

Сергеев В.И.

### Емкость развязки интегральной оптоэлектронной структуры

*Сергеев Владимир Игнатьевич, кандидат технических наук, доцент*

*Белорусский государственный университет,*

*г. Минск*

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема уменьшения емкости электрической развязки источников излучения и фотоприемников в интегральных оптоэлектронных многослойных структурах из одного полупроводникового материала и разнородных полупроводниковых материалов плоскопараллельной и цилиндрической структуры. Показано, что электрическое взаимодействие может быть более чем на порядок меньше для цилиндрической структуры из разнородных материалов по сравнению с плоскопараллельным вариантом такой же площади.

**Ключевые слова:** интегральная оптоэлектронная структура, полупроводниковый материал, плоскопараллельная полупроводниковая структура, разнородная полупроводниковая структура, емкость электрической развязки, источник излучения, фотоприемник.

Пространственное сближение областей излучательной рекомбинации (источник излучения – ИИ) и оптической генерации носителей тока (фотоприемник – ФП) в интегральных оптоэлектронных структурах (ИОС) обуславливает увеличение их электрического взаимодействия через тонкий слой оптической передающей среды (ОПС). С увеличением быстродействия ИОС проблема электрической связи между ИИ и ФП становится еще более острой. Их временные характеристики определяются в основном инерционностью используемого ФП. Электрическая же связь между входной и выходной цепями определяется электрическими параметрами применяемых полупроводниковых и диэлектрических материалов и конструкций ИОС. Развязывающая емкость  $C_{\text{разв}}$  состоит из двух ёмкостей  $C_{\text{разв1}}$  и  $C_{\text{разв2}}$ . Причем,  $C_{\text{разв1}}$  обеспечивает передачу электрического сигнала на сигнальный электрод

ИОС.  $C_{\text{разв}2}$  входит составной частью в проходную емкость структуры, обеспечивающую обратную связь ее выходной цепи с входной по контурам заземления. Развязка зависит не только от параметров ИОС, но и от параметров выходной цепи. [1] В цифровом режиме работы эффективность подавления переходных процессов в ИОС по цепи развязки определяется скоростью изменения напряжения на ИИ [2], которое ограничивается неравенством:

$$\frac{dU_{\text{ИИ}}}{dt} \leq \frac{I_{\text{Ф}}}{C_{\text{разв}1}}, \text{ где}$$

$\frac{dU_{\text{ИИ}}}{dt}$  – скорость изменения напряжения на ИИ,  $I_{\text{Ф}}$  – ток ФП.

Уменьшение паразитной емкости  $C_{\text{разв}1}$  ИОС достигается разнесением в пространстве ИИ и ФП, что для ИОС практически невозможно, т.к. расстояние между ними измеряется единицами микрометра и менее. В качестве материала используется твердотельная оптическая передающая среда (ОПС), которая обеспечивает прозрачность для излучения ИИ, технологическую совместимость с другими материалами ИОС, малые потери на границах раздела структуры и возможно меньшую величину  $C_{\text{разв}1}$ . Обеспечение малого значения  $C_{\text{разв}1}$  требует применение ОПС из материала с возможно меньшей величиной относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ . Обеспечение же малых потерь излучение на границах раздела ИИ – ОПС и ОПС-ФП требует использование материалов с равными или близкими по величине  $\epsilon$  для ИИ, ФП и ОПС. Выполнение одного из вышеупомянутых требований или компромисс между ними связан с предполагаемой областью применения и конкретной структурой ИОС. Если ИОС изготавливается из одного полупроводникового материала, то она обычно представляется собой плоскопараллельную многослойную структуру (рисунок 1а). Емкость развязки такой структуры рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{разв}1} = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{h}, \text{ где}$$

$S$  – площадь структуры,  $h$  – толщина слоя ОПС.

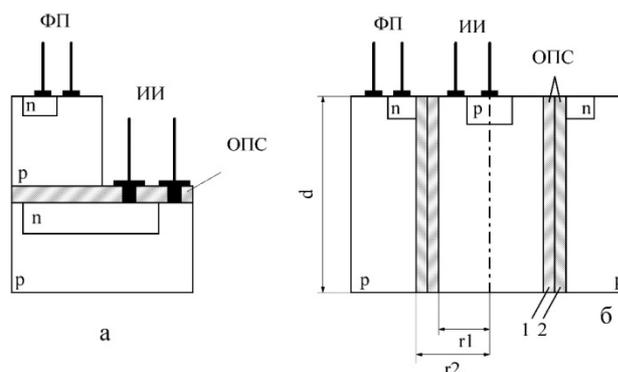


Рисунок 1

а – плоскопараллельная структура, б – цилиндрическая структура (1 – слой диэлектрика, 2 – слой полуизолирующего материала)

В таких структурах в качестве ОПС используется полуизолирующие полупроводниковых слои. Уменьшение величины емкости развязки достигается уменьшением площади ИИ и ФП и увеличение толщины ОПС. Практическая реализация плоскопараллельных ИОС позволяет уменьшать площадь ИИ и ФП до размеров, ограниченных контактными площадками. Однако обычно площадь ИОС на порядок-два больше. Увеличение толщины ОПС приводит к увеличению поглощения излучения в ней и уменьшению коэффициента передачи оптического сигнала.

Использование разнородных полупроводниковых материалов позволяет формировать ИОС с приемлемыми спектральными согласованием ИИ и ФП и достаточно высокой диэлектрической изоляцией между ними. ИОС из разнородных материалов цилиндрической структуры ИИ и ФП (рисунок 1б) кроме вышеуказанных преимуществ, по сравнению с плоскопараллельным вариантом, позволяет значительно увеличить коэффициент светопередачи ОПС [3]. Емкость развязки таких структур можно рассчитать по формуле:

$$C_{\text{разв1}} = 2\pi\epsilon\epsilon_0 h (\ln(p + \sqrt{p^2 - 1}))^{-1}, \text{ где}$$

$$p = (r_1^2 + r_2^2)(2r_1r_2)^{-1}, r_1 \text{ и } r_2 - \text{ радиусы ИИ и ФП соответственно}$$

Уменьшение  $C_{\text{разв1}}$  для данной структуры может быть достигнуто увеличением толщины ОПС. Качественные же диэлектрические слои,

например, двуокиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ) толщиной более 1мкм получать затруднительно из-за их растрескивания [4] и ухудшения диэлектрических свойств. Сохранить высокие диэлектрические свойства и обеспечить малое значение  $C_{\text{разв1}}$  можно в ИОС в случае применения ОПС из нескольких разнородных материалов. Например, использовать двухслойную структуру, включающую слой диэлектрика из  $\text{SiO}_2$  и слой полупроводникового материала ИИ арсенида галлия (GaAs). Это позволит повысить частоту передаваемого сигнала в ИОС или скорость изменения напряжения на ИИ при импульсном режиме работ.

Электрическое взаимодействие компонентов ИОС через ОПС, может быть более чем на порядок меньше для цилиндрической структуры из разнородных материалов по сравнению с плоскопараллельным вариантом такой же площади из одного полупроводникового материала.

#### ***Библиографический список:***

1.Гейг С., Эванс Д., Ходапп М., Соренсен Х. Применение оптоэлектронных приборов (Пер. с англ. под ред. Ю.Р. Носова.-М.:Радио и связи, 1981-344с.

2.Носов Ю.Р., Сидоров А.С. Оптроны и их применения. –М.: Радио и связи, 1981-380с.

3.Осинский В.И., Сергеев В.И. Электрическое взаимодействие компонентов интегральных оптронов // Весці АН БССР, Сер. Фіз.-мат. навук.-1984.-N4.- С.77-81

4.Осинский В.И., Сергеев В.И., Кацанов Ф.М. Интегральные монолитные оптроны на кремнии и арсениде галлия // Весці АН БССР, Сер. Фіз.-мат. навук.-1984.-N2.- С.77-78