ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71334— 2024

СТРУКТУРЫ ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ

Метод измерения толщины эпитаксиальных слоев кремния в структурах типа кремний на сапфире на основе инфракрасной интерференции

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Российский научно-исследовательский институт «Электронстандарт» (АО «РНИИ «Электронстандарт»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 303 «Электронная компонентная база, материалы и оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 апреля 2024 г. № 476-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СТРУКТУРЫ ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ

Метод измерения толщины эпитаксиальных слоев кремния в структурах типа кремний на сапфире на основе инфракрасной интерференции

Epitaxial structures. Method for measuring the thickness of epitaxial silicon layers in structures of the silicon-on-sapphire type based on IR interference

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на эпитаксиальные структуры, применяемые для изготовления изделий электронной компонентной базы, и устанавливает метод интерференции для измерения толщины эпитаксиальных слоев в структурах кремний на сапфире (КНС).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.019 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 427 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 33075 Напальчники резиновые. Технические требования

ГОСТ Р 8.568 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

ГОСТ Р ИСО 14644-1 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **эпитаксия:** Технологический процесс ориентированного наращивания монокристаллического слоя определенной кристаллографической ориентации на монокристаллической подложке.

3.2 **эпитаксиальный слой:** Монокристаллический слой определенной кристаллографической ориентации, выращенный на монокристаллической подложке.

3.3 **эпитаксиальная структура:** Структура, полученная ориентированным наращиванием одного или нескольких монокристаллических слоев полупроводникового материала на подложку из того или иного материала.

4 Сущность метода

Метод основан на явлении интерференции монохроматического излучения в слоистой структуре и заключается в определении спектрального положения экстремумов интерферограммы, получаемой при снятии спектральной зависимости коэффициента отражения (или пропускания) от структуры в видимой и ИК-области, с последующим пересчетом в таблицу.

5 Общие требования к проведению измерений

5.1 Требования к условиям проведения измерений

При проведении измерений следует соблюдать следующие условия:
- температура воздуха 23 ± 5 °С;
- относительная влажность воздуха не более 65 %;
- класс чистоты воздушной среды 3 (ГОСТ Р ИСО 14644-1);
- должны отсутствовать внешние источники вибрации, ударов, электрических и магнитных полей.

5.2 Требования к эпитаксиальным структурам для проведения измерений

Эпитаксиальные структуры должны удовлетворять следующим требованиям:

- удельное сопротивление эпитаксиального слоя, Ом·см	не менее 0,0008
- толщина эпитаксиального слоя, мкм	0,5—5,0
- шероховатость поверхности измеряемой структуры со стороны эпитаксиального слоя, R_z, мкм	не более 0,05
- шероховатость обратной поверхности (только при измерениях по спектру пропускания), R_a, мкм	не более 0,5

5.3 Требования к оборудованию и средствам измерений

5.3.1 Испытательное оборудование и средства измерений должны соответствовать стандартам, ТУ и (или) эксплуатационной документации на них. Порядок аттестации измерительного оборудования — по ГОСТ Р 8.568.

5.3.2 Применяемая аппаратура должна удовлетворять следующим требованиям:

- спектральный диапазон по длинам волн, мкм	0,5—25
- отклонение от линейности развертки спектра по волновым числам, $см^{-1}$, не более	50
- пропускания приставки отражения в используемом спектральном диапазоне, %, не менее	50

Примечание — Измерения эпитаксиальных слоев с толщиной менее 1 мкм рекомендуется проводить в спектральном диапазоне 0,5 ÷ 2,5 мкм, используя для этого спектрофотометры, например типа СФ-20, а при измерениях эпитаксиальных слоев с толщиной более 1 мкм спектральный диапазон рекомендуется расширить до 25 мкм. При этом могут быть использованы спектрофотометры других типов, например ИКС-29.

5.3.3 При автоматизированной системе измерения алгоритм обработки результатов должен соответствовать настоящему стандарту, при этом допускается изменение последовательности выполнения отдельных операций алгоритма.

5.3.4 Для измерения толщины эпитаксиального слоя применяют следующие аппаратуру и оснастку:

- стандартные спектрофотометры с приставкой отражения;
- пинцет;
- линейку измерительную металлическую, ГОСТ 427;
- напальчники резиновые, ГОСТ 33075;
- зеркало плоское с наружным алюминиевым покрытием.

6 Требования безопасности

6.1 Измерительные установки, применяемые для измерения толщины эпитаксиальных слоев КНС, должны соответствовать требованиям безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0 и ГОСТ 12.2.003.

6.2 При выполнении электрических измерений необходимо руководствоваться ГОСТ 12.3.019.

6.3 При выполнении измерений все рабочие помещения должны соответствовать общим требованиям пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004.

7 Подготовка к измерениям

7.1 Подготавливают спектрофотометр для измерения в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

7.2 Проверяют настройку приставки отражения:

- на предметный столик приставки отражения помещают алюминиевое зеркало напиленной стороной к лучу и снимают спектр отражения в используемом спектральном диапазоне. Если пропускание приставки менее 50 %, то приставка подлежит дополнительной юстировке.

6 Проведение измерений

6.1 Устанавливают измеряемую эпитаксиальную структуру на предметный столик приставки отражения.

Примечание — При измерениях на пропускание измеряемую эпитаксиальную структуру устанавливают в держатель.

6.2 С помощью шторки приставки отражения в канале сравнения спектрофотометра устанавливают перо на уровень 50—60 % (по шкале самописца спектрофотометра).

6.3 Снимают спектр отражения от образца в спектральном диапазоне 0,5—25 мкм в соответствии с инструкцией по эксплуатации спектрофотометра.

6.4 Расшифровке подлежат спектрограммы с периодическим следованием экстремумов в количестве не менее двух. Экстремумы должны иметь правильную, близкую к синусоидальной форму. Допускаются отклонения от правильной формы вблизи экстремума, не превышающие 25 % максимальной разности коэффициентов отражения (пропускания) в пределах спектрограммы.

6.5 Отмечают на спектрограмме положение крайних четких экстремумов интерференции. Четким считается экстремум, отстоящий от начала или конца записи спектра не менее чем на половину расстояния между соседними максимумом и минимумом интерференции, имеющий амплитуду не менее 5 % (по шкале интенсивности на диаграммной ленте самописца). Примерно на половине высоты экстремума интерференции с помощью линейки или циркуля делят его ширину пополам. Средняя точка считается соответствующей положению экстремума интенсивности (рисунок 1).

6.6 По шкале волновых чисел на диаграммной ленте определяют значения волновых чисел (K_1, K_2, $см^{-1}$), соответствующих положению выбранных экстремумов. При выборе индексов волновых чисел необходимо использовать условие $K_1 < K_2$.

6.7 Определяют разность порядков m между выбранными экстремумами по соотношению

$$m = \frac{N-1}{2}, \tag{1}$$

где N — количество экстремумов в интервале между выбранными экстремумами, включая выбранные экстремумы. При этом для одноименных экстремумов получают целое, а для разноименных — полуцелое число m.

6.8 По графику, приведенному на рисунке 2, определяют значения показателя преломления n_1, n_2, соответствующие волновым числам $К_1$, $К_2$.

7 Обработка результатов измерений

7.1 Определяют порядок экстремума P_2, соответствующего волновому числу K_2, по формуле

$$P_2 = \frac{\left(m - \frac{1}{2}\right) n_2 K_2 + \frac{1}{2} n_1 K_1}{n_2 K_2 - n_1 K_1}. \tag{2}$$

Полученное значение округляют до ближайшего полуцелого числа, если экстремум — минимум, или до ближайшего целого числа, если экстремум — максимум интерференции.

7.2 Определяют порядок экстремума P_1, соответствующего волновому числу K_1, по формуле

$$P_1 = P_2 - m. \tag{3}$$

7.3 Вычисляют толщину эпитаксиального слоя d_i, мкм, для выбранных экстремумов по формуле

$$d_i = \frac{\left(P_i + \frac{1}{2}\right) \cdot 10^4}{2 K_i n_i}, \tag{4}$$

где i = 1,2;

P_i — порядок экстремума;

K_i — волновое число;

n_i — показатель преломления.

7.4 Находят среднее значение $d_{ср}$, мкм, полученных результатов измерения толщины эпитаксиального слоя:

$$d_{ср} = \frac{d_1 + d_2}{2}. \tag{5}$$

7.5 Проводят округление результатов измерения толщины до разряда, соответствующего наименьшему разряду числового значения абсолютной погрешности, указанной в разделе 8.

8 Показатели точности

Случайная составляющая погрешности измерений, характеризующая воспроизводимость результатов измерений, имеет нормальную функцию распределения со средним квадратическим отклонением 0,025 d.

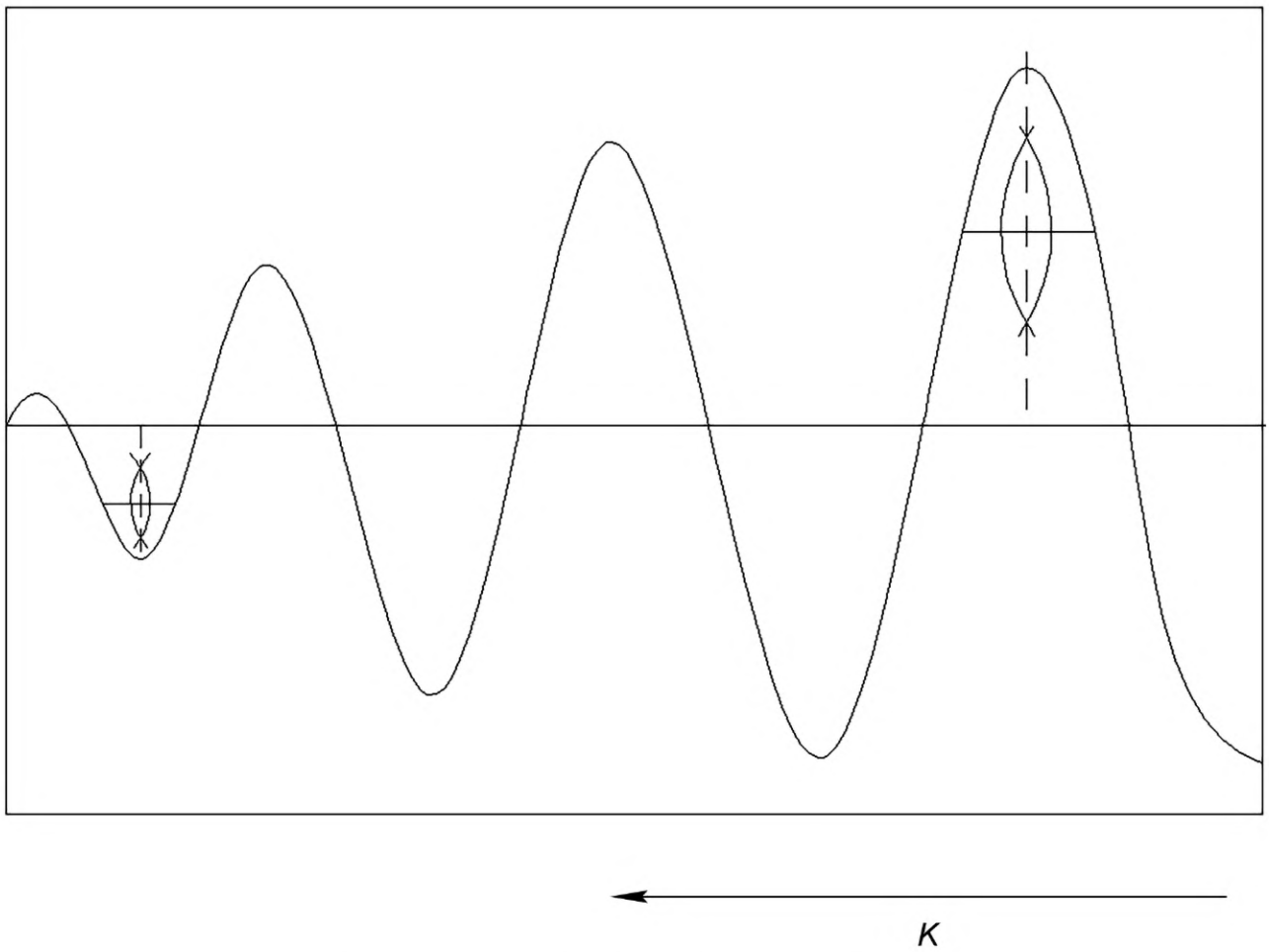

Рисунок 1 — Пример определения положения экстремумов

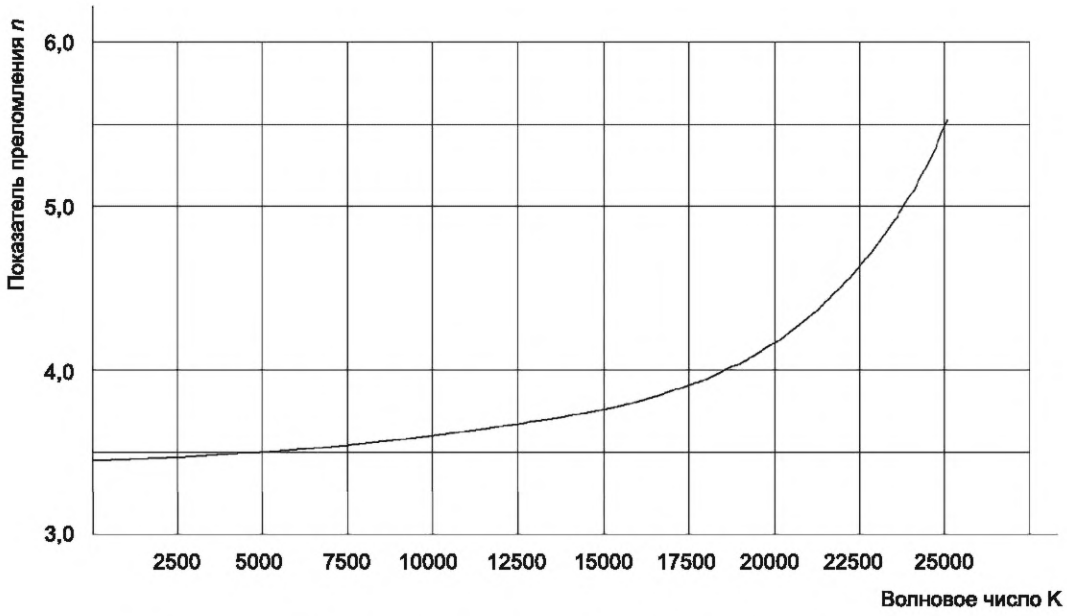

Рисунок 2 — Зависимость показателя преломления от волнового числа

УДК 621.385.2:006.354 ОКС 33.060.99

Ключевые слова: эпитаксиальные структуры, ИК-интерференция, метод измерения толщины пленки

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 18.04.2024. Подписано в печать 19.04.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,60.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru