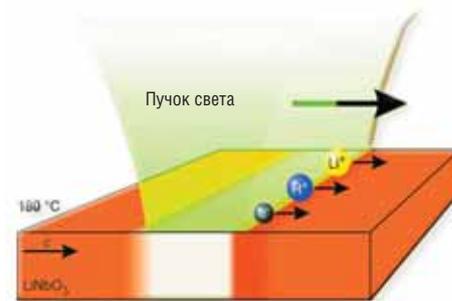


Оптическая чистка ниобата лития

Учеными Института автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск) и Боннского университета (Германия) предложена и реализована новая технология устранения эффекта оптического повреждения для кристаллов ниобата лития – метод оптической чистки



Используя параллель с полупроводниковыми материалами, кристаллы ниобата лития (LiNbO_3) часто называют силиконом фотоники. Они незаменимы и перспективны во многих областях современной оптики – для преобразования частоты света, модуляции лазерного излучения, создания устройств оптической памяти и функциональных микрорезонаторов. Причина тому – уникальное сочетание присущих им важных свойств: простота выращивания, их дешевизна, надежность, прозрачность в широком диапазоне спектра, высокие нелинейно-оптические коэффициенты и т. п. Исследованию свойств ниобата лития посвящены тысячи работ, и их число продолжает быстро расти.

Основное препятствие при использовании ниобата лития во многих оптических устройствах – эффект оптического повреждения (разрушение светового пучка), известный еще с конца 60-х г. прошлого века. Природа этого паразитного эффекта заключается в том, что под действием света небольшое количество фотоактивных электронов перемещается в направлении оси симметрии кристалла, приводя к возникновению сильных электрических полей и связанных с ними изменений показателя преломления. Возможности подавления оптического повреждения широко исследуются учеными в течение последних 10–15 лет. Наилучшим решением сегодня считается введение в кристаллы ниобата примесей магния, однако этот способ дорог и неудобен.

Предложена и реализована новая технология устранения эффекта оптического повреждения – метод оптической чистки. Кристалл нагревается до температуры 170–190 °С, после чего освещается достаточно интенсивным световым пучком.

В основе метода лежит тот же фотогальванический эффект, который прежде выступал в качестве вредного, создавая оптическое повреждение. Теперь он используется как полезный: в засвеченной области фотоактивные электроны движутся вдоль оси кристалла, скапливаясь на периферии области. Если бы перемещались одни электроны, то в месте их скопления возник бы электрический заряд, препятствующий дальнейшему их накоплению. Чтобы этого избежать, необходимо, чтобы вслед за электронами двигались положительно заряженные частицы, которые есть в кристалле – это ионы водорода (протоны) и ионы лития. Их количество

Световой пучок возбуждает фотоактивные электроны и переводит их в зону проводимости. За счет фотогальванического эффекта эти электроны перемещаются вдоль полярной оси С. В результате движения вслед за ними термоактивированных ионов облученная светом зона освобождается от фотоактивных электронов

на несколько порядков превышает число фотоактивных электронов, однако не в той степени, чтобы повлиять на свойства кристалла.

Нагрев кристалла нужен как раз для того, чтобы ионы приобрели достаточно высокую подвижность и успевали перемещаться вслед за электронами. При этом сам кристалл в каждой точке остается электро-нейтральным.

Таким образом, в описанных условиях засвеченная область со временем полностью освобождается от фотоактивных электронов. При медленном перемещении светового пучка в направлении движения последних происходит очистка от них всего кристалла, в результате чего источник оптического повреждения устраняется сам по себе. После охлаждения кристалла перемещенные электроны уже не могут вернуться в очищенную область, так как оказываются привязанными к замороженным ионам. В результате чистки наблюдается сильное (более чем в тысячу раз) подавление оптического повреждения.

Как показал эксперимент, на процесс «оптической чистки» пока требуется много часов, что предполагает дальнейшие усилия по его оптимизации.

Эффект «оптической чистки» интересен и как фундаментальный результат. Процесс локального уменьшения посредством воздействия света концентрации фотоактивных электронов в тысячи или десятки тысяч раз не имеет аналогов и ведет к сильному изменению свойств материала. Предполагается, что подобный эффект должен наблюдаться при работе с другими оптическими материалами, сходными по симметрии с ниобатом лития.

M. Kösters, B. Sturman, P. Werheit, D. Haertle, and K. Buse, Optical cleaning of congruent lithium niobate crystals // Nature Photonics, 2009, v. 3. P. 510 – 513.

B. Sturman, M. Kösters, D. Haertle, C. Becher, and K. Buse, Phys.Rev.B, v.80, 2009, 245319

Ключевые слова: оптическое повреждение.
Key words: optical damage

Д. ф.-м.н. Б.И. Стурман, чл.-корр. А.М. Шалагин, Институт автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск)