

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Е. М. Дианов, П. Г. Казанский, Д. Ю. Степанов, К вопросу о фотоиндуцированной ГВГ в оптических волокнах, *Квантовая электроника*, 1989, том 16, номер 5, 887–888

<https://www.mathnet.ru/qs7926>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.89

15 мая 2025 г., 01:10:14



Е. М. Дианов, П. Г. Казанский, Д. Ю. Степанов

К ВОПРОСУ О ФОТОИНДУЦИРОВАННОЙ ГВГ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ

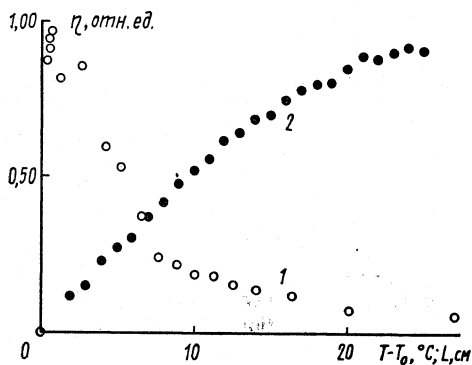
Обнаружена температурная перестройка синхронизма при фотоиндуцированной ГВГ в оптических волокнах. Предложен и реализован новый метод неразрушающего измерения зависимости эффективности ГВГ от длины волокна. Предложен когерентный фотогальванический механизм явления.

Центросимметричность аморфной структуры стекла запрещает существование в нем оптической нелинейности второго порядка. Поэтому большой интерес проявляется к исследованию эффективной ГВГ в оптическом волокне на основе плавленого кварца, появляющейся после длительного воздействия интенсивного излучения [1]. Это явление связывают с возникновением постоянной во времени пространственно-осциллирующей квадратичной оптической восприимчивости $\chi^{(2)}$ с периодом, удовлетворяющим условию фазового синхронизма между волнами накачки и второй гармоники ($2k_{\omega} - k_{2\omega} = 2\pi/\Lambda$) [2—4]. Предлагаются различные механизмы появления $\chi^{(2)}$, ни один из которых полностью не подтверждается экспериментальными результатами [5—7].

В настоящей работе впервые исследовано влияние нагрева волокна на фотоиндуцированную ГВГ и предложен новый механизм эффекта. Исследовалось волокно (диаметр 9 мкм, числовая апертура 0,12) с сердцевинной, легированной германием, и оболочкой, легированной фосфором (содержание $P_2O_5 \approx 3\%$). В режиме записи в волокно длиной 50 см вводилось одновременно излучение от YAG:Nd-лазера ($\lambda = 1,06$ мкм) с модуляцией добротности, длительностью импульса 50 нс и частотой повторения 10 Гц и затравочное излучение ($\lambda = 0,53$ мкм), получаемое после удвоителя на ниобате лития с подогревом. Мощность накачки в волокне составляла ~ 1 кВт, а мощность затравочного излучения ~ 300 Вт.

В режиме считывания в волокно вводилось только излучение накачки, а на выходе из волокна наблюдалось излучение второй гармоники, мощность которой переставала увеличиваться, т. е. выходила на насыщение приблизительно через 1 ч после начала записи. Эффективность преобразования при этом составила 0,003%. Запись проводилась при комнатной температуре; волокно нагревалось с помощью печки длиной 20 см.

Было обнаружено, что отжиг при температуре 300 °C в течение 4 ч с последующим остыванием до комнатной температуры не приводит к заметным изменениям эффективности преобразования. Однако вместе с тем было обнаружено, что происходит обратимое уменьшение эффективности ГВГ, показанное на рисунке.



Зависимости эффективности η ГВГ от температуры (1) и длины волокна (2)

Обнаруженный эффект был интерпретирован нами как отстройка фазового синхронизма за счет изменения показателей преломления с температурой:

$$P^{2\omega}(T, L_{\text{кор}}) \propto \left| \int_0^L \exp [i\Delta k(T) z] \exp [-(z/L_{\text{кор}})^2] dz \right|^2,$$

$$\text{где } \Delta k(T) = \frac{2\pi}{\lambda_{2\omega}} \left[\frac{dn^{2\omega}}{dT} \Big|_{T_0} - \frac{dn^{\omega}}{dT} \Big|_{T_0} \right] (T - T_0);$$

$\frac{dn^{2\omega}}{dT} \Big|_{T_0} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$; $\frac{dn^{\omega}}{dT} \Big|_{T_0} = 1,219 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$; T_0 — комнатная температура; $L_{\text{кор}}$ — когерентная длина [8]. Тогда из зависимости на рис. 1 легко определить когерентную длину $L_{\text{кор}} \approx 3,5 \text{ см}$.

Отметим, что обнаруженная температурная отстройка синхронизма аналогична отстройке по частоте накачки [2] и может служить дополнительным доказательством существования синхронизма при фотоиндуцированной ГВГ.

На основе обнаруженного эффекта мы предлагаем новый метод неразрушающего измерения зависимости эффективности ГВГ от длины волокна. Для снятия такой зависимости печку следует двигать вдоль волокна; при этом зависимости эффективности от смещения печки будет соответствовать зависимость эффективности от длины волокна, поскольку нагретый участок не участвует в ГВГ (из-за отсутствия синхронизма).

Результаты экспериментальной проверки данного метода показаны на рисунке. Приведенная зависимость была также использована нами для определения когерентной длины. Полученное из нее значение $L_{\text{кор}} \approx 3,8 \text{ см}$ в пределах 10 % совпадает с полученным выше, что говорит об удовлетворительной точности метода.

Мы также хотим предложить новый механизм фотоиндуцированной ГВГ, который, на наш взгляд, в значительной степени объясняет противоречивые экспериментальные результаты [5—7], накопленные к настоящему времени. Эти противоречия можно разрешить, если предположить, что в волокне возникает не слабое электростатическое поле ($\mathcal{E} \approx 1 \text{ В/см}$), а сильное ($\sim 10 \text{ кВ/см}$). Известно [9], что в средах без центра симметрии (например, в кристаллическом кварце) большие поля ($\sim 10^5 \text{ В/см}$) могут возникать за счет объемного фотогальванического эффекта ($j = \beta E_{\omega} E_{\omega}^*$, где j — плотность тока). Появление такого поля в аморфной среде можно объяснить с помощью когерентного фотогальванического эффекта ($j_k = \alpha_k E_{\omega} E_{\omega} E_{2\omega}^*$) [10]: $\mathcal{E} = j_k / \sigma$, где σ — фотопроводимость. Это поле в свою очередь приведет к появлению $\chi^{(2)}$ в соответствии с формулой $\chi^{(2)} = \chi^{(3)} \mathcal{E}$, где $\chi^{(3)} \approx 10^{-22} \text{ (м/В)}^2$.

1. U. Österberg, W. Margulis. *Optics Letts*, **11**, 516 (1986).
2. M. C. Farries, P. St. J. Russell et al. *Electron. Letts*, **23**, 322 (1987).
3. Н. Б. Баранова, Б. Я. Зельдович. *Письма в ЖЭТФ*, **45**, 562 (1987).
4. R. H. Stolen, H. W. K. Tom. *Optics Letts*, **12**, 585 (1987).
5. F. Ouellette, K. O. Hill, D. C. Johnson. *Optics Letts*, **13**, 515 (1988).
6. V. Mizrahi, U. Österberg et al. *Appl. Phys. Letts*, **53**, 557 (1988).
7. M.-V. Bergorr, M. C. Farries et al. *Optics Letts*, **13**, 592 (1988).
8. H. W. K. Tom, R. H. Stolen et al. *Optics Letts*, **13**, 512 (1988).
9. В. И. Белиничер, Б. И. Стурман. *УФН*, **130**, 415 (1980).
10. Э. М. Баскин, М. В. Энтин. *Письма в ЖЭТФ*, **48**, 554 (1988).

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в редакцию
26 января 1989 г.

E. M. Dianov, P. G. Kazanskii, D. Yu. Stepanov. **On the Problem of Photoinduced Second-Harmonic Generation in Optical Fibers.**

Temperature tuning of phase matching has been found under photoinduced second-harmonic generation in optical fibers. A new method has been suggested and implemented for nondestructive measurements of the second-harmonic generation efficiency as a function of the fiber length. A coherent photovoltaic mechanism of the phenomenon is suggested.