

Изобретение относится к области опто-электроники и может быть использовано для реализации быстродействующих оптических инверторов в составе оптических интегральных схем (ОИС).

Реализация быстродействующих оптических логических элементов на базе интегральной технологии ОИС может привести к значительному повышению быстродействия ЭВМ и вычислительных устройств, увеличению их помехоустойчивости и надежности, упрощению конструкции, а в целом - к созданию новой "оптико-электронной" элементной базы логических устройств.

Известен оптический инвертор-переключатель [Носов Ю.Р. Оптоэлектроника, -М., Сов. радио, 1977, с. 136], содержащий источник питания, преобразователь-коммутатор, выполненный на транзисторах, фотодиод, имеющий входной оптический волновод, являющийся оптическим входом инвертора, выход устройства к которому подключается выходной светоизлучающий диод с оптическим волноводом, являющимся оптическим логическим выходом.

Устройство позволяет реализовать функцию логической инверсии (НЕ).

Недостатками инвертора-переключателя является наличие многоступенчатой транзисторной схемы преобразователя-коммутатора оптического сигнала в электрический и наоборот, что ограничивает частотный диапазон работы оптической части устройства определяемый, в основном, временем переключения транзисторов, снижает быстродействие логического элемента и требует значительных аппаратных затрат, т.к. на каждый инвертор необходим преобразователь-коммутатор.

Кроме того, указанный инвертор-переключатель имеет невысокую помехоустойчивость и надежность за счет многокаскадного преобразователя-коммутатора.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является оптический инвертор [Авт.св. СССР № 779165, кл. G 02 F 3/00, 26.06.91]. Оптический инвертор имеет светомодулирующий элемент с входным и выходным световодами, фотодетектор, выполненный в виде фотодиода, согласующий элемент, источник запирающего напряжения, источник тока инжекции. Положительный полюс источника тока инжекции подключен к катоду фотодиода и к электрическому входу светомодулирующего элемента, согласующая цепь выполнена в виде резистора, первый вывод которого подключен к отрицательному полюсу источника запирающего напряжения, а второй вывод резистора - к аноду фотодиода, положительный полюс источника запирающего напряжения подключен к электрическому выходу светомодулирующего элемента и к отрицательному полюсу источника тока инжекции, причем входом инвертора является вход фотодиода, а выходом инвертора - выход световода светомодулирующего элемента. При этом фотодетектор может быть выполнен в виде иного фотозлектрического прибора (фоторезистора, фототранзистора),

Кроме того, оптический инвертор содержит источник света, связанный со входным световодом светомодулирующего элемента, а светомодулирующий элемент выполнен в виде многослойной полупроводниковой структуры типа  $p^{++}p^{++}p-np^{++}n$ .

Оптический инвертор реализует логическую функцию "НЕ". Известная схема обладает определенными недостатками:

Логический элемент должен иметь источник света со встроенным входным световодом или сеть подводящих входных световодов от единого источника света к каждому оптическому инвертору, расположенному на кристалле.

Входной оптический сигнал от источника света должен иметь строго определенную длину волны, близкую к центральной области спектрального ответа  $p-n$ -перехода многослойной полупроводниковой структуры. Это требование ограничивает возможность применения различных источников света, так как необходима строго определенная длина волны излучения для отклика многослойной полупроводниковой структуры.

Для проводящего состояния многослойной полупроводниковой структуры, соответствующего прохождения оптического сигнала на выход ее необходим источник тока инжекции с жесткими требованиями к выходным параметрам величины тока, так как ток через переход должен обязательно составлять 80-90 % тока от величины порога переключения  $p-n$ -перехода многослойной полупроводниковой структуры.

Многослойная полупроводниковая структура отличается повышенной сложностью изготовления из-за наличия нескольких согласующих слоев -  $p^{++}p^{++}p-np^{++}n$ , а также дополнительного световода опорного сигнала.

Задачей данного изобретения является повышение надежности и упрощение оптического инвертора за счет снижения общего количества входящих в него элементов и связей между ними.

Поставленная задача решается тем, что в схеме оптического инвертора светомодулирующий элемент выполнен в виде быстродействующего светоизлучающего диода, анод которого подключен к первому выводу фотодетектора и к первому выводу согласующего резистора, второй вывод согласующего резистора подключен к положительному полюсу источника напряжения питания, второй вывод фотодетектора подключен к отрицательному полюсу источника запирающего напряжения, положительный полюс которого подключен к катоду быстродействующего светоизлучающего диода и к отрицательному полюсу источника напряжения питания, причем входом инвертора является оптический вход-световод фотодетектора, а выходом - оптический выход-световод светоизлучающего диода.

Выполнение светомодулирующего элемента на основе быстродействующего светоизлучающего диода позволяет уменьшить общее количество входящих в инвертор элементов и связей между ними, поскольку не требуется источник света и встроенный входной световод светомодулирующего элемента, появляется возможность использовать источник напряжения питания вместо высокоточного источника тока, а также применять обычные светоизлучающие диоды вместо светомодулирующего элемента выполненного в виде многослойной полупроводниковой структуры с особыми свойствами.

Предлагаемый оптический инвертор в составе оптических интегральных схем возможно изготовить с использованием известного технологического оборудования, он относительно прост и технологичен, в нем используются доступные элементы. Снижение количества элементов и связей, упрощение конструкции повышает общую надежность логического элемента и обеспечивает повышенную плотность упаковки элементов на кристалле при изготовлении оптических интегральных схем.

Заявляемый оптический инвертор представлен на чертеже.

Светоизлучающий диод 1 имеет выходной световод 2, являющийся логическим выходом инвертора, источник напряжения питания  $E_1$ , 3, положительный полюс которого подключен ко второму выводу согласующего резистора  $R_1$ , первый вывод которого подключен к аноду светоизлучающего диода 1 и ко второму выводу фотодетектора 4, первый вывод которого подключен к отрицательному полюсу источника запирающего напряжения  $E_2$ , 6, положительный полюс которого подключен к катоду светоизлучающего диода 1 и к отрицательному полюсу источника напряжения питания  $E_2$ , а логическим входом инвертора является световод 7 фотодетектора 4.

Оптический инвертор работает следующим образом.

В исходном состоянии через согласующий резистор  $R_1$  5 и светоизлучающий диод 1 и протекает ток 1 от источника напряжения питания  $E_1$  3. При отсутствии светового сигнала в световоде 7, являющимся логическим входом инвертора, токами от источников: напряжения питания  $E_1$ , запирающего напряжения  $E_2$  6 в цепи фотодетектора 4 из-за бесконечно большого сопротивления фотодетектора можно пренебречь. На выходе световода 2, являющимся логическим выходом инвертора присутствует выходной световой сигнал.

При появлении в световоде 7 (логическом входе инвертора) светового сигнала фотодетектор 4 резко изменяет свое электрическое сопротивление с бесконечно большой величины до определенной малой величины, значительная часть напряжения источника запирающего напряжения  $E_2$  6 приложится к р-п-переходу светоизлучающего диода (СИД) 1, р-п-переход СИД 1 закрывается. На выходе световода 2 - логическом выходе инвертора отсутствует выходной световой сигнал.

Процесс ускоренного закрытия р—п-перехода СИД 1 под действием источника запирающего напряжения  $E_2$  6 происходит за счет ускоренного рассасывания основных носителей заряда из областей р-п-перехода СИД 1. Полное закрытие р-п-перехода СИД 1 происходит при условии  $(E_2) > (E_1)$  3. Параметры светоизлучающего диода 1, фотодетектора 4, электрического сопротивления  $R_1$  5, источников напряжения питания  $E_1$  3 и запирающего напряжения  $E_2$  6 подобраны из условия повышенного быстродействия при переключении р-п-перехода светоизлучающего диода 1 из открытого (проводящего) состояния в закрытое (непроводящее) состояние и обратно. На выходе оптического световода 2 (логическом выходе оптического инвертора) оптический сигнал отсутствует.

В качестве фотодетектора используется быстродействующий р-п-п (п-р-п) транзистор (с большим коэффициентом усиления по току  $\beta > 1000$ ), включенный по схеме с разомкнутой базой (см. фиг. 1 а) и его эмиттер (коллектор) является первым выводом, а коллектор (эмиттер) - вторым выводом фотодетектора соответственно для п-р-п (п-р-п) фототранзистора. С учетом большей величины параметра  $M_n$  (подвижности) основных носителей заряда-электронов для п-р-п фототранзисторов ( $M_n > M_p$  более чем в 2,5 раза по Si), для сверхбыстродействующих оптических инверторов в составе ОИС предпочтительнее использовать фототранзисторы п-р-п типа.

Введение быстродействующих: светоизлучающего диода в качестве модулирующего элемента, фототранзистора (с  $\beta > 1000$ ) в качестве фотодетектора оптического инвертора, позволяет за счет снижения общего количества входящих в него элементов упростить конструкцию, повысить надежность и технологическую возможность интегрального исполнения оптического инвертора (см. фиг. 1б) в составе ОИС.

