

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЛЩИНЫ И ЭЛЛИПТИЧНОСТИ ЭЛЕКТРОДОВ

А.А. Достовалов¹, В.Д. Паранин²

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национально-исследовательский университет)»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью настоящей работы являлся расчет трехмерного распределения напряженности электрического поля вдоль z -оси $E_x(x,y,z)$ при различной эллиптичности торцов и различной толщине электродов.

ВВЕДЕНИЕ

Управляемые дифракционные оптические элементы (ДОЭ) на основе электрооптического эффекта способны обеспечивать отображение информации, отклонение излучения, спектральную фильтрацию, модуляцию и коммутацию.

Управляемые ДОЭ выполняются на подложках из электрооптических материалов, на поверхности которых сформированы управляемые электроды. Приложение электрического напряжения изменяет показатель преломления материала, фазовое пропускание и диаграмму направленности излучения.

Наибольшее внимание управляемым ДОЭ на основе кристалла ниобата лития (LiNbO_3). Ниобат лития технологичен, химически устойчив, механически прочен, прозрачен в видимом ближнем и среднем ИК диапазонах. Кристалл обладает большим быстродействием электрооптического эффекта по сравнению с жидкими кристаллами, лучшей термостойкостью и меньшим количеством характеристик по сравнению с сегнетоэлектриками.

Развитие ДОЭ на основе ниобата лития сдерживается рядом проблем. Структурное несовершенство кристалла ограничивает его широкое применение.

Известные результаты расчета электрического поля в кристалле основаны на решении уравнения Лапласа. Такая модель справедлива для умеренных электрических полей. Известно, что приложение электрического поля, сравнимого с коэрцитивным, обуславливает процессы переполяризации электрооптических кристаллов. Кинетика этих процессов определяется структурными свойствами кристалла, напряженностью электрического поля, длительностью его приложения, освещенностью и т.д. Переполяризация изменяет чувствительность показателя преломления кристалла к напряженности поля. За счет неравномерности электрического поля, в кристалле были замечены иглообразные неоднородности.

Поэтому исследование этих процессов имеет научный и практический интерес.

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Моделирование электрического поля осуществлялось численным методом в программе Comsol Multiphysics. В качестве подложки управляемой дифракционной решетки задавался x -срез электрооптического кристалла ниобата лития (LiNbO_3) размером $15 \times 15 \times 1$ мм. На поверхности кристалла 15×15 мм располагались параллельные электроды длиной $L_1=8$ мм и шириной $b=160$ мкм. Зазор между электродами составлял $a=140$ мкм, расстояние от торца электрода до контактной площадки $L_2=500$ мкм. S -ось кристалла ориентировалась перпендикулярно управляющим электродам. Относительные диэлектрические проницаемости кристалла составляли $\epsilon_a=\epsilon_y=\epsilon_z=83$, $\epsilon_c=\epsilon_x=24,5$. При расчетах задавались чередующиеся потенциалы электродов $U_1=1$ В, $U_2=0$ В. Были взяты следующие эллиптичности торцов 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:3.5, 1:4. Малая ось эллипса 80 мкм.

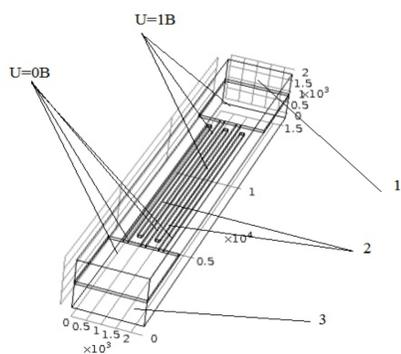


Рис1. Управляемая дифракционная решетка: 1 – воздух, 2 – управляющие электроды, 3 – электрооптический кристалл

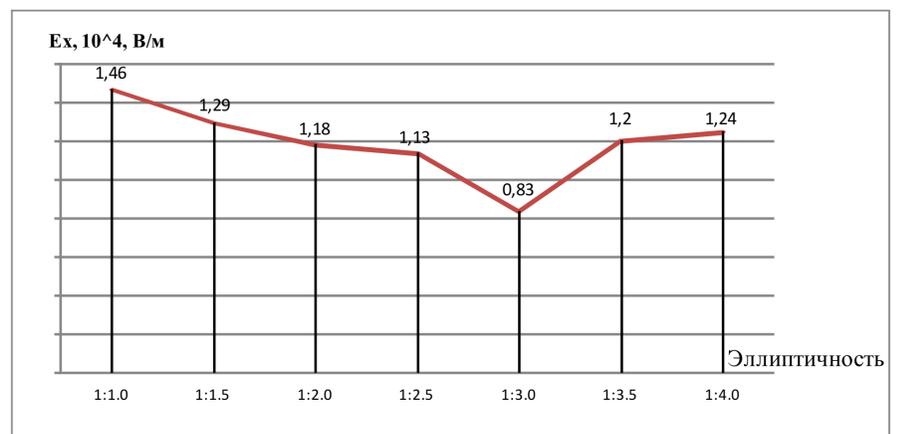


Рис2. Распределение напряженности электрического поля в зависимости от эллиптичности электродов

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

При увеличении большой оси эллипса, напряженность поля снижается. Напряженность поля при эллиптичности 1:1 составляет $E_x=1,46 \cdot 10^4$ В/м. А при эллиптичности 1:4 составляет $E_x=1,24 \cdot 10^4$ В/м. При увеличении большой оси эллипса, наблюдается немономонная зависимость напряженности поля. Минимум напряженности поля наблюдается при отношении осей эллипса 1:3. Также наблюдается нелинейное возрастание напряженности при отношении осей эллипса 1:3,5.

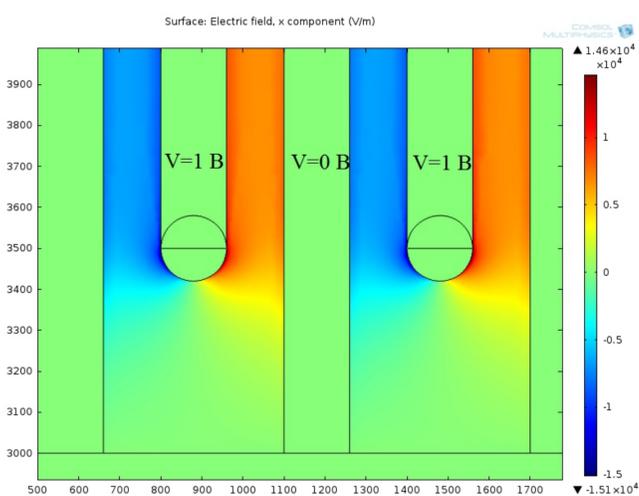


Рис3. Распределение напряженности поля при эллиптичности 1:1, толщина 100 мкм.

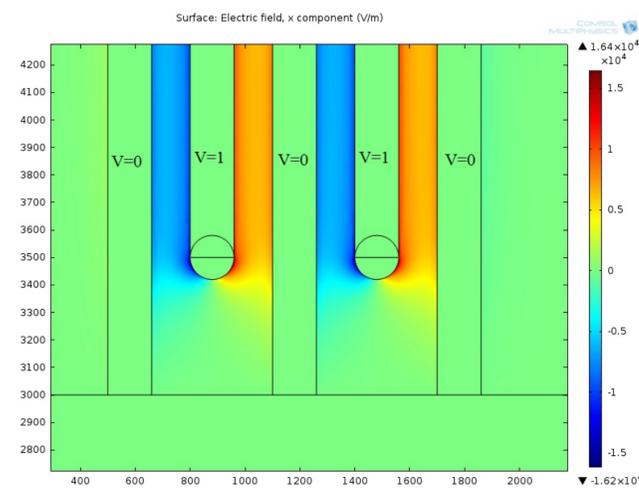


Рис4. Распределение напряженности поля при эллиптичности 1:1, толщина 50 мкм.

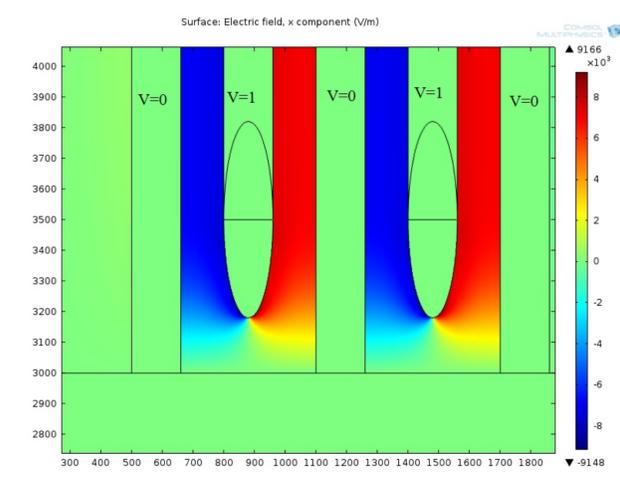


Рис5. Распределение напряженности поля при эллиптичности 1:4, толщина 100 мкм.

ВЫВОД

Исследование электрического поля управляемой дифракционной решетки на основе ниобата лития показало неоднородность поля на концах электрода. Было выявлено, что максимального значения поле достигает вблизи торца электрода: в 3,5-4 раза больше. При увеличении отношения осей эллипса, наблюдается сначала спад напряженности, а затем рост.

Таким образом, необходимо изменить форму электрода для уменьшения напряженности на краях электродов и уменьшения вероятности пробоя.