

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНДЕКСНЫХ ВОЛНОВОДОВ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ**

**Юхтанов Н.Г.** (Университет ИТМО)

**Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Рыбин М.В.**  
(Университет ИТМО)

В данной работе мы предложили новую конфигурацию волновода для реализации кремниевого оптического изолятора на микрочипе с использованием магнитооптического эффекта в удобной для практической реализации геометрии Фойта (магнитное поле приложено перпендикулярно направлению распространения электромагнитной волны). При дизайне волновода мы основывались на структуре с нарушением зеркальной симметрии, представленной в работе коллег из Университета ИТМО. Благодаря нарушению симметрии и приложенному магнитному полю, нам удалось получить необходимую удельную фазу для конструирования оптического изолятора на основе интерферометра Маха-Цендера. Уникальность данной работы состоит в том, что оптический изолятор реализуется только на кремнии с использованием магнита, который не требует источников питания.

Существует несколько направлений для реализации оптических изоляторов с использованием электрооптических, магнитооптических и нелинейных эффектов. Электрооптические эффекты могут нарушать симметрию обращения времени из-за модуляции эффективного показателя преломления во времени, что обеспечивает разные значения коэффициента пропускания для электромагнитных волн в прямом и обратном направлении. В конфигурациях с магнитооптическими эффектами часто используются материалы с высоким магнитооптическим откликом. Например, структуры на основе железиттриевого граната (ЖИГ), материалы с высоким показателем вращения Фарадея. Также создаются устройства на основе нелинейных эффектов, в которых присутствует невзаимная передача импульсов. На данный момент существуют подходы создания оптических изоляторов на основе эффекта Фарадея в кремниевых волноводных структурах. Основным недостатком таких изоляторов является низкое значение постоянной Верде в кремнии.

В ходе моделирования собственных мод однородного кремниевого волновода с прямоугольным сечением наблюдалось локальное вращение электрических полей. Рассматривая нижнюю по частоте ТМ моду (вектор электрического поля лежит в продольной плоскости центрального сечения), мы обнаружили существенное вращение электрических полей против часовой и по часовой стрелке в нижней и в верхней полуплоскости, соответственно. Используя нарушение зеркальной симметрии в волноводной структуре, можно добиться ненулевого интегрального вращения. Внешнее магнитное поле в геометрии Фойта приведет к накоплению разности удельной фазы вращения при распространении электромагнитной волны в прямую и обратную стороны по волноводу. Конструируя интерферометр Маха-Цендера с использованием предложенной волноводной структуры в верхнем плече интерферометра и ее зеркальной копии в нижнем плече, можно достичь распространения электромагнитного излучения только в одну сторону (невзаимное устройство). Ожидаемая длина волноводной структуры для получения необходимой фазы в плече интерферометра должна составлять 5.2 см. Однако тот факт, что мы используем внешнее магнитное поле, приложенное перпендикулярно волновому вектору электромагнитной волны (геометрия Фойта), позволяет нам свернуть волновод в компактную структуру. Преимущество геометрии Фойта над геометрией Фарадея, часто используемой исследователями, заключается в том, что внешнее магнитное поле остается перпендикулярным направлению распространения электромагнитной волны при любом направлении волновода на поверхности.

В данной работе предложена новая модель для реализации оптического изолятора на оптическом микрочипе. Модель волноводной структуры для микрочипа состоит из кремния, технологичного материала. В результате численного моделирования была получена эффективность вращения электрических полей в кремнии равная 78% при распространении электромагнитной волны через волновод в одну сторону на длине волны 1.5 мкм. Толщина кремниевого волновода не превышала 500 нм, что позволяет изготавливать образцы, используя стандартные кремниевые пластины.