



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010104582/07, 09.02.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.02.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.02.2010

(45) Опубликовано: 27.09.2011 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2318218 C1, 27.02.2008. RU 94039385
A1, 20.07.1996. SU 1709493 A1, 30.01.1992. SU
347691 A, 10.08.1972. JP 2002168801 A,
14.06.2002. GB 2370155 A, 19.06.2002. GB
2284675 A, 14.06.1995. DE 3213335 A1,
13.10.1983. JP 58011840 A, 20.01.1983.

Адрес для переписки:

660036, г.Красноярск, Академгородок, 50,
Президиум КНЦ СО РАН

(72) Автор(ы):

Владимиров Валерий Михайлович (RU),
Марков Владимир Витальевич (RU),
Мартыновский Владимир Николаевич (RU),
Шепов Владимир Николаевич (RU)

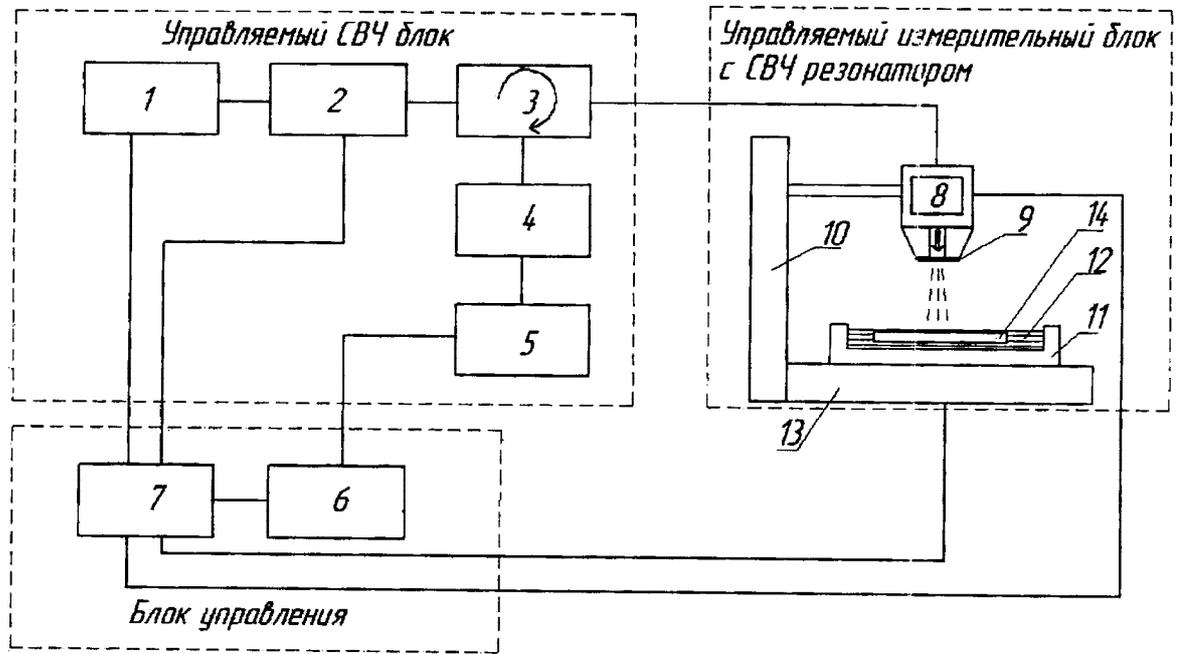
(73) Патентообладатель(и):

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
ФИРМА "ЭЛЕКТРОН" (RU)(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ БЕСКОНТАКТНЫМ СВЧ МЕТОДОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике, применяемой для измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов с использованием зондирующего электромагнитного излучения сверхвысокой частоты (СВЧ), и может быть применено для определения времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниковых пластинах и слитках бесконтактным СВЧ методом. Повышение точности измерений времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках бесконтактным СВЧ методом является техническим результатом изобретения. Предложенное

устройство с управляемыми СВЧ блоком, измерительным блоком, СВЧ резонатором, блоком автоматической калибровки и измерения с применением компьютера содержит СВЧ резонатор, который выполнен в виде диэлектрической подложки, с одной стороны которой, полностью металлизированной и являющейся экраном, закреплен лазерный диод, а на другой стороне расположен полосковый проводник, свернутый таким образом, что его противоположные концы сведены вместе через зазор, между концами полоскового проводника выполнено сквозное отверстие, через которое проходит излучение лазерного диода. 2 ил.



Фиг. 1

RU 2430383 C1

RU 2430383 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
G01R 31/265 (2006.01)
G01N 22/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2010104582/07, 09.02.2010

(24) Effective date for property rights:
09.02.2010

Priority:

(22) Date of filing: 09.02.2010

(45) Date of publication: 27.09.2011 Bull. 27

Mail address:

660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok, 50,
Prezidium KNTs SO RAN

(72) Inventor(s):

Vladimirov Valerij Mikhajlovich (RU),
Markov Vladimir Vital'evich (RU),
Martynovskij Vladimir Nikolaevich (RU),
Shepov Vladimir Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

ООО NAUCHNO-PROIZVODSTVENNAJA
FIRMA "EhLEKTRON" (RU)

(54) DEVICE TO MEASURE ELECTROPHYSICAL PARAMETERS OF SEMICONDUCTORS BY CONTACTLESS UHF METHOD

(57) Abstract:

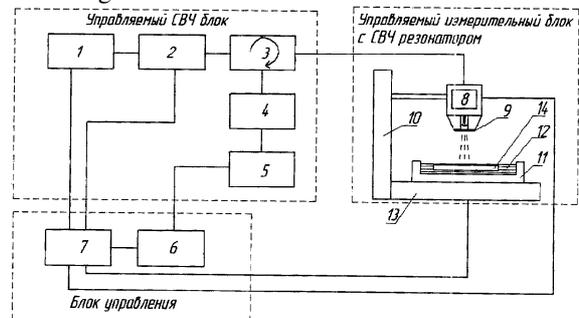
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to using probing electromagnetic UHF-radiation for defining lifetime of nonequilibrium charge carriers in semiconductor plates and ingots by contactless UHF method. Proposed device with controlled UHF unit, measuring unit, UHF resonator, automatic computer-aided calibration and measurement unit includes UHF resonator made up of dielectric substrate with laser diode secured on its one completely metallised shield side and strip conductor made on its opposite side and coiled so that its opposite ends are passed together through gap. Note that through hole is made

between said ends for laser diode beam to pass there through.

EFFECT: higher accuracy of measurement.

2 dwg



Фиг. 1

RU 2 430 383 C1

RU 2 430 383 C1

Изобретение относится к измерительной технике, применяемой для измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов с использованием зондирующего электромагнитного излучения сверхвысокой частоты (СВЧ), и может быть применено для определения времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниковых пластинах и слитках бесконтактным СВЧ методом.

Известно устройство [А.С.347691 СССР, М. Кл. G01R 27/28. - Оpubл. 10.08.1972. Бюл. №24] для измерения времени жизни свободных носителей тока, состоящее из СВЧ генератора, вентиля, аттенюатора, резонатора, источника света, волномера, детекторной секции, индикаторного устройства и осциллографа.

Измеряемый образец в таком устройстве помещается в запредельный волновод с резонансным штырем и освещается модулированным пучком света через отверстие в противоположной от штыря стенке волновода. СВЧ сигнал подается на образец с одной стороны, а возбуждение неравновесных носителей заряда осуществляется с другой стороны образца. Такое устройство имеет несколько недостатков. Во-первых, при небольшом удельном сопротивлении полупроводника (например, менее 1 Ом·см) проникновение СВЧ поля в образец мало, и явления рекомбинации, вызванные освещением образца с противоположной стороны, надежно фиксируются только в тонких пластинах, что и подтверждают сами авторы, ограничивая применение данного устройства для измерения высокоомных полупроводниковых материалов. Во-вторых, «двусторонняя» конфигурация установки препятствует помещению образца в электролитическую ванну во время измерений. Такая ванна служит для пассивации поверхностей образца и необходима для уменьшения поверхностной рекомбинации.

Другим известным устройством является устройство [Патент 2318218 RU, МПК G01R 31/26. - Оpubл. 27.02.2008] для измерения времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках, содержащее осциллятор высокочастотных электромагнитных колебаний, СВЧ резонатор со встроенным в него световодом для подвода светового пучка к поверхности полупроводника, циркулятор, детекторный блок, полупроводниковый лазерный диод, сопряженный со световодом, блок формирования и блок регистрации выходного сигнала с применением компьютера.

Резонатор представляет собой открытый с одного торца отрезок прямоугольного волновода, в который установлена прямоугольная вставка переменной высоты, монотонно переходящая в плоскость верхней поверхности волновода при приближении к задней стенке резонатора, которая формирует в полости открытого торца резонатора выходную излучающую прямоугольную щель. Такая конструкция резонатора обеспечивает широкополосное согласование волновода со всей электромагнитной системой - при изменении внешних условий всегда имеется возможность поддержки высокочастотных колебаний путем перехода на новую моду генерации электромагнитных волн того или иного типа внутри резонаторного объема с максимальной концентрацией поля в области излучающей щели.

Недостатком такого устройства является то, что при измерении времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках в широком диапазоне удельных сопротивлений возникает необходимость проводить измерения на высших модах электромагнитных волн разного типа такого СВЧ резонатора, что приводит к потере его чувствительности и снижает точность измерения устройства.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков является устройство [Patent 5,406,214 US, Int. C1. G01R 31/26, G01R 27/06. - Date of Patent 11.04.1995], состоящее из перестраиваемого СВЧ генератора, аттенюатора, циркулятора, СВЧ детектора, усилителя (далее в материалах заявки «управляемый

СВЧ блок»), СВЧ резонатора, управляемого механизма перемещения СВЧ резонатора, источника импульсного лазерного излучения, измерительного столика для образцов полупроводника (далее в материалах заявки «управляемый измерительный блок с СВЧ резонатором». Управление устройством и позиционированием образца осуществляется от компьютера (далее в материалах заявки «блок управления с применением компьютера»).

Воздействие СВЧ зондирующего излучения и излучения лазерного диода осуществляются на одну сторону полупроводника, что позволяет помещать измеряемый полупроводник в электролитическую ванну. СВЧ резонатор, осуществляющий связь между СВЧ блоком и измеряемым образцом полупроводника, представляет собой диэлектрическую подложку, одна сторона которой полностью металлизирована и является экраном, а на другой стороне выполнен полосковый проводник в виде круглого кольца, соединенного с коаксиальным кабелем. С противоположной стороны от точки подключения кольца в диэлектрической подложке выполнено отверстие, сквозь которое проходит излучение лазерного диода.

Недостатком такого устройства является то, что полосковый проводник СВЧ резонатора выполнен в виде замкнутого кольца, что снижает чувствительность СВЧ резонатора и приводит к потере точности измерений устройства. Это обусловлено тем, что силовые линии высокочастотного электрического поля в таком СВЧ резонаторе сосредоточены, в основном, между проводящим полосковым проводником, выполненным в виде кольца, и заземленным основанием. Кроме того, отверстие для лазерного излучения выполнено не в самой пучности высокочастотного электрического поля, а вблизи него, что также приводит к потере чувствительности СВЧ резонатора и снижению точности измерений устройства.

Техническим результатом изобретения является повышение точности измерений времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках бесконтактным СВЧ методом.

Указанный технический результат достигается тем, что в заявляемом устройстве, содержащем управляемый СВЧ блок, управляемый измерительный блок с СВЧ резонатором, а также блок управления с применением компьютера, новым является то, что СВЧ резонатор выполнен в виде диэлектрической подложки, с одной стороны которой, полностью металлизированной и являющейся экраном, закреплен полупроводниковый лазерный диод, а на другой стороне расположен полосковый проводник, свернутый таким образом, что его противоположные концы сведены вместе через зазор, между концами полоскового проводника выполнено сквозное отверстие, через которое проходит излучение лазерного диода.

Отличие заявляемого устройства от наиболее близкого аналога заключается в том, что СВЧ резонатор выполнен в виде диэлектрической подложки, с одной стороны которой, полностью металлизированной и являющейся экраном, закреплен полупроводниковый лазерный диод, а на другой стороне расположен полосковый проводник, свернутый таким образом, что его противоположные концы сведены вместе через зазор, между концами полоскового проводника выполнено сквозное отверстие, через которое проходит излучение лазерного диода.

Благодаря сведенным вместе через зазор противоположным концам полоскового проводника СВЧ резонатора, на которых находится пучность высокочастотного электрического поля, чувствительность СВЧ резонатора повышается, что приводит к повышению точности измерений заявляемого устройства. Это происходит потому, что в таком СВЧ резонаторе силовые линии высокочастотного электрического поля

замкнуты не только между проводящим полосковым проводником и экраном, но и между противоположными концами полоскового проводника, на которые воздействует измеряемый полупроводник. Кроме того, в такой конструкции становится возможным выполнение отверстия для излучения лазерного диода
5 непосредственно в самой пучности высокочастотного электрического поля, что также приводит к улучшению чувствительности СВЧ резонатора и к повышению точности измерений устройства.

Изобретение поясняется фиг.1 и фиг.2. На фиг.1 показана структурная схема заявляемого устройства, где 1 - управляемый СВЧ генератор, 2 - управляемый
10 аттенюатор, 3 - циркулятор, 4 - детектор, 5 - усилитель, 6 - аналого-цифровой преобразователь (АЦП), 7 - компьютер, 8 - полупроводниковый лазерный диод, 9 - СВЧ резонатор, 10 - управляемый механизм перемещения СВЧ резонатора, 11 - измерительный столик, 12 - электролитическая ванна, 13 - блок управления
15 перемещением измерительного столика, 14 - измеряемый полупроводник.

Некоторые варианты топологии полоскового проводника СВЧ резонатора с отверстием для лазерного излучения показаны на фиг.2 (А, В, С). Ширина
20 полоскового проводника $W1$ может выполняться как одинаковой по всей длине СВЧ резонатора, так и отличной от ширины $W2$ на участке проводника длиной $L2$. Данное скачкообразное изменение ширины полоскового проводника позволяет регулировать резонансную частоту основной моды колебаний, которая используется для измерения характеристик полупроводника, а также регулирует величину емкости между
25 концевым участком полоскового проводника и заземленным основанием. Величина этой емкости и расстояние между противофазными концами полоскового проводника определяют чувствительность СВЧ резонатора, т.е. изменение его частоты и ширины резонансной линии от проводимости полупроводника. Конструктивно эта часть
30 устройства может выполняться таким образом, что измеряемый полупроводник воздействует не на весь СВЧ резонатор целиком, а только на область резонатора «А», обозначенную на фиг.2А и фиг.2В штриховой линией. Остальная часть СВЧ резонатора может располагаться на боковой поверхности зонда и соединяться с
35 частью «А» перемычками. Один из вариантов конструкции показан на фиг.2С. Такая конструкция заявляемого устройства улучшает соотношение сигнал/шум.

Устройство работает следующим образом. С помощью управляющей программы с компьютера (7) на управляемом СВЧ генераторе (1) задается нижняя ($F1$) и
40 верхняя (Fh) границы развертки частоты СВЧ генератора, а также шаг развертки. СВЧ резонатор в заявляемом устройстве работает в режиме отражения. Его частота в отсутствие измеряемого полупроводника настроена на середину частотного
45 диапазона генератора. Мощность СВЧ генератора во всем диапазоне частот от $F1$ до Fh автоматически регулируется управляемым аттенюатором (2) и поступает через циркулятор (3) на СВЧ резонатор (9). Отраженный сигнал детектируется (4) и
поступает на усилитель с автоматически управляемым коэффициентом усиления (5). С
усилителя сигнал поступает на АЦП (6) и затем на компьютер (7).

Изменяемый образец полупроводника помещается в электролитическую ванну (12). По команде управляющей программы механизм (10) приближает зонд с СВЧ
50 резонатором и лазерным диодом к полупроводниковому образцу. На экране монитора в режиме реального времени отображается изменение частоты и амплитуды резонансной линии. В программе предусмотрено также задание частот $F1$ и Fh в ручном режиме.

Связь СВЧ резонатора с измеряемым полупроводником регулируется как в ручном

режиме, так и в автоматическом с помощью программы, которая отслеживает допустимое искажение резонансной линии при приближении зонда с СВЧ резонатором и лазерным диодом к полупроводниковому образцу.

5 После установления оптимальной связи между измеряемым полупроводником и СВЧ резонатором по команде управляющей программы лазерный импульс заданной
длительности и мощности проходит через сквозное отверстие в диэлектрической
подложке СВЧ резонатора между концами полоскового проводника и возбуждает
10 неравновесные носители заряда в полупроводнике. Спад фотопроводимости фиксируется через зависимость изменения ширины или амплитуды резонансной линии СВЧ резонатора от времени. Далее по спаду фотопроводимости определяется эффективное время жизни неравновесных носителей заряда в полупроводнике по стандартным методикам.

15 Управляемый измерительный столик позволяет в автоматическом режиме измерять распределение времени жизни неравновесных носителей заряда по поверхности пластин полупроводника диаметром до 300 мм.

Формула изобретения

20 Устройство для измерения электрофизических параметров полупроводников бесконтактным СВЧ методом, содержащее управляемый СВЧ блок, управляемый измерительный блок с СВЧ резонатором, а также блок управления с применением компьютера, отличающееся тем, что СВЧ резонатор выполнен в виде диэлектрической подложки, с одной стороны которой, полностью металлизированной
25 и являющейся экраном, закреплен лазерный диод, а на другой стороне расположен полосковый проводник, свернутый таким образом, что его противоположные концы сведены вместе через зазор, между концами полоскового проводника выполнено сквозное отверстие, через которое проходит излучение лазерного диода.

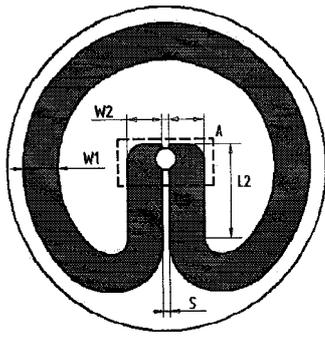
30

35

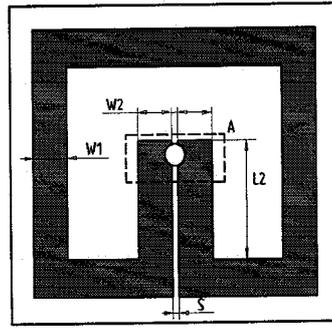
40

45

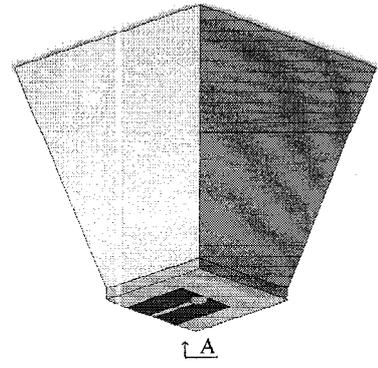
50



A



B



C

Фиг. 2