

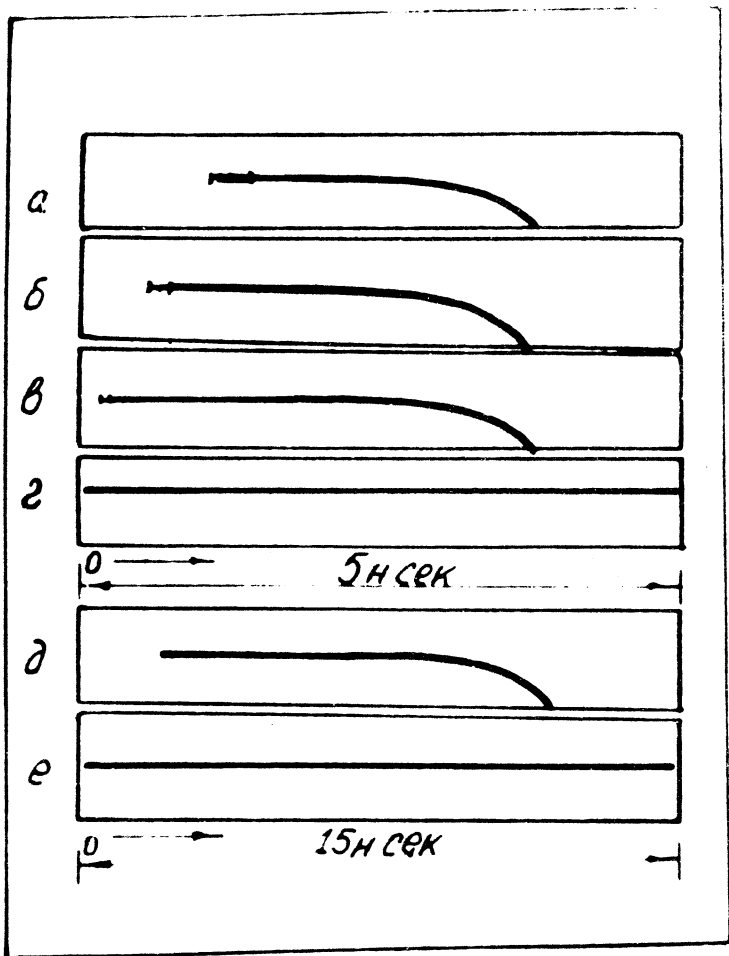
ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНЫХ ИНЖЕКЦИОННЫХ ЛАЗЕРОВ

Л. Н. Курбатов, А. А. Киселев,
В. В. Никитин, А. И. Шарин

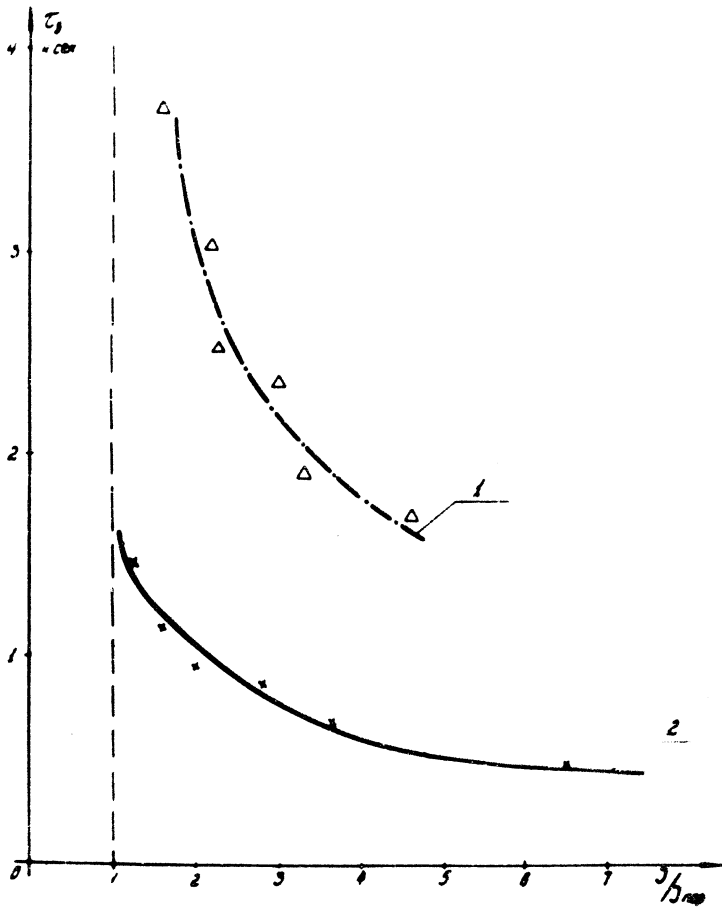
В последнее время появился ряд работ, в которых сообщается о сужении диаграммы направленности излучения путем создания многослойных лазерных структур типа $p-n-p-n-p$ /1,2/. В настоящей работе приводятся экспериментальные результаты исследования времен задержек многослойных лазерных структур относительно тока инжекции. Исходные образцы многослойных структур, из которых изготовлялись лазерные кристаллы, были получены следующим образом. На подложку GaAs n -типа, ориентированную по плоскости [100] методом газовой эпитаксии, наносился слой n -типа толщиной 10 мк. Затем по очереди наносились слои, легированные цинком и оловом, последний слой p -типа выращивался толщиной ~ 10 мк. Концентрации дырок в слоях p -типа и электронов в слоях n -типа были $5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ соответственно. Толщина каждого внутреннего слоя была ~ 1 мк. В целом система представляла многослойную структуру из пяти переходов типа $n-p-n-p-n$, из которой приготавливались образцы лазерных диодов. Образцы диодов помещались в коаксиальную конструкцию кристаллодержателя, размещенного на хладопроводе. Температура хладопровода была равна $\sim 80^\circ\text{K}$. Питание лазера осуществлялось импульсами тока длительностью 60 нсек с фронтами ~ 1 нсек. Исследование времен задержки когерентного излучения относительно тока инжекции проводилось

с помощью электронно-оптического преобразователя с временной разверткой; максимальное временное разрешение было $\sim 10^{-11}$ сек. Методика измерения времен задержек когерентного излучения относительно тока инжекции сводилась к следующему. Одновременно с током инжекции синхронно и синфазно подавались по калиброванному кабелю импульсы напряжения к пластинам ЭОП, отклоняющие изображение в вертикальном направлении относительно временной развертки. Точка начала вертикального отклонения развертки служила контрольной отметкой задержки. Длина кабеля калибровки выбиралась таким образом, чтобы контрольная отметка задержки на развертке появлялась позже самой длинной задержки излучения относительно токов. Такая методика позволяет непосредственно определять по хронограммам задержку излучения лазера относительно тока накачки.

На рис. 1 представлены типичные хронограммы, снятые с экрана ЭОП. Как видно из рисунка, излучение многослойного лазера имеет две характерные области. На начальном участке хронограммы (рис. 1а) длительностью $\sim 0,28$ нсек наблюдается слабая интенсивность излучения лазера; вторая область более интенсивна и равномерна на протяжении всей длительности развертки. Наличие двух областей интенсивности излучения, отмеченных на хронограмме, объясняется тем, что порог генерации р-п-переходов, включенных в прямом направлении, имеет величину в несколько раз ниже, чем у переходов, включенных в обратном направлении. Таким образом участок пониженной интенсивности на хронограмме связан со временем включения переходов с более низким порогом генерации. С увеличением тока инжекции область слабого свечения сокращается и при токе, соответствующем порогу генерации р-п-перехода, включенного в обратном направлении, этот участок исчезает. Для сравнения (на рис. 1д) приведена хронограмма для диффузионного лазера.



Р и с. 1. Хронограммы развития генерации, снятые с экрана ЭОП. а), б), в) – превышения над порогом $J/J_{\text{пор}} = 1,6; 2,3; 3$; г) калибровка развертки; д) хронограмма диффузионного диода.



Р и с. 2. Зависимость задержки излучения от тока инжекции. 1. Пятислойная структура. 2. Диффузионный лазер.

На рис. 2 представлены графики зависимости задержки от превышения тока инжекции над порогом генерации (кривая 1). Из рисунка следует, что время задержки когерентного излучения относительно тока инжекции многослойной структуры вблизи порога составляет $3,5 + 4$ нсек. При увеличении тока инжекции в 4–5 раз выше порога задержка уменьшается до значений $\sim 1,5$ нсек. Из сравнения графиков 1 и 2 следует, что многослойные структуры лазеров имеют незначительное увеличение задержки по сравнению с диффузионными диодами (кривая 2) и могут быть успешно использованы в качестве быстродействующих излучателей когерентного света.

Авторы выражают благодарность В. И. Молочеву за приготовление образцов.

Поступила в редакцию
28 мая 1971 г.

Л и т е р а т у р а

1. W. F. Kovonosky, R. N. Cornely, I. J. Hegyi. IEEE J. Quantum Electronics, QE-4, 176 (1968).
2. Ю. П. Демидов, М. Н. Заргарьянц, А. А. Киселев, С. И. Колоненкова. Письма в ЖЭТФ, 12, 169 (1970).