокочастотного резонатору, одна з стінок якого являє собою плоске дзеркало, в центрі якого розташовано досліджуваній зразок, елементу зв'язку з хвильовим трактом, що виконано у вигляді отвору у протилежній стінці резонатору, що являє собою сферичне дзеркало, згідно з заявкою на корисну модель, до резонатору додатково підведено світловод, який коаксіально розміщений всередині додаткової трубки з нержавіючої сталі, при цьому верхній торець світловоду пов'язаний з оптичною системою, а нижній спрямований на досліджуваній зразок.

Поставлена задача вирішується також тим, що світловод виконаний з кварцу діаметром $0,6 \pm 0,9$ мм.

Конструкція відкритого напівсферичного надвисокочастотного резонатору (так званого резонатору Фабрі-Перро) дозволяє підвести до досліджуваного зразка світловод. Оскільки обраний резонатор для дослідження ЕПР у субміліметровому діапазоні довжин хвиль не має бокової стінки, світловод вводиться в порожнину резонатора за допомогою додаткової трубки з нержавіючої сталі, яка допомагає спрямовувати випромінювання на досліджуваній зразок та забезпечує механічну міцність та стійкість. На протилежному кінці світловоду, що знаходиться зовні резонатору, зовні магнітної системи спектрометра та зовні кріостату відповідною оптичною системою фокусується випромінювання потрібної довжини хвилі. Така конструкція не потребує виконання оптичних вікон в резонаторі та кріостаті, що знижують добротність резонатору та ускладнюють виготовлення кріостату. Використання світловоду для опромінювання досліджуваного зразка та введення його у порожнину резонатора, забезпечує можливість опромінювання досліджуваного зразка випромінюванням під час спостереження спектру, та надає змогу реалізувати методику фотоелектронного парамагнітного резонансу у субміліметровому діапазоні довжин хвиль.

Запропонована конструкція також дозволяє оперативно змінювати досліджуваній зразок та обертати його у вертикальній площині відносно магнітного поля надпровідного соленоїда спектрометру ЕПР.

Світловод може виготовлятися з кварцу, який пропускає випромінювання в інтервалі 200-1000 нм. Експериментально встановлено, що діаметр кварцового світловоду від 0,6 до 0,9 мм дозволяє підвести достатню потужність випромінювання до досліджуваного зразка напівпровідникової сполуки для реєстрації спектру фотоелектронного парамагнітного резонансу.

Частина світловоду, що знаходиться в порожнині резонатору, може бути оголена від запобіжного покриття для зменшення відстані між кварцовою жилою світловоду то плоским дзеркалом резона-

тору.

Наведена конструкція пристрою для реєстрації електронного парамагнітного резонансу має достатньо високу чутливість, проста у виготовленні, ремонтпридатна та надає змогу реалізувати методику фотоелектронного парамагнітного резонансу у субміліметровому діапазоні довжин хвиль при вимірюванні спектрів електронного парамагнітного резонансу зокрема у напівпровідниках.

Корисна модель, що заявляється, ілюструється кресленнями, де на Фіг.1 показаний повздовжній розріз напівсферичного надвисокочастотного резонатора спектрометра електронного парамагнітного резонансу з введенням в нього світловодом і досліджуванім зразком, а Фіг.2 показує приклад введення світла у світловод від оптичної системи.

На Фіг.1 приведено повздовжній розріз пристрою для реєстрації фотоелектронного парамагнітного резонансу, який містить квазіоптичний напівсферичний надвисокочастотний резонатор, вісь симетрії якого розташована горизонтально. Напівсферичний резонатор складається з сферичного дзеркала 1 та плоского дзеркала 2, що розташовані у надпровідному соленоїді 3 спектрометру електронного парамагнітного резонансу.

Сферичне дзеркало 1 резонатору яке може бути виконано з міді має елемент зв'язку 4 з мікрохвильовим трактом 5 у вигляді вузької щілини. Плоске дзеркало 2 резонатору може бути виконано з тонкого скла, що покрите з внутрішнього боку шаром алюмінію завтовшки 10 мікрон. У центрі плоского дзеркала 2 розташований досліджуваній зразок 6. Плоске дзеркало 2 має вигляд кола та розміщено у касеті 7, що може обертатися у вертикальній площині (привід для обертання плоского дзеркала не показано).

До резонатору у вертикальному напрямку по вісі надпровідного соленоїду 3 підведено додаткову тонкостінну трубку 8. Трубка 8 виконана з нержавіючої сталі для зменшення підведення тепла до резонатора, що розміщений у низькотемпературній кріостаті. Всередині додаткової трубки 8 коаксіально розміщено кварцовий світловод 9. Світловод 9 знаходиться у відповідній запобіжній оболонці 10, що мінімізує втрати потужності випромінювання по довжині світловоду 9 і лише на тій частині його, що знаходиться у резонаторі, ця оболонка може бути знята для зменшення відстані між кварцовою жилою світловоду то плоским дзеркалом резонатору. Довжина оголеного світловоду 9 не перевищує 3 мм для спектрометра електронного парамагнітного резонансу 2 мм діапазону довжин хвиль. Обидва торці світловоду 9 мають бути оброблені з оптичною якістю задля зменшення втрат світла при вході та виході його з світловоду 9. Світло з нижнього торця світловоду 9 опромінює досліджуваній зразок 6 з відстані близько 4 мм. Ця відстань перевищує радіус плями надвисокочастотного випромінювання на плоскому дзеркалі резонатору. Розмір досліджуваного зразка 6 має вдовольняти вимогам напівсферичного резонатору, та бути менше розміру світлової плями, утвореної світлом, що виходить зі світловоду 9. Верхній торець світловоду 9 пов'язаний з оптичною системою за допомогою двояко опуклої лінзи

11 (Фіг.2). Стрілкою 12 зображено напрямок оптичного випромінювання та його розходження, а стрілкою 13 (Фіг.1) - напрямок магнітного поля надпровідного соленоїда 3 спектрометра.

Пристрій для реєстрації електронного парамагнітного резонансу працює наступним чином.

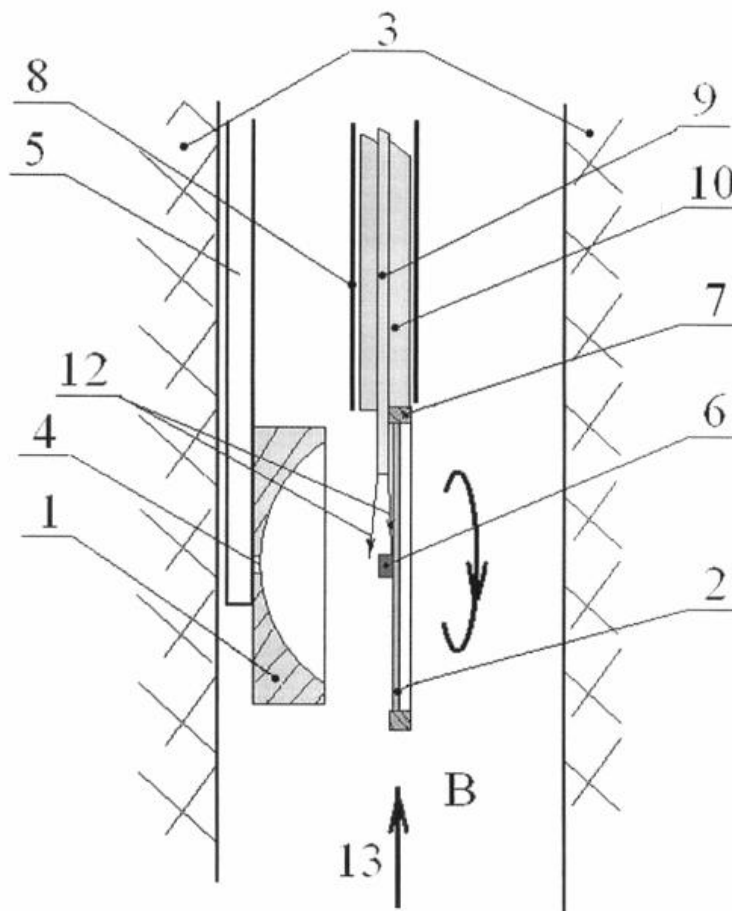
Для спостереження спектрів фотоелектронного парамагнітного резонансу пристрій, що заявляється, приєднується до циркулятора хвильоводного тракту спектрометра електронного парамагнітного резонансу діапазону довжин хвиль. Для реалізації умов резонансного поглинання резонатор встановлюють в магнітне поле надпровідного соленоїда 3 спектрометра, що розташований у низькотемпературному кріостаті. В центрі плоского дзеркала 2 резонатора розташовується досліджуваний зразок 6 відповідного розміру. На верхньому торці світловоду 9 відповідною оптичною системою за допомогою двоякої опуклої короткофокусної лінзи 11 (Фіг.2) фокусують світлове випромінювання 12. Спектр електронного парамагнітного магнітного резонансу може бути спостережений як до опромінення, так і під час опромінювання досліджуваного зразка 6.

Приклад конкретного виконання:

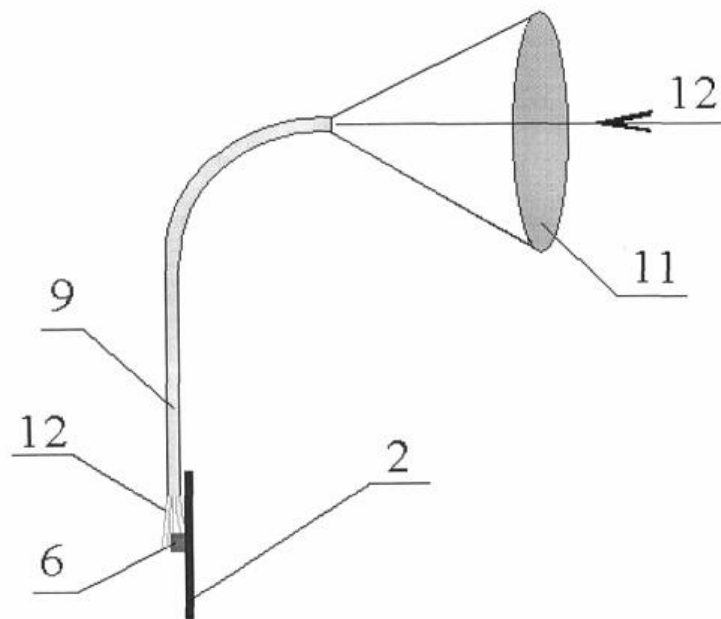
Запропонований пристрій для дослідження електронного парамагнітного резонансу у 2мм діапазоні довжин хвиль з можливістю опромінювання дослідного зразка має наступні параметри:

1. Робоча мода резонатору - TE_{014} ;
2. Робоча частота - 140ГГц;
3. Добротність резонатору - біля 4000;
4. Навантажена добротність резонатору - біля 2000 (при наявності світловоду та зразка);
5. Діаметр кварцового світловоду - 0,6-0,9мм;
6. Відстань від торця світловоду до зразка - 3-4мм;
7. Довжина світловоду - 1,4м;
8. Розмір досліджуваного зразка - за вимогами резонатору (близько до 0,4х0,6х0,6мм);
9. Діапазон можливого випромінювання - 200-1000нм.

Запропонований пристрій дозволяє вимірювати методами магнітного резонансу субміліметрового діапазону довжин хвиль параметри дефектів та домішок, зокрема у напівпровідникових матеріалах, що за звичайних умов, тобто у темряві, знаходяться у непарамагнітному стані.



Фіг. 1



Фіг. 2