

После интегрирования находим, что  $n/2 = 1/\mu$ . Получено выражение для нелинейной нормы амортизации

$$\mu = \frac{2}{n},$$

в котором появляется коэффициент ускорения 2, указанный в НК.

Найдем пересечение прямой (5) с кривой (7). Для этого необходимо решить уравнение

$$\left(1 - \frac{t}{n}\right) = e^{-\frac{2t}{n}}.$$

Численное решение этого уравнения  $\frac{t_0}{n} \approx 0,80$ , а  $k(t_0) \approx 0,20$ , что соответствует коэффициенту, начиная с которого, в соответствии с НК, следует переходить с нелинейной на линейную амортизацию.

Преимущества нелинейной амортизации пропорциональны площади участка на рис.1 между кривой (7) и прямой (5). Эта площадь равна при  $k_0=1$

$$S = \int_0^{0,8n} \left(1 - \frac{t}{n} - e^{-\frac{2t}{n}}\right) dt = 0,08n.$$

При переходе с нелинейной на линейную амортизацию затраты на налоговые отчисления вырастут на

$$\left(\frac{\tau_{\text{л}}}{\tau_{\text{нл}}} - 1\right) \cdot 100 = \frac{S}{\frac{n}{2} - S} \cdot 100 = 19\%.$$

(8)

Полученный результат (8) мало отличается от представленного в (3).

#### 4. Заключение

Проведенный в работе сравнительный анализ линейной и нелинейной амортизации показывает, что нелинейная амортизация уменьшает суммарные отчисления по налогу на имущество. Препятствует применению нелинейной амортизации относительная сложность ее начисления и ограничения на ее применение, перечисленные в НК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Налоговый кодекс Российской Федерации (Части первая и вторая). – М.: ЮРКНИГА, 2004.

*А.Е. ЛУКИН, М.В. ЯНИКОВ, В. Г. СОЛОВЬЁВ  
ППИ, ПГПУ им.С.М. Кирова, ПГПУ им. С.М. Кирова*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ И ПРОПУСКАНИЯ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ НА ОС- НОВЕ ПЛЁНОК ОПАЛОВ**

Описана установка для экспериментального исследования спектров отражения и пропускания фотонных кристаллов на основе опалов с угловым разрешением в видимой области спектра.

В последние десятилетия в центре внимания многих исследователей находятся периодические ансамбли наноструктур, способные выступать в роли фотонных кристаллов

(ФК). ФК обладают развитой системой фотонных энергетических зон, в которых запрещено существование электромагнитного (ЭМ) излучения с длинами волн, соизмеримыми с периодом структуры [1-11]. Исследование оптических элементов и систем на основе ФК позволило бы управлять потоком фотонов столь же успешно, как и движением электронов в современных полупроводниковых приборах. Таким образом, за эрой электроники могла бы последовать эра фотоники. Целью настоящей работы было создание установки для экспериментального исследования оптических свойств ФК с последующим использованием её для проведения научных исследований.

Упорядоченная структура опалов образована плотно упакованными сферами с диаметрами порядка длины волны видимого света и способна играть роль трехмерной дифракционной решётки для ЭМ излучения этой области спектра. Вследствие брэгговской дифракции на этой решетке свет с определёнными длинами волн  $\lambda$  не проникает в опал, что проявляется в виде максимумов в спектрах отражения и коррелирующих с ними минимумов в спектрах оптического пропускания образцов. Таким образом, опалы могут выступать в роли ФК.

Для решения поставленной задачи нами создана оригинальная экспериментальная установка, позволяющая исследовать спектры отражения и пропускания ФК на основе опалов. Основу установки составляют монохроматор спектрофотометра СФ-4 и измерительная ячейка. По выходе из спектрофотометра свет фокусируется при помощи линзы и микроскопа МИР и падает на ФК. Отражённый или пропущенный пучок света попадает на фотоэлемент с максимумом чувствительности  $\sim 620$  нм, подключенный к регистрирующему прибору, в качестве которого может быть использован микроамперметр Ф-195 или цифровой комбинированный прибор ЦК 4800. Измерительная ячейка состоит из поворотного столика для образца и независимого поворотного механизма, на котором крепится фотоэлемент. Ячейка позволяет за счёт горизонтальной и вертикальной регулировок исследовать любую точку образца. Поворотный механизм даёт возможность изменять угол падения света на поверхность опала с точностью до одного градуса. При этом важно, чтобы отражённый от кристалла луч всегда падал на фотоэлемент нормально, что достигается центровкой системы и соответствующим поворотом фотоэлемента.

Процесс измерения сводится к получению зависимости интенсивности отражённого (пропущенного) света от длины волны отдельно для нанесенной на стекло плёнки опала и чистого стекла (эталоны, применявшегося для калибровки установки). В результате деления указанных интенсивностей излучения для каждого значения длины волны света были получены характеристики отражения (пропускания) ФК на основе опала - спектры  $R(\lambda)$  и  $T(\lambda)$ , которые, как видно из рис. 1 и 2, хорошо коррелируют друг с другом. При этом наблюдалось смещение соответствующих максимумов (минимумов) при изменении угла падения луча на образец. Их положение для не слишком больших углов падения ( $\theta < 40^\circ$ ) описывается следующим уравнением, которое можно получить, используя законы Брэгга-Вульфа ( $2a \cos \beta = k\lambda / n$ ) и Снеллиуса ( $n \sin \beta = \sin \theta$ ):  $\lambda^2 = 4a^2 n^2 - 4a^2 \sin^2 \theta$ . При этом введены следующие обозначения:  $\beta$  – угол преломления света в опале,  $a = 0,816D$  – межплоскостное расстояние для плоскостей (111) ГЦК структуры опала,  $D$  – диаметр сфер,  $k$  – порядок максимума,  $n$  – эффективный показатель преломления (ПП) исследуемого ФК. Обработка графиков  $R(\lambda)$  и  $T(\lambda)$ , позволяет, используя эту формулу, определить эффективный ПП и диаметр сфер образца (рис. 3).

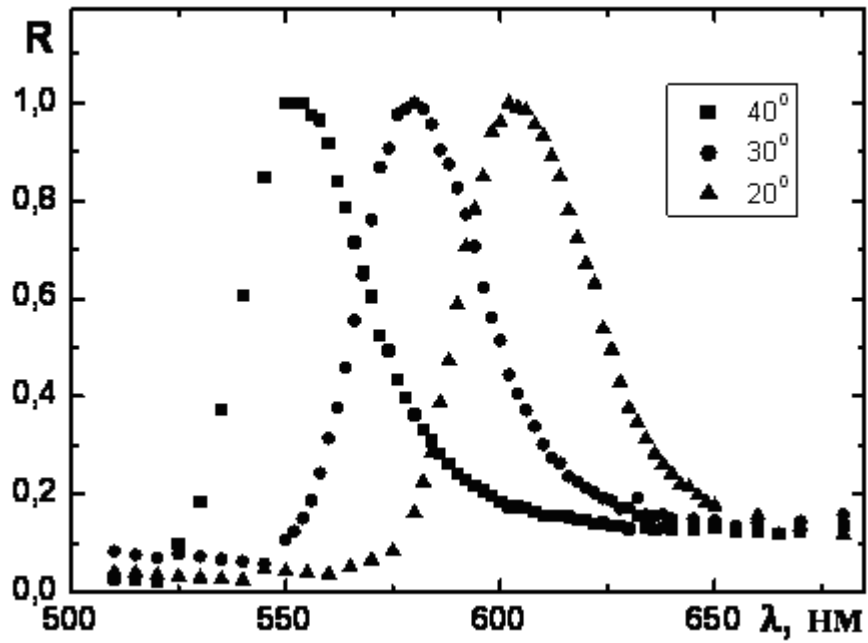


Рис. 1. Спектры отражения ФК на основе плёнки опала при указанных углах падения на образец.

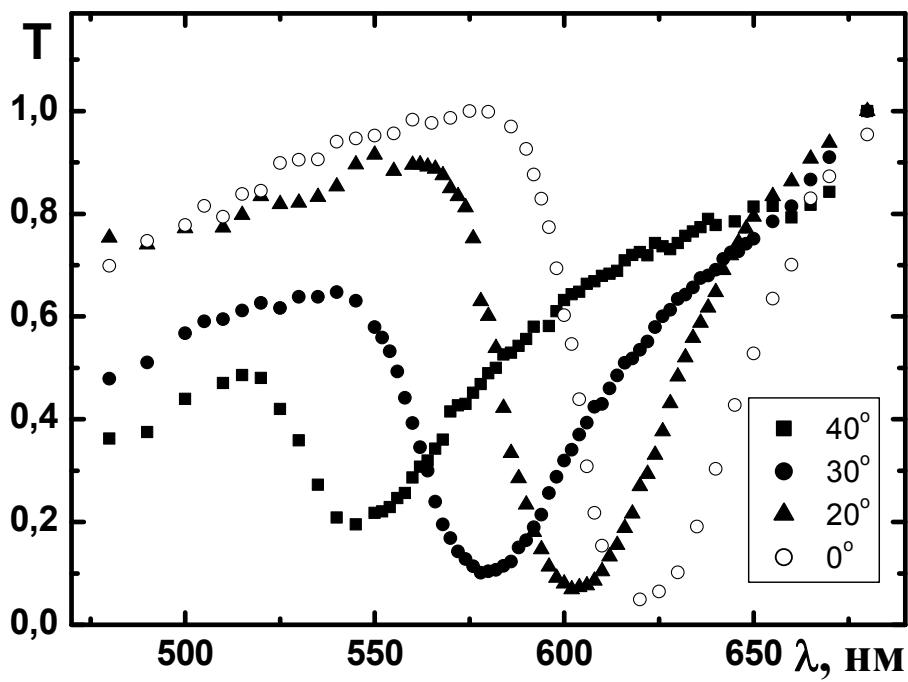


Рис. 2. Спектры пропускания ФК на основе плёнки опала при указанных углах падения на образец.

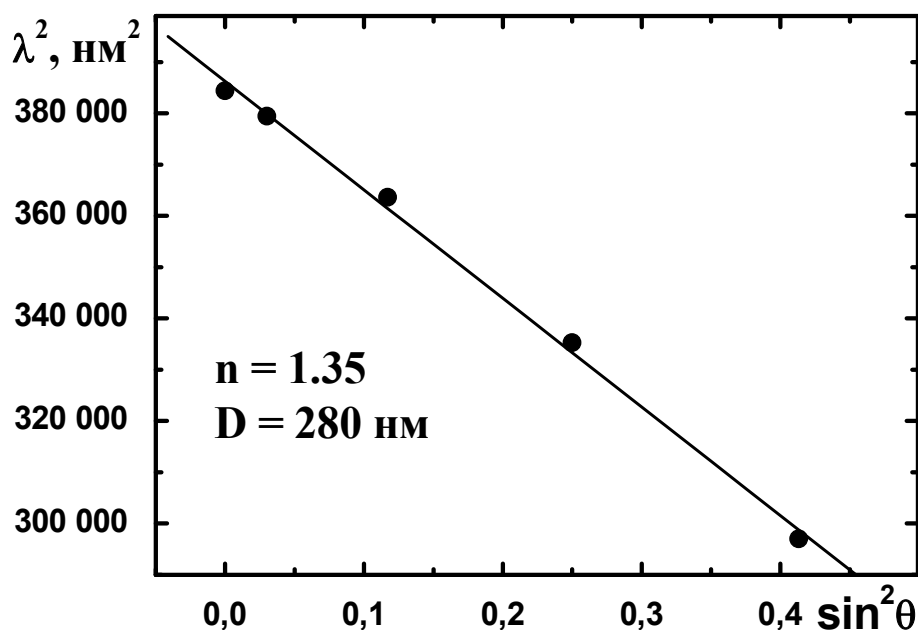


Рис. 3. Угловая дисперсия брэгговского резонанса 1-го порядка ФК.

В перспективе планируется модернизация установки с целью повышения точности измерений, увеличения диапазона исследуемых длин волн, внесения элементов автоматизации в процесс измерения.

Авторы глубоко признательны профессору К.М.Сотомайор Торрес и доктору С.Г.Романову (National Microelectronics Research Centre, Tyndall National Institute University Cork, Ireland) за предоставление образцов опалов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. **Быков В.П.** Спонтанное излучение в периодической структуре // ЖЭТФ. – 1972. – Т.62. – № 2. – С. 505–513.
2. **Yablonovitch E.** Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics // Phys. Rev. Lett. – 1987. – V.58. – No. 20. – P. 2059–2062.
3. **John S.** Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices // Phys. Rev. Lett. – 1987. – V.58. – No. 23. – P. 2486–2489.
4. **Joannopoulos J.D., Meade R.D., Winn J.N.** Photonic Crystals: Molding the Flow of Light. – Princeton University Press, 1995.
5. **Sakoda K.** Optical Properties of Photonic Crystals.-Springer, 2001.
6. Photonic crystals: Advances in design, fabrication, and characterization / Ed. by K. Busch, S. Lölkes, R.B. Wehrspohn, H. Föll. – Wiley-VCH, 2004.
7. **Богомолов В.Н., Прокофьев А.В.** Фотонные кристаллы // Природа. – 1998. – №8. – С. 27–36.
8. **Иванова М.С.** Дифракция видимого света на трёхмерных периодических структурах // Учебная физика. – 2000. – №1. – С. 56–61.
9. **Иванова М.С., Панькова С.В., Соловьёв В.Г.** Экспериментальное изучение дифракции видимого света на трёхмерных периодических структурах // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. – Выпуск 7. – Глазов-СПб: ГГПИ, 1998. – С. 49–50.
10. **Шабанов В.Ф., С.Я. Ветров С.Я., Шабанов А.В.** Оптика реальных фотонных кристаллов. Жидкокристаллические дефекты, неоднородности. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.
11. **Соловьёв В.Г., Романов С.Г., Сотомайор Торрес К.М.** Отражение, пропускание и рассеяние света фотонными кристаллами на основе плёнок опалов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2004. – Т.47. – № 3. – С. 54–58.