

УДК 535.42

МОДУЛЯЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КРАСТАЛЛАХ  
КОГЕРЕНТНЫМИ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ ВОЗБУЖДЕНИЯМИ

Л. А. КОЧАРЯН, Э. М. АРУТЮНЯН, Г. А. АРУТЮНЯН

Институт прикладных проблем физики АН АрмССР

(Поступила в редакцию 10 января 1985 г.)

Исследовано влияние пространственной однородности (когерентности) ультразвуковых волн в области акустооптического взаимодействия на глубину модуляции оптического излучения и потребляемую акустическую мощность. Показано, что для получения большой глубины модуляции ( $\sim 100\%$ ) при высоких частотах и малых мощностях ультразвука важное значение имеет пространственная однородность (когерентность) «ультразвуковой дифракционной решетки» в области акустооптического взаимодействия в кристалле. Предложена конструкция акустической кюветы для получения практически 100% глубины модуляции при малых акустических мощностях.

При модуляции электромагнитного излучения оптического диапазона высокочастотными акустическими колебаниями весьма важно наряду с получением большой глубины оптической модуляции использовать небольшие акустические мощности. Эти характеристики важны для создания различных акустооптических (АО) устройств. Однако в исследованиях по акустооптической модуляции недостаточно внимания обращается на степень пространственной однородности (когерентности) «ультразвуковой дифракционной решетки» в области акустооптического взаимодействия.

В настоящей работе проведено экспериментальное исследование влияния пространственной однородности (когерентности) ультразвуковой волны в области акустооптического взаимодействия на глубину модуляции оптического излучения.

В эксперименте источником оптического излучения служил *He-Ne*-лазер с длиной волны 0,63 мкм и выходной мощностью 200 мкВт. В качестве акустооптической среды использовался кристалл молибдата свинца. Пьезопреобразователем служила кварцевая пластинка X-среза, генерирующая продольную ультразвуковую волну с частотой 10—30 МГц. Свет распространялся в направлении  $[100]$  кристалла, акустическая волна — в направлении  $[001]$ . Интенсивность света в раман-натовских дифракционных максимумах регистрировалась с помощью фотодиода. Акустооптическое взаимодействие в кристалле осуществлялось с помощью модифицированной акустической кюветы (см. рис. 1).

Для проведения исследований по влиянию степени когерентности (под когерентностью понимается, что атомы в плоскости фронта ультразвуковой волны имеют одну и ту же амплитуду колебаний) акустической

волны на глубину модуляции света необходимо иметь возможность контролировать изменять степень когерентности. В работах [1, 2] было показано, что в качестве сверхчувствительного детектора степени когерентности акустических волн можно использовать гамма-резонансное (мёссбауэровское) излучение. Суть метода заключается в следующем. Акустические

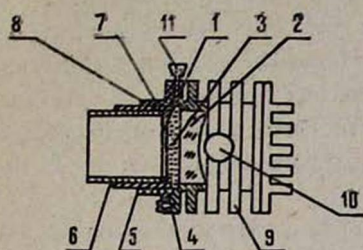


Рис. 1. Акустическая кювета: 1 — пьезопреобразователь, 2 — акустооптический кристалл, 3 — глицириновая склейка, 4 — держатель, 5 — контакт, 6 — втулка, 7 — уплотнитель, 8 — контакт, 9 — радиатор, 10 — отверстие для прохождения светового луча, 11 — воронка для заливки глицирина.

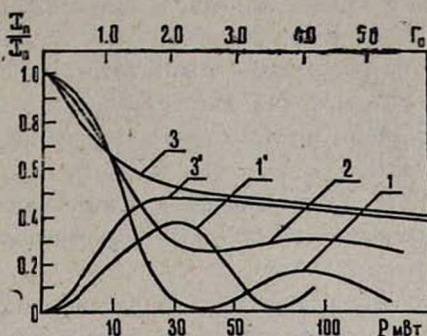


Рис. 2. Зависимости интенсивностей дифракционных порядков от степени когерентности и мощности ультразвуковой волны (кривые 1' и 3' соответствуют  $n = \pm 1$ ).

волны, проходя через среду, падают на гамма-резонансный поглотитель, в котором происходит взаимодействие гамма-резонансного излучения с ультразвуковыми фонами. Гамма-резонанс имеет исключительно узкую линию поглощения, и малейшие изменения параметров акустической волны, прошедшей через среду, приводят к изменению параметров гамма-резонансной линии поглощения, что и позволяет контролировать степень когерентности акустического поля в акустооптическом кристалле.

Проведенные нами исследования с акустооптической ячейкой, в которой вместо кристалла помещался мёссбауэровский поглотитель (нержавеющая сталь), подтвердили возможность гамма-резонансного контроля степени когерентности акустического излучения в ячейке.

На рис. 2 приведены результаты экспериментальных измерений интенсивности света в дифракционных максимумах при различных степенях когерентности акустического излучения, что контролировалось описанным выше методом. Кривые получены на основе анализа экспериментальных данных методом наименьших квадратов с помощью функций  $J_n^0(\Gamma_0)$  и  $e^{-a} I_n(a)$ , описывающих интенсивность дифрагированного света в случаях полной пространственной однородности и полной неоднородности соответственно. Здесь  $J$  — функция Бесселя первого рода,  $I$  — модифицированная функция Бесселя,  $n$  — порядок дифракции,  $a = \Gamma_0^2$ .  $\Gamma_0$  связана с акустической мощностью  $P$  следующим образом [3]

$$\Gamma_0 = \frac{\pi n^3 p}{\lambda} \sqrt{\frac{2 P l^2}{S p v^3}},$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения акустического столба,  $\rho$  — плотность среды,  $v$  — скорость распространения ультразвука в среде,  $l$  — ширина акустического столба.

Кривая 1 соответствует когерентному акустическому полю, и при  $\Gamma_0 = 2,4$  имеет место зануление интенсивности света  $J_0^2(\Gamma_0)$  в основном дифракционном максимуме, т. е. получается стопроцентная акустооптическая модуляция. Кривая 3 соответствует некогерентному акустическому полю, и при  $\Gamma_0 = 2,4$  имеет место  $\sim 50\%$  глубина модуляции оптического излучения. Кривая 2 соответствует случаю, когда акустическое поле частично когерентно. Из кривых 2 и 3 следует, что стопроцентная глубина модуляции в этом случае (зануление интенсивности света) достигается при больших  $\Gamma_0$ , т. е. при больших акустических мощностях  $P$ . На рис. 2 приведены также зависимости интенсивности света в первом дифракционном максимуме от степени когерентности акустического поля (кривые 1' и 3').

Для исследований в диапазоне нескольких сотен мГц вышеуказанная ювета непригодна и необходимо использовать твердые склейки, удовлетворяющие ряду требований. В этом случае для контроля однородности акустического поля также можно использовать гамма-резонансную спектроскопию, которая является чувствительным методом для решения такого класса задач.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показывают, что при прочих равных условиях для достижения стопроцентной глубины модуляции с использованием небольших акустических мощностей необходимо в области акустооптического взаимодействия обеспечить высокую однородность (когерентность) акустического поля.

Авторы благодарят А. Р. Мкртчяна за постановку задачи и полезные обсуждения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мкртчян А. Р. и др. Письма в ЖЭТФ, 26, 599 (1977).
2. Mkrtychyan A. R. et al. Phys. Stat. Sol. (b), 92, 23 (1979).
3. Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. Методы модуляции и сканирования света. Изд. Наука, М., 1970.

## ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՌԱԳԱՅՑՄԱՆ ՄՈԴՈՒԼՅԱՑԻԱՆ ԲՅՈՒՐՆՆԵՐՈՒՄ ԿՈՂՅԵՐԵՆՏ ԳԵՐՁԱՅՆԱՅԻՆ ԳՐԳՈՒՄՆԵՐՈՎ

1. Ա. ՔՈՉԱՐՅԱՆ, Է. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Գ. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Հետազոտված է ակուստաօպտիկական փոխազդեցության տիրույթում զերծայնային ալիքների տարածական համասեռության (կոհերենտության) ազդեցությունը օպտիկական ճառագայթման մոդուլացիայի խորության և ծախսվող ակուստիկ հզորության վրա: Ցույց է տրված, որ բյուրեղում՝ ակուստաօպտիկական փոխազդեցության տիրույթում, զերծայնի բարձր հաճախությունների և փոքր հզորությունների դեպքում մոդուլացիայի մեծ խորություն ստանալու համար ( $\sim 100\%$ ) կարևոր նշանակություն ունի «զերծայնային դիֆրակցիոն ցանցի» տարածական համասեռությունը (կոհերենտությունը): Առաջարկված է ակուստիկական կլավետի կառուցվածք ակուստիկ փոքր հզորությունների դեպքում զործնականորեն  $100\%$  մոդուլացիայի խորություն ստանալու համար:

# MODULATION OF OPTICAL RADIATION BY COHERENT ULTRASONIC EXCITATION IN CRYSTALS

L. A. KOGHARYAN, E. M. HARUTYUNYAN, G. A. HARUTYUNYAN

The influence of space homogeneity of ultrasonic waves in the region of acousto-optical interaction on the modulation depth of optical radiation and on the optical power consumption is investigated. The space-time homogeneity (coherency) of the "ultrasonic diffraction lattice" in the region of acousto-optical interaction is shown to be of great importance for achieving very deep modulation (nearly 100%) at high frequencies and low values of the power of ultrasound. A design of an acoustic cell is proposed for obtaining practically 100% deep modulation at low acoustic powers.