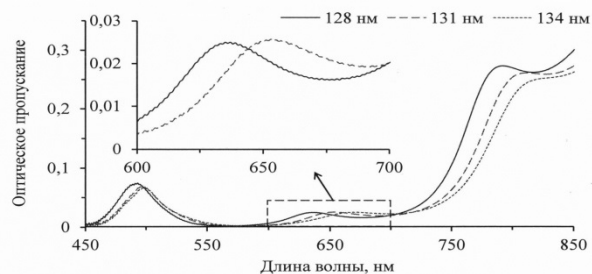
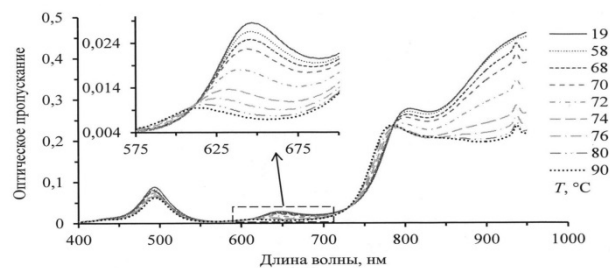


Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования
«Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского»

295007 Республика Крым, г. Симферополь,
проспект Академика Вернадского, 4



*Отдел интеллектуальной
собственности*

Отдел интеллектуальной собственности

Начальник отдела:
Бондаренко Даниил Владимирович
Тел. раб. +7(3652)51 08 69
Тел. моб. +7(978) 618 63 17
[E-mail:work.daniil@mail.ru](mailto:work.daniil@mail.ru)

г. Симферополь, ул. Ялтинская, 20, каб. 308

**КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
№ 1**

2025 г.

Патент на полезную модель № 238598

Авторы;
Сыров Анатолий Андреевич,
Томилина Ольга Андреевна,
Кудряшов Александр Леонидович,
Ляшко Сергей Дмитриевич,
Томилин Сергей Владимирович

Термооптический датчик на основе фотонного кристалла

Полезная модель относится к области сенсорных технологий, а именно к термооптическим датчикам, в которых резонансные оптические характеристики изменяются при соответствующем изменении температуры. В заявляемой полезной модели в результате явления структурно-термического фазового перехода первого рода «полупроводник - металл» в диоксиде ванадия изменяются резонансные оптические свойства фотонного кристалла, частью которого он является, что может быть использовано в качестве параметра для измерения температуры. Полезная модель может быть использована в качестве датчика для мониторинга изменений температуры и может применяться в промышленном производстве, медицине, автомобилестроении и других областях, где требуется точное измерение температуры. В основу полезной модели поставлена задача повышения термочувствительности датчика, точности и расширения диапазона измерения температуры за счет применения термочувствительного слоя с градиентом толщины. Поставленная задача решается тем, что термооптический датчик выполнен в виде фотонного кристалла, состоящего из двух зеркал Брэгга, выполненных из N пар ($3 < N < 10$) чередующихся слоев прозрачных диэлектриков с показателями преломления n_1 и n_2 , причем разница показателей преломления $n_1 - n_2 > 0,5$, а $n_1 > n_2$, причем слои являются четвертьволновыми, а между брэгговскими зеркалами располагается слой «оптического дефекта» толщиной в половину длины волны, который выполнен с переменной толщиной вдоль одной из сторон и постоянной вдоль второй, перпендикулярной к первой, стороны кристалла, характеризующийся тем, что в фотонном кристалле в качестве «оптического дефекта» используется термочувствительный градиентный полуволновой слой из диоксида ванадия, а зеркала Брэгга выполнены однородными по толщине.

Техническим результатом заявляемой полезной модели является повышение чувствительности и точности измерения температуры, а также расширение диапазона измерений благодаря использованию уникальных резонансных оптических свойств фотонных кристаллов. Кроме того, использование функционального термочувствительного слоя с градиентом толщины может обеспечить возможность настройки порога чувствительности и рабочего диапазона датчика, что позволяет адаптировать его для различных приложений. В основу

заявляемой модели положен принцип термооптического детектирования. Этот принцип основан на изменении оптических свойств фотонного кристалла с термочувствительным элементом в виде пленки из диоксида ванадия при изменении температуры. Диоксид ванадия демонстрирует фазовый переход первого рода «полупроводник-металл» при определенной температуре (около 68°C), что приводит к изменению его комплексного показателя преломления.

Полезная модель поясняется фигурами, где:

Фиг. 1 - структурная схема полезной модели (фотонного кристалла);

Фиг. 2 - спектры пропускания фотонного кристалла в разных участках градиента функционального термочувствительного слоя диоксида ванадия;

Фиг. 3 - спектры пропускания фотонного кристалла при разной температуре.

Термооптический датчик на основе фотонного кристалла (1) содержит подложку (2) из монокристалла гадолиний галлиевого граната $Gd_3Ga_5O_{12}$, нижнего зеркала Брэгга (3), состоящего из чередующихся пар слоев SiO_2/TiO_2 , термочувствительного градиентного слоя диоксида ванадия (4) и верхнего зеркала Брэгга (5), состоящего из чередующихся пар слоев TiO_2/SiO_2 (Фиг. 1). Термооптический датчик реализуют следующим образом. На основе функционального термочувствительного слоя VO_2 (4) синтезируется многослойная структура типа фотонного кристалла (1), в которой слой VO_2 (4) заключен между двумя зеркалами Брэгга (3) и (5), состоящими из чередующихся пар слоев SiO_2/TiO_2 для зеркала (3) и TiO_2/SiO_2 для зеркала (5), и играет роль оптического дефекта. Толщина слоя VO_2 (4) составляет половину длины волны света и нарушает четвертьволновую периодичность фотонного кристалла. Синтез фотонного кристалла (1) проводится методом вакуумного напыления, при котором n-пар слоев SiO_2/TiO_2 осаждаются на полированную подложку из монокристалла гадолиний-галлиевого граната $Gd_3Ga_5O_{12}$ (2), формируя нижнее зеркало Брэгга (3). Поверх нижнего брэгговского зеркала (3) напыляется термочувствительный слой из диоксида ванадия (4) В процессе напыления термочувствительного слоя из диоксида ванадия (VO_2) (4) применяется методика синтеза покрытия с градиентом толщины вдоль выбранного направления, что позволяет получать на различных участках образца различную толщину слоя VO_2 (4). Градиент толщины покрытия формируется в результате напыления в неоднородном потоке вещества, который образуется при огибании механических препятствий. Для получения оптимальной однородной кристаллизованной структуры VO_2 и улучшения электрофизических и оптических свойств, а также релаксации внутренних напряжений пленки, после осаждения термочувствительного слоя диоксида ванадия проводится

послеростовой термический отжиг образца в течение 120 мин в атмосфере O_2 (давление $P = 6 \cdot 10^{-3}$ Па) при температуре 550°C. Поверх термочувствительного слоя диоксида ванадия (4) напыляется верхнее зеркало Брэгга (5), состоящее из n-пар слоев TiO_2/SiO_2 . Итоговая многослойная структура термооптического датчика (1) может быть описана структурной формулой $GGG/[SiO_2/TiO_2]_n/VO_2/[TiO_2/SiO_2]_n$ и схематически показана на Фиг. 1.

Формула полезной модели

Термооптический датчик, выполненный в виде фотонного кристалла, состоящего из двух зеркал Брэгга, выполненных из N пар ($3 < N < 10$) чередующихся слоев прозрачных диэлектриков с показателями преломления n_1 и n_2 , причем разница показателей преломления $n_1 - n_2 > 0,5$, а $n_1 > n_2$, причем слои являются четвертьволновыми, а между брэгговскими зеркалами располагается слой «оптического дефекта» толщиной в половину длины волны, который выполнен с переменной толщиной вдоль одной из сторон и постоянной вдоль второй, перпендикулярной к первой, стороны кристалла, отличающийся тем, что в фотонном кристалле в качестве «оптического дефекта» используется термочувствительный градиентный полуволновой слой из диоксида ванадия, а зеркала Брэгга выполнены однородными по толщине.