

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию О.С. Сидоренковой (Каракчиевой) «Объемные и поверхностные оптические и магнитные поляритоны», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика, лазерная физика

Начиная с открытия поляритонов в 50-х годах прошлого века, исследование их свойств вызывает не ослабевающий интерес. Это связано как с фундаментальным характером проблемы, так и с возможностью создания на основе поляритонных моделей различных устройств магнито- и оптоэлектроники. Диссертация О.С. Сидоренковой посвящена теоретическому исследованию на основе классического макроскопического подхода характеристик объемных поляритонов в линейных и нелинейных диэлектрических средах с учетом их магнитных свойств, и поверхностных поляритонов на границе раздела металл-диэлектрик с учетом нелинейности сред.

Выбранное направление исследований является, несомненно, актуальным, а полученные результаты имеют большое научное и практическое значение. Так, в работе впервые показано, что в среде с кубической нелинейностью поляритонная волна может трансформироваться в пространственный солитон или кноидальную волну, или приобрести в результате самофокусировки и в зависимости от состояния поляризации вид пучка филаментов или двойного ряда филаментов. Показано, что гауссов поверхностный плазмон-поляритонный импульс в среде с квадратичной нелинейностью может приобрести вид светлого или темного солитона с разными несущими частотами и их взаимодействие приводит к увеличению длины распространения обоих импульсов. Получен ряд других результатов. Практическая значимость работы продемонстрирована на примере создания разновидности полностью оптического логического элемента «НЕ».

Рассмотрим подробнее представленный в диссертации материал, который автор систематизировала во введении, трех разделах и заключении.

Во **введении** обосновывается актуальность темы, формулируется цель и задачи исследования, отмечается научная новизна и практическое значение полученных результатов, приводится апробация работы, краткий перечень публикаций и личный вклад соискателя.

Первый раздел носит обзорный характер и посвящен анализу литературы по теме исследования. Описан механизм генерации объемных оптических и магнитных поляритонов, приводится типичный поляритонный спектр в линейной диэлектрической среде, обсуждается баланс энергии поляритонного и электромагнитного поля. Заключительная часть раздела

посвящена основным свойствам поверхностных плазмон-поляритонов, возникающих в результате распространения электромагнитной волны вдоль границы раздела металла и диэлектрика. Отмечается, что эффективный показатель преломления поверхностных плазмон-поляритонов больше показателя преломления диэлектрика и на этом их свойстве основана возможность уменьшения размеров чипа.

Анализ литературных данных позволил выявить недостаточно исследованные области. К их числу относится влияние постоянных внешних полей на параметры поляритонов и влияние нелинейности среды на поляритонный спектр, устойчивость волн и их трансформацию в диэлектрической среде и на границе раздела проводящей и диэлектрической среды.

Второй раздел посвящен исследованию особенностей поляритонного спектра объемных поляритонов в нелинейной диэлектрической немагнитной, магнитной и бигиротропной среде в зависимости от направления внешнего магнитного поля: спектр в отсутствие поля для этих трех сред сравнивается со спектром, когда поле направлено параллельно или перпендикулярно направлению волнового вектора. Основное приближение при проведении анализа – учет только линейной поляризации кубической решетки кристалла, тогда как поляризация электронной подсистемы учитывает линейную и кубическую восприимчивость среды, вызванную как постоянным, так и высокочастотным электрическим полем. В соответствии с принятой схемой исследования получено девять вариантов поляритонного спектра. Основные результаты исследования сводятся к следующему. В нелинейной среде ширина щели в спектре зависит от интенсивности поля и знака кубической восприимчивости; внешнее магнитное поле, направленное перпендикулярно волновому вектору, увеличивает число ветвей поляритонного спектра, а их частота при увеличении напряженности поля также увеличивается.

В заключение раздела приводится схема полностью оптического логического элемента «НЕ», принцип работы которого основан на четырехволновом взаимодействии световых пучков в нелинейных резонаторах с кубической нелинейностью.

Материал, представленный в **третьем разделе**, можно разделить на две части. В первой части рассматриваются объемные нелинейные поляритоны в керровской среде, только, в отличие от второго раздела, акцент делается на исследовании формы огибающей волн и их устойчивости. При линейной поляризации в самофокусирующей среде из узкого пучка шириной порядка длины волны формируется один поляритонный поток в виде светлого солитона, а в случае пучка шириной в несколько десятков длин волн возникает несколько потоков, имеющих вид кноидальной волны. Для волны с круговой поляризацией независимо от ее спиральности исходный поток разбивается на регулярную сеть филаментов в поперечной плоскости, число которых зависит от диаметра потока по сравнению с длиной волны, а поток

с эллиптической поляризацией имеет вид двойного ряда филаментов. В работе приводятся критерии устойчивости нелинейной волны, из которого можно найти продолжительность ее существования.

Во второй части рассматриваются поверхностные плазмон-поляритоны на границе раздела диэлектрика и металла при учете квадратичной поляризации среды. Показано, что входящий поверхностный плазмон-поляритонный импульс для не поглощающего диэлектрика и при сильном взаимодействии первой и второй гармоник преобразуется в светлый солитон на первой гармонике и в темный солитон на второй гармонике. Взаимодействие солитонов приводит к увеличению длины их распространения по сравнению с длиной распространения гауссова плазмон-поляритонного импульса при одинаковых условиях.

В заключении сформулированы результаты работы.

Замечания к работе.

1. В параметр интенсивности поля $I = 4\pi\chi_3(0,0,\omega)E_0^2 + 4\pi\chi_3(\omega,\omega,\omega)E_a^2$ (стр.38) входит амплитуда постоянного внешнего (E_0) и высокочастотного (E_a) электрического поля. Как может $I = 0$, даже если $E_0 = 0$ (рис.2.2, рис.2.3).
2. Утверждается, что дисперсионное уравнение (2.25) (стр.51) имеет 4 корня с положительной действительной частью. Однако на рис. 2.10 приведено только 3 ветви поляритонного спектра.
3. В тексте диссертации отсутствуют защищаемые положения.

В заключение анализа представленного в диссертации материала отметим следующее.

1. В работе проведено всесторонне теоретическое исследование свойств объемных и поверхностных поляритонов в линейных и нелинейных средах.
2. Новизна полученных результатов состоит в следующем:
 - в диэлектрической среде с кубической нелинейностью, а также с внешним магнитным полем, возникают новые ветви поляритонного спектра по сравнению со спектром в линейной среде и в отсутствие поля;
 - ширина щели поляритонного спектра в диэлектрической среде с кубической нелинейностью зависит от плотности энергии поля и этот эффект может быть использован для управления спектром пропускания среды;
 - для диэлектрической среды с кубической нелинейностью исследованы условия трансформации поляритонного потока в пространственный солитон, кноидальную волну или пучок филаментов;
 - поверхностный плазмон-поляритонный импульс гауссовой формы, возбужденный на границе раздела диэлектрика и металла, из-за квадратичной нелинейности среды приобретает вид светлого солитона на первой гармонике и темного солитона на вто-


рой гармонике, что приводит к увеличению длины распространения импульсов по сравнению с длиной распространения исходного гауссова импульса.

3. Полнота проведенных расчетов и корректность интерпретации результатов, а также вполне достаточный иллюстративный материал из 28 рисунков и перечень цитируемой литературы из 110 наименований – все это подтверждает достоверность материала и достаточную степень обоснованности новизны положений и выводов.
4. Результаты работы неоднократно докладывались на Международных конференциях и хорошо известны специалистам, опубликованы в 15 печатных работах, причем 4 из них являются статьями в рецензируемых журналах, входящих в базу SCOPUS. По результатам работы получен 1 патент.
5. Автореферат в полном объеме и с правильной расстановкой акцентов отражает содержание диссертации.
6. Отмеченные недостатки не снижают несомненных достоинств работы.

Таким образом, диссертация О.С. Сидоренковой является законченной работой, выполненной на высоком научном уровне.

Диссертация удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор О.С. Сидоренкова несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика, лазерная физика.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор  А.Ф. Глова

Подпись А.Ф. Гловы заверяю.

Ученый секретарь ФГУП «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»:

кандидат физико-математических наук



А.А. Ежов

«07» 08 2014 г.