

$A_{\min} = (A_{\text{fal}} - A_{\text{ref}})$. Это дает возможность, по измерению амплитуд колебаний в точках, где они минимальны и максимальны, определить коэффициент отражения: $R = \left(\frac{A_{\text{ref}}}{A_{\text{fal}}}\right)^2$. Если значения A_{max} , A_{min} измерены, то R можно рассчитать по формуле: $R = \left(\frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}\right)^2$. Для измерений, использовалась лабораторная установка, предназначенная для измерения скорости звука методом стоячей волны. Схема установки представлена на рис. 1.

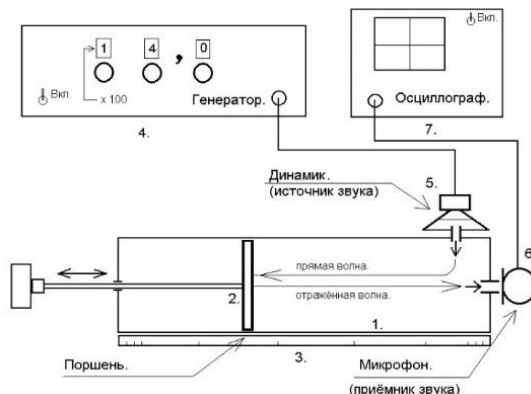


Рис. 1. Схема установки

Она состоит из полого цилиндра 1 с перемещающимся поршнем 2 и миллиметровой линейкой 3, звукового генератора 4, динамика 5, микрофона 6, осциллографа 7. Микрофон, укрепленный на конце трубы, превращает акустические колебания в электрические, они усиливаются осциллографом, на экране которого наблюдается зависимость электрического сигнала от времени. При определенных положениях поршня возникает стоячая волна. Процесс измерений заключался в следующем: перемещая поршень определялись два соседних положения поршня, при которых достигается максимальное значение сигнала на осциллографе. В этих положениях измерялась с экрана осциллографа A_{max} , затем примерно между этими положениями, находился минимум A_{min} . Результаты для различных частот, полученные с погрешностью $\sim 20\%$ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты для различных частот

Частота, Гц	A_{max} , отн.ед.	A_{min} , отн.ед.	R , %
1 400	2,0	0,2	67
1 600	2,0	0,3	55
1 900	1,1	0,2	45
2 000	1,2	0,1	71
2 500	1,4	0,1	75
3 000	0,8	0,1	60

Литература

1. Поддубный, А. В. Особенности стоячей волны при сложении волн с различными амплитудами / А. В. Поддубный, Д. С. Бобученко // Новые направления развития приборостроения: Материалы 17-й Междунар. научн.-техн. конф. молодых ученых и студентов. – Минск, 2024.

УДК 537.3; 539.2

ДВУМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Студент гр. 11301123 Овчинник Д. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Двумерным электронным газом называют такую систему электронов, в которой они движутся свободно только в двух направлениях в пространстве, а в третьем они помещены в энергетическую потенциальную яму. Для этого направления выполняется условие $d \leq \lambda$. Здесь d – характерный размер по данному направлению, λ – дебройлевская длина волны электрона [1–3]. Потенциал, ограничивающий движение электронов, может быть создан электрическим

полем. В полевых транзисторах поле создается путем подачи смещения на затвор. Встроенное поле можно создать на границе двух полупроводников с различными величинами запрещенных зон – на гетеропереходе.

Теоретически подобные ситуации, когда возникает ограничение в движении электронов в одном направлении, начали рассматривать в 30-е годы 20 столетия. Как это ни странно, проблема проводимости двумерного электронного газа сводится к довольно простой задаче о движении частицы в одномерной потенциальной яме, которая решалась уже в первых учебниках квантовой механики.

Более детальные исследования были выполнены в 50-х годах рядом авторов, в числе которых известный советский теоретик И. М. Лившиц. Они проводили теоретические исследования тонких металлических пленок.

Экспериментальные доказательства возникновения двумерного электронного газа при уменьшении толщины металлических пленок впервые были получены в работах советских исследователей В. Н. Луцкого, Д. Н. Корнеева, М. И. Елинсона и Ю. Ф. Огриня. Одновременно американские исследователи А. Фаулер, Ф. Фэнг, У. Ховард и П. Стайлс обнаружили двумерный газ в инверсионном канале кремниевых МДП-транзисторов.

Одной из причин, по которой следует перспективность исследования свойств двумерного газа заключается в том, что как показали дальнейшие исследования, подвижность электронов в нем заметно превышает подвижность в монокристаллах. Например, этот параметр превышает подвижность электронов в монокристаллах GaAs более, чем на порядок. Длина свободного пробега электронов достигает нескольких сотен нанометров. Это позволяет значительно увеличить рабочие частоты полупроводниковых приборов, прежде всего транзисторов. Высокая подвижность электронов объясняется их малой эффективной массой, а также тем, что в тонкую область, где формируется двумерный газ, практически не попадает примесных атомов, являющихся центрами рассеяния электронов.

Л. Есаки и Р. Тсу в 1969 г. предложили гетероструктуру AlGaAs–GaAs. В ней на приграничной области AlGaAs образуется положительный заряд за счет ионизированных атомов Si, введенных предварительно на расстояние в несколько десятков нанометров от границы. На этом расстоянии располагается легированная область AlGaAs, называемая спейсером. Электроны мигрируют из легированной области в GaAs. Они скапливаются в приграничной области GaAs, формируя отрицательный заряд, за счет их притяжения к отмеченному положительному заряду. На дне зоны проводимости GaAs, у которого запрещенная зона более узкая, чем у AlGaAs, образуется двухмерный электронный газ. Ширина этой области не превышает 70 нм. Таким образом осуществляется разделение в пространстве ионизированной примеси Si с двумерным электронным газом. Подобная структура используется в транзисторах с высокой подвижностью электронов (так называемых НЕМТ). В них с внешней стороны AlGaAs наносится металлический контакт (затвор), а внешняя область GaAs с высоким удельным сопротивлением легируется кремнием.

Литература

1. Андо, Т. Электронные свойства двумерных систем / Т. Андо, А. Фаулер, Ф. Стерн. – М.: Мир, 1985. – 416 с.
2. Пожела, Ю. Физика быстродействующих транзисторов. – Вильнюс: Мокслас, 1989. – 264 с.
3. Шур, М. Современные приборы на основе арсенида галлия. – М.: Мир, 1991. – 632 с.

УДК 531

ОСОБЕННОСТИ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ ПРИ СЛОЖЕНИИ ВОЛН С РАЗЛИЧНЫМИ АМПЛИТУДАМИ

Студент гр. 10301223 Поддубный А. В

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Существует множество устройств, в основе которых лежат свойства стоячих волн. Стоячие волны образуются в результате наложения двух или нескольких встречных бегущих волн одинаковой частоты. В литературе по общей физике [1; 2] рассматривается наложение волн с одинаковыми амплитудами. Но, ясно, что реально при отражении часть энергии падающей