

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Рыбина Михаила Валерьевича  
«Резонансные эффекты в электромагнитных спектрах  
фотонных кристаллов и метаматериалов», представленной на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика  
конденсированного состояния.

Диссертационная работа М.В. Рыбина посвящена теоретическому и экспериментальному изучению резонансов разной природы в фотонных кристаллах, диэлектрических метаматериалах, а также отдельных структурных элементов.

Актуальность выбранной тематики связана с фундаментальными аспектами проблемы взаимодействия электромагнитных волн со структурами, элементы которых имеют геометрические размеры сравнимые с длиной волны, а также с поиском новых эффектов, перспективных для применения в современных оптических устройствах.

В первой главе диссертации описываются методики численных расчетов фотонных зонных диаграмм, которые используются в следующих главах.

Во второй главе предлагается концепция фотонных фазовых переходов, в рамках которой обсуждается вопрос: при каких параметрах элементарных ячеек периодическая структура становится метаматериалом. В рамках такого подхода была построена фазовая диаграмма «фотонный кристалл – метаматериал».

В третьей главе дается классификация разных резонансных явлений, наблюдаемых в фотонике: резонанс Фано, эффект Бормана, эффект Керкера, а также режим сильной связи и эффекты при нарушении симметрии четность-время. Особое внимание в диссертации уделяется резонансам Фано, которые позволяют описать резонансное рассеяние Ми и диаграммы направленности излучения двухкомпонентной антенны.

В четвертой главе исследуется возникновение резонанса Фано в фотонных кристаллах с беспорядком по диэлектрической проницаемости одного из структурных элементов. Роль узкой линии резонанса Фано играет брэгговское рассеяние, и при этом возможно подобрать такие условия, когда брэгговская стоп-зона, превращается в брэгговскую зону пропускания. В диссертации этот эффект изучался теоретически на примере одномерных фотонных кристаллов и наблюдался экспериментально на синтетических опалах.

В пятой главе рассматривается диэлектрический цилиндр, в котором интерференция резонансов приводит к появлению интересных эффектов: невидимость, вызванная деструктивной интерференцией рассеянных волн, а также возникновение высокодобротных «суперрезонансных» состояний из-за интерференционного гашения утекающих полей.

Шестая глава посвящена описанию классических аналогов эффекта Парселла и лэмбовского сдвига по отношению к микрорезонаторам, связанным с волноводом. Классические аналоги обсуждаются на интуитивно понятном языке интерференции.

Резонанс Фано имеет исключительно интерференционное происхождение, а для этого минимум необходима встреча двух потоков. Либо как в оригинальной работе Фано встречаются поток по волноводу (background) и поток через резонатор, либо сам резонатор допускает разделение потоков (многоканальная трансмиссия). В главе 4 я вижу исключительно одномерную трансмиссию, и не вижу возможность интерференции двух потоков. Поэтому интерпретация резонансов в трансмиссии света через одномерную, пусть и со случайным набором показателей преломления в слоях мне представляется неправомерной.

Хочу особо отметить результаты, связанные с исследованием высокочастотных «суперрезонансных» состояний. Существует строгое утверждение об отсутствии связанных состояний в континууме (ССК) в диэлектрических средах с ограниченным объемом. Поэтому ССК могут существовать лишь в бесконечно протяженных периодических диэлектрических структурах. Поэтому обнаружение высокочастотных резонансов в процессе avoided crossing за счет варьирования отношения размеров ОДНОГО диэлектрического цилиндра имеет фундаментальное значение. Хотя эта добротность не может быть сколько угодно большой, сам факт открывает широкие перспективы для дальнейших исследований. В частности для одного диска обнаружено, что в кремниевом цилиндра можно возбуждать резонансы добротностью  $Q=200$  в субволновых частицах. Отмечу также прекрасное оформление автореферата.

Полагаю, что диссертационная работы М.В. Рыбина «Резонансные эффекты в электромагнитных спектрах фотонных кристаллов и метаматериалов», безусловно соответствует требованиям, предъявляемым работам такого уровня, а её автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Заведующий лаборатории теории нелинейных процессов  
Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения  
Российской академии наук,

профессор, д.ф.-м.н.

Алмаз Фаттахович Садреев

Подпись заведующего лаборатории теории нелинейных процессов  
ИФ им. Л.В. Киренского СО РАН А.Ф. Садреева удостоверяю.

Ученый секретарь ИФ им. Л.В. Киренского СО РАН

К.Ф.-м.н.

Злотников А.О.