

**Презентация проекта РФФИ 14-29-0812014, рук. А.В.Царев
(2016 год)**

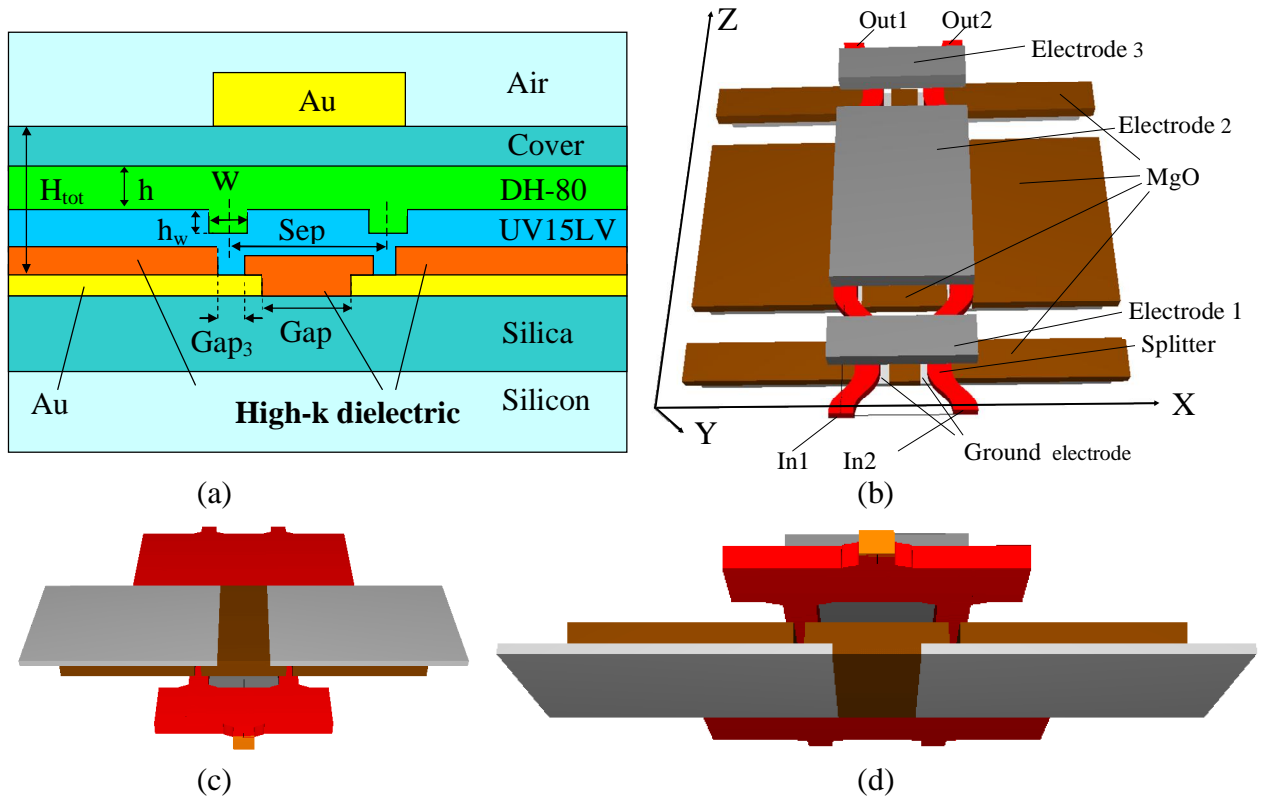
Обсуждаются результаты гранта РФФИ 14-29-0812014-офи_м (2014-2016) “Сравнительный анализ и оптимизация оптических переключателей и модуляторов для радиофотоники на основе электрооптических полимеров”. Цель проекта РФФИ - на основе методов численного моделирования выбрать конструкции электрооптических модуляторов и оптимизировать их параметры под возможности отечественных материалов и технологий.

В ходе выполнения проекта исследовано влияние различных факторов, влияющих на работу сверхвысокочастотного (СВЧ) электрооптического (ЭО) модулятора на основе гребенчатых полимерных волноводов, способных пропускать большие уровни оптической мощности (до 100 мВт). Показано, что для корректного расчета характеристик ЭО модулятора необходимо учитывать дисперсию СВЧ волны, а также влияние неоднородности полинга электрооптического полимера электродной структурой модулятора. Выполнены численные расчеты и проведена оптимизация электрооптических модуляторов Маха-Цендера на основе многомодовой интерференции (ММИ) и связанных волноводов (см. Фиг.1).

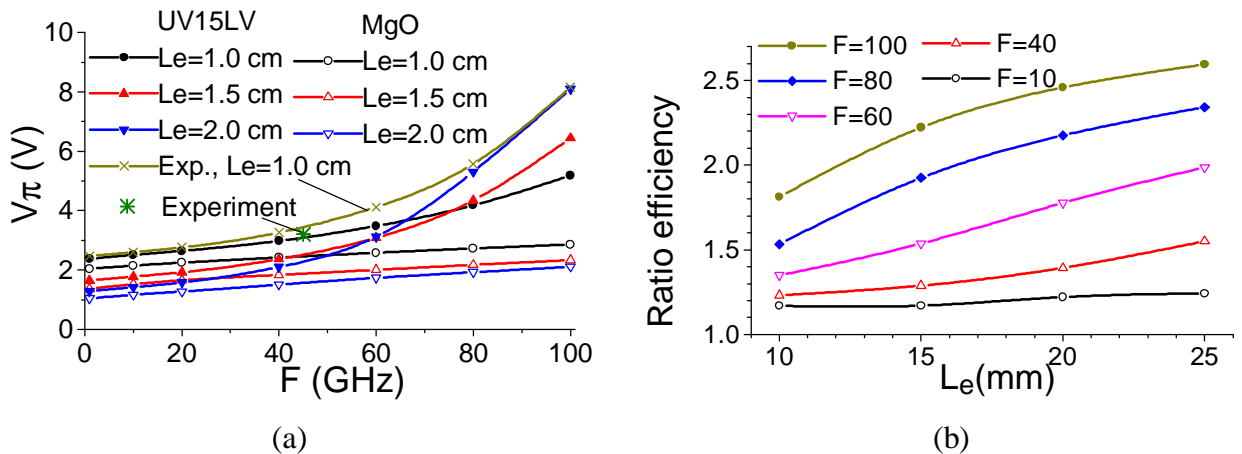
Численный анализ СВЧ модуляторов бегущей волны выполнен с учетом неоднородности полинга, вклада частотной дисперсии свойств полимеров и конечной проводимости электродов показало (см. Фиг.2), что применение дополнительных изолирующих полосок (особенно из High-k материалов с высокой диэлектрической проницаемостью, например из MgO) позволяет значительно (до 2.8 раз) снизить управляющее напряжение по сравнению со случаем аналогичного электрооптического модулятора, но без дополнительных полосок из High-K диэлектрика.

Снижение управляющего напряжения полимерных СВЧ модуляторов при использовании изолирующих диэлектрических полосок с высокой диэлектрической проницаемостью происходит благодаря двум взаимодополняющим эффектам: а) Смещение максимума электрического поля в область гребенчатого волновода в процессе полинга полимера управляющими электродами модулятора. Это обеспечивает максимальное значение электрооптического коэффициента в области распространения оптической моды гребенчатого оптического волновода и, тем самым, снижает (до полутора раз) управляющее напряжение по сравнению со случаем стандартного модулятора на том же электрооптическом полимере. б) Снижение скорости СВЧ волны с помощью слоев с высокой диэлектрической постоянной позволяет добиться наилучшего согласования с групповой скоростью волноводной оптической моды, распространяющейся в модуляторе, что приводит к расширению рабочей полосы частот модулятора.

Результаты, полученные в ходе выполнения проекта, открывают новые возможности для снижения управляющих напряжений электрооптических модуляторов до уровня порядка 1 вольта (особенно на частотах порядка 100 ГГц), что может привести к качественным изменениям в электронном обрамлении систем радиофотоники, т.к. позволит использовать низковольтные электронные СВЧ компоненты, более энергоэффективные и дешевые и по сравнению с теми, что применяются в настоящее время.



Фиг. 1. Электрооптический модулятор с полосками из изолирующего материала с высокой диэлектрической проницаемостью (High-k dielectric). (a) Поперечная структура модулятора; (b) Общий вид модулятора на связанных волноводах (вид сверху); Общий вид модулятора на основе MMI: вид сверху (c) и вид снизу (d).



Фиг. 2. Сравнительный анализ полимерных электрооптических модуляторов с применением изолирующих диэлектрических вставок с высокой диэлектрической проницаемостью (MgO) и без них (MgO заменен на покровный слой UV15LV). (a) Зависимость полуволнового напряжения V_{π} как функция частоты СВЧ волны для различных структур и длины электродов. Точка “Experiment” соответствует данным эксперимента [см. В. Li, J. Vemagiri, R. Dinu, J. Lightwave Technol. 27 (2009) 606–611], а точки, отмеченные как “Exp”, соответствуют нашим расчетам этой структуры в широком частотном интервале. (b) Соотношение эффективностей, определяемое как отношение полуволновых напряжений двух типов структур $V_{\pi}[\text{UV15LV}]/V_{\pi}[\text{MgO}]$ для разных длин электродов и рабочих частот. $h_w = 0.5$ мкм, $h = 1.6$ мкм. Расчет с помощью BeamProp from Rsoft/Synopsys и CST MW STUDIO.