

САМОСИНХРОНИЗАЦИЯ МОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ МОДУЛЯТОРА ЗЕРКАЛА, ИСПЫТЫВАЮЩЕГО ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД МЕТАЛЛ – ПОЛУПРОВОДНИК

А.А.Бугаев, Б.П.Захарченя, Ф.А.Чудновский

Сообщается о получении режима самосинхронизации мод при использовании явления фазового перехода металл – полупроводник в окисной пленке ванадия. Приводятся времена инициирования и релаксации фазового перехода в окисной пленке при возбуждении его коротким лазерным импульсом.

Для получения режима самосинхронизации мод в лазерах в качестве временного модулятора используются быстро просветляющиеся среды [1]. В основном это жидкие растворы насыщающихся красителей. Вместе с тем имеются эксперименты по осуществлению режима принудительной синхронизации мод с помощью твердого тела [2].

В настоящем сообщении описывается режим самосинхронизации мод импульсного неодимового лазера, полученный нами при использовании в качестве модулятора зеркала из твердотельной пленки, состоящей из окислов ванадия, которые испытывают фазовый переход металл — полупроводник (ФМП) при облучении их импульсом света.

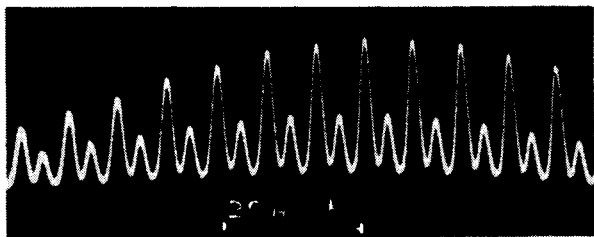
Напомним, что ФМП — явление, присущее широкому классу соединений редкоземельных и переходных металлов, которое проявляется в резком и обратимом изменении характера и величины электропроводности вещества при температуре фазового перехода (ФП) [3]. Наряду с изменением электропроводности при ФП значительно изменяются и оптические константы вещества, что позволяет использовать соединения с хорошо выраженным ФМП для целей пространственно-временной модуляции излучения [3]. В настоящее время основным объектом для такого применения являются пленочные структуры на основе двуокиси ванадия, представленные в двух вариантах: пленка стехиометричной двуокиси ванадия [4] и многофазная окисная пленка ванадия, расположенная на зеркальном отражающем покрытии [5]. Коэффициент отражения окисной пленки при ФП, стимулированный лазерным импульсом, может изменяться в пределах от 20 до 80% (для $\lambda = 1,06$ мкм). Таким образом, при плотностях интенсивности излучения, превышающих пороговое значение (в адиабатическом режиме $\sim 10^4$ Вт/см²), взаимодействие излучения с окисной пленкой имеет нелинейный характер.

В нашем эксперименте окисная пленка ванадия [3, 5], нанесенная на зеркально отражающую поверхность, выполняла роль одного из зеркал резонатора импульсного неодимового лазера. Коэффициент отражения такого зеркала под воздействием излучения изменялся от 35 до 75%. Коэффициент отражения второго зеркала резонатора был равен 40%. Длина резонатора $d = 250$ см. Активный элемент был выполнен из стекла ГЛС-1. Селекция поперечных типов колебаний производилась диафрагмой с диаметром отверстия 2 мм. При достижении пороговых значений энергии накачки (~ 300 Дж) была получена генерация, временной ход которой регистрировался ФЭК-15КМ и осциллографом С7-15. Осциллограмма импульса излучения приведена на рисунке. Как видно из этого рисунка, излучение генератора представляет собой регулярную последовательность импульсов. Длительность каждого импульса $\sim 3 \cdot 10^{-9}$ сек, а интервал между импульсами $\sim 1,5 \cdot 10^{-8}$ сек. Общая длительность цуга импульсов $\sim 3 \cdot 10^{-7}$ сек, энергия цуга ~ 10 мДж.

Интерференционный характер процесса генерации и соответствие периода между импульсами аксиальному интервалу $2d/c$ убеждает в том, что наблюдаемый режим генерации является режимом самосинхронизации мод [1]. Большая длительность импульса ($3 \cdot 10^{-9}$ сек) объясняется малым числом синхронизированных мод, что обусловлено сильной конкуренцией мод данного конкретного резонатора. Это же обстоятельство может быть причиной появления промежуточной структуры в периодической последовательности импульсов.

Итак, мы осуществили самосинхронизацию мод лазера при использовании в качестве одного из зеркал резонатора зеркала с нелинейным отражением, которое обусловлено ФП в окисной пленке ванадия. Результаты эксперимента позволяют сделать предварительные заключения о

времени инициирования ФП $\tau_{и}$ лазерным излучением и времени релаксации ФП $\tau_{р}$ в использовавшейся нами многофазной окисной пленке ванадия. Значения $\tau_{и}$ и $\tau_{р}$ можно получить из анализа временного хода генерации (см. рисунок). Видно, что в течение $\sim 3 \cdot 10^{-7}$ сек ФП осуществляется с частотой 10^8 Гц. Следуя представлениям работы [6], в которой процесс самосинхронизации мод рассматривался как процесс выделения наиболее сильных флуктуаций из общего квазипериодичного распределения поля в резонаторе путем нелинейного взаимодействия, необходимо предположить, исходя из длительности сфазированного импульса $\sim 10^{-9}$ сек, что $\tau_{и} \sim 10^{-10}$ сек, а $\tau_{р} < 10^{-9}$ сек.



Временной ход генерации при использовании зеркала с нелинейным отражением

Следует заметить, что кинетика ФП в окислах ванадия при возбуждении ФП лазерным излучением к настоящему моменту времени изучена крайне недостаточно. В работе [7] для двуокиси ванадия было получено время инициирования $\tau_{и} < 10^{-9}$ сек, а в работах [3, 7, 8] времена релаксации составляли $\tau_{р} \sim 10^{-6}$ сек. Частота включения ФП при этом не превышала 10^4 Гц.

В настоящей работе получены меньшие времена, указывающие, по видимому на то, что кинетика ФПМП при инициировании его коротким лазерным импульсом обусловлена не только кинетикой изменения температуры окисной пленки ванадия. Отметим также, что максимальная скорость перестройки решетки при ФП определяется скоростью звука в окисной пленке, толщина которой обычно $\leq 0,1$ мкм. Следовательно, $\tau_{и}$ и $\tau_{р}$ составляют величины порядка 10^{-10} сек, что находится в диапазоне значений, полученных в описанном выше эксперименте.

Авторы выражают признательность А.В.Клочкову за помощь в проведении экспериментов.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
13 апреля 1981 г.

Литература

- [1] Сверхкороткие световые импульсы. Под ред. С. Шапиро, М., изд. Мир, 1981.
- [2] Т.Т.Басиев, Н.С.Воробьев, С.Б.Миров, В.В.Осико, П.П.Пашинин, В.Е.Постовалов, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 31, 316, 1980.

- [3] А.А.Бугаев, Б.П.Захарченя, Ф.А.Чудновский. Фазовый переход металлов — полупроводник и его применение. Л., изд. Наука, 1979.
- [4] H.W.Verluer, A.S.Barker Jr., C.N.Berglund. Phys. Rev. 172, 788, 1968.
- [5] А.А.Бугаев, Б.П.Захарченя, Ф.А.Чудновский. Квантовая электроника, 6, 1459, 1979.
- [6] Б.Я.Зельдович, Т.И.Кузнецова. УФН, 106, 47, 1972.
- [7] R.M.Walser, M.F.Becker. Symposium of Laser-Solid Interaction and Laser processing. Boston, M.A.USA, Nov. 1978.
- [8] W.R.Roach, I.Balberg. Sol. St. Comm., 9, 551, 1971.
-