

МЕТОД ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ЗАПИСИ ВОЛНОВОДОВ

Д. Н. Москалев, Р. С. Пономарев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Оптическими волноводами называют устройства, которые способны проводить свет в заданном направлении с минимальными потерями. Принцип работы волновода основан на явлении полного внутреннего отражения. Когда свет проходит через среду с показателем преломления большим, чем у ее окружения, то можно добиться многократного отражения света от границы раздела, вследствие чего свет будет распространяться по волноводу, проходя зигзагообразный путь [1]. В настоящее время существует несколько методик создания волноводов, мы рассмотрим протонный обмен, диффузию титана, бомбардировку ионными пучками и запись волноводов с помощью импульсного фемтосекундного лазера [1, 2].

Рассмотрим фемтосекундную запись волноводов. Данная методика позволяет получать погруженные в глубину кристалла волноводные структуры в полупроводниках и диэлектриках [5]. Основным инструментом, необходимым для создания волноводов, является импульсный фемтосекундный лазер, который дает широкий спектр возможностей придавать необходимые характеристики проводящим структурам, в зависимости от выбранного излучения, величины энергии и механизмов, которые участвуют в процессе изменения показателя преломления. В зависимости от количества переносимой энергии ультракороткими лазерными импульсами, а также от характеристик используемого излучения, происходит либо генерация точечных дефектов, либо образование уплотнений вещества, либо появление электронно-дырочной плазмы, являющейся связанным состоянием электрона и дырки. Во время возникновения фемтосекундных импульсов плотно сосредоточенных в объеме, который подвергается облучению, будет происходить нелинейное поглощение энергии ультракоротких лазерных импульсов, связанное с нелинейными механизмами многофотонной, туннельной и лавинной фотоионизации или их сочетания, что приведет к изменению структуры кристаллической решетки, обуславливая изменение показателя преломления [3]. В случае когда образец облучается высокоэнергетическими лазерными импульсами, происходит сильное искажение кристаллической решетки, что, в свою очередь, является причиной снижения коэффициента оптической нелинейности. Когда используются низкоэнергетические импульсы, кристаллическая решетка в основном сохраняется и изменение показателя преломления может быть обусловлено небольшими искажениями решетки и изменениями плотности облученного вещества [4]. Вследствие того, что используются ультракороткое лазерное излучение, в кристалле не возникают

механические и оптические повреждения. К преимуществам данного метода можно отнести:

1. Легкость одностадийного процесса.
2. Отсутствие чувствительности параметров волновода к качеству поверхности.
3. Поддержка любого состояния поляризации.
4. Высокая симметрия поддерживаемой моды излучения.

Несмотря на эти преимущества, которыми обладает данный метод, есть вопросы, которые остаются открытыми. В частности это устойчивость волновода, как при комнатной температуре, так и после проведения термической обработки. Что касается устойчивости волновода, то она может составлять период более четырех месяцев. Нагревание волноводов в течение нескольких часов до более чем 150°C приводит к снижению удерживающей способности волновода, с последующим увеличением эффективного сечения проводящей области. Однако, волноводы, записанные с помощью высокоэнергетических импульсов, не разрушаются после термической обработки [5].

Список литературы

1. *Блистанов А. А.* Кристаллы квантовой и нелинейной оптики: учебное пособие для вузов. М.: МИСИС, 2000. 432 с.
2. *Chen F.* Photonic guiding structures in lithium niobate crystals produced by energetic ions beam // *Journal of Applied Physics*. 2009. V. 106, No 8. 081101.
3. *Заярный Д. А., Ионин А. А., Кудряшов С. И.* Нелинейные механизмы поглощения при фемтосекундной лазерной абляции поверхности силикатного стекла // *Письма в ЖЭТФ*. 2016. Т. 103. С. 350-354.
4. *Thomson R. R., Campbell S., Blewett I. J., Kar A. K., Reid D. T.* Optical waveguide fabrication in z-cut lithium niobate (LiNbO₃) using femtosecond pulses in the low repetition rate regime // *Applied Physics Letters*. 2006. Vol. 88 (11). 111109.
5. *Osellame R., Lobino M., Chiodo N., et al.* Femtosecond laser writing of waveguides in periodically poled lithium niobate preserving the nonlinear coefficient // *Applied Physics Letters*. 2007. Vol. 90 (24). 241107.