

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯ ДИОДНОЙ НАКАЧКИ

*В. Х. Багдасаров, В. В. Букин, С. В. Гарнов, Т. В. Долматов, Н. А. Кудашева,
Б. Д. Овчаренко, В. Б. Цветков*

Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН

В данной статье речь пойдет об измерении коэффициента усиления на разрабатываемых квантронах, а именно: разработка и проверка методики измерения коэффициента усиления во времени и его распределения по сечению активного элемента. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

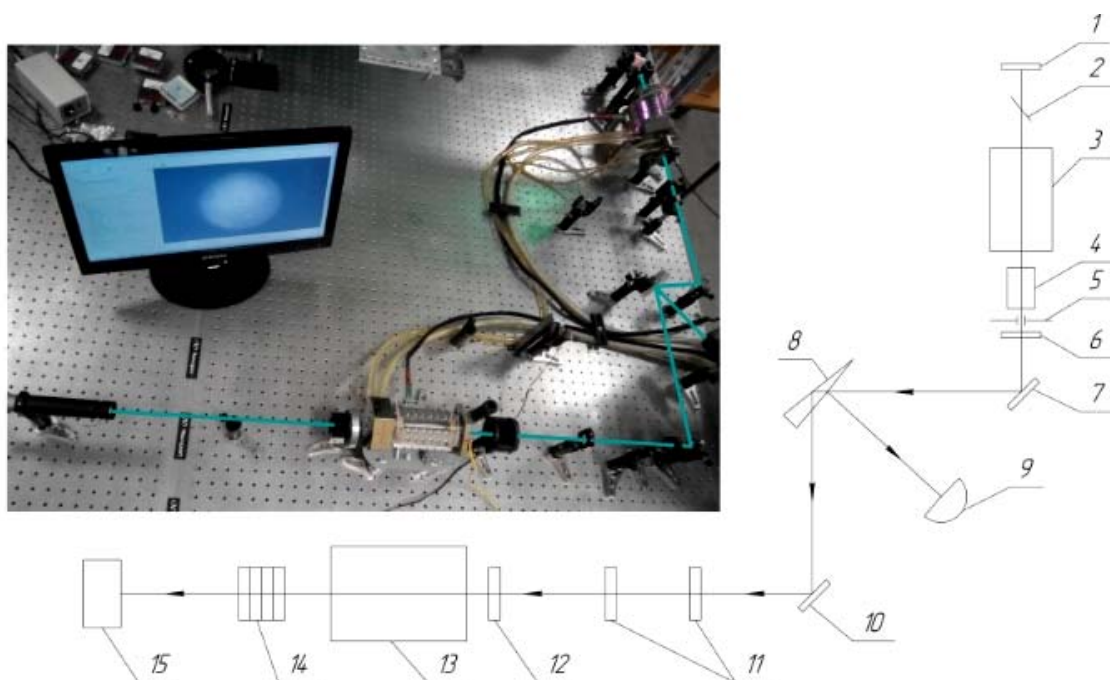


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Экспериментальный стенд по измерению коэффициента усиления состоял из задающего генератора (с поз. 1 по поз. 6), самого усилителя (поз. 13) и регистрирующих элементов – камера/фотодиод/калориметр (поз. 15). Задающий генератор состоял из глухого зеркала (поз. 1), стеклянной пластины (поз. 2) под углом Брюстера, квантрона (поз. 3) с диодной накачкой, акустооптики (поз. 4) для уменьшения длительности выходного импульса, диафрагмы (поз. 5) и выходного полупрозрачного зеркала R20 % (поз. 6). Далее импульс ослаблялся клиновым зеркалом (поз. 8), разделялся на два пучка, один из которых шёл на фотодиод (поз. 9) для контроля выходного импульса сразу после задающего генератора; другой пучок попадал в телескоп (поз. 11), где расширялся до $\sim \varnothing 5$ мм, ослаблялся фильтром (поз. 12) и заходил в квантрон-усилитель (поз. 13) с диодной накачкой. После этого, уже усиленный импульс направлялся на регистрирующий элемент (поз. 15), предварительно ослабляясь набором фильтров (поз. 14).

В качестве элемента накачки задающего генератора и усилителя использовались одинаковые твердотельные квантроны с диодной накачкой и активным элементом $\varnothing 5 \times 100$ мм из алюмоиттриевого граната, легированного неодимом Nd:YAG (концентрация неодима 1 %). Общий вид квантрона представлен на рис. 2.

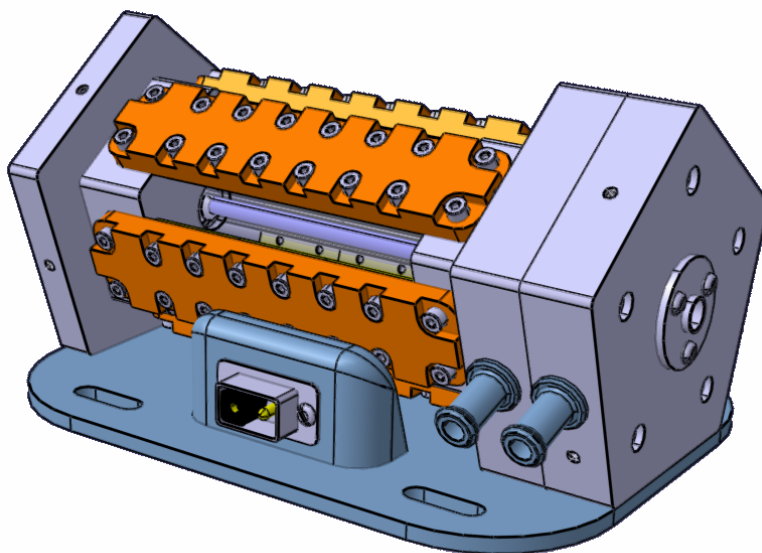


Рис. 2. Квантрон (общий вид)

Эксперимент проводился со следующими входными и выходными параметрами:

- длина волны накачки квантронов – 808 нм;
- длительность импульса накачки – 250 мкс;
- длина волны выходного излучения – 1064 нм;
- длительность импульса на полувысоте задающего генератора – 20 нс;
- выходная энергия импульса задающего генератора – 50 мкДж;
- температура охлаждения всей системы – 25 °С.

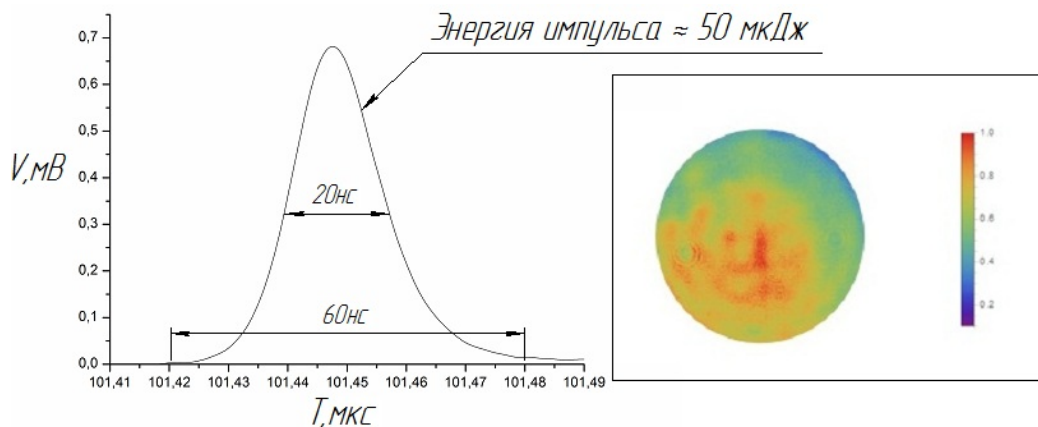


Рис. 3. Выходной импульс задающего генератора

Неоднородность распределения излучения (~40 %) по сечению активного элемента от задающего генератора может быть связана с неточной юстировкой используемых оптических элементов, с их оптическими и тепловыми дефектами и с использованием ослабляющих фильтров, которые искажают пучок.

Зависимости коэффициентов усиления во времени по всему фронту и в оптимальной точке импульса накачки при изменении тока накачки представлены на рисунках 4 и 5, соответственно. В качестве регистрирующего элемента на поз. 15 использовался фотодиод. Было получено предельное значение тока накачки (26А), при котором не происходило каких-либо генераций или самовозбуждений квантрона, которые мешали бы оцениванию коэффициента усиления при этих накачках.

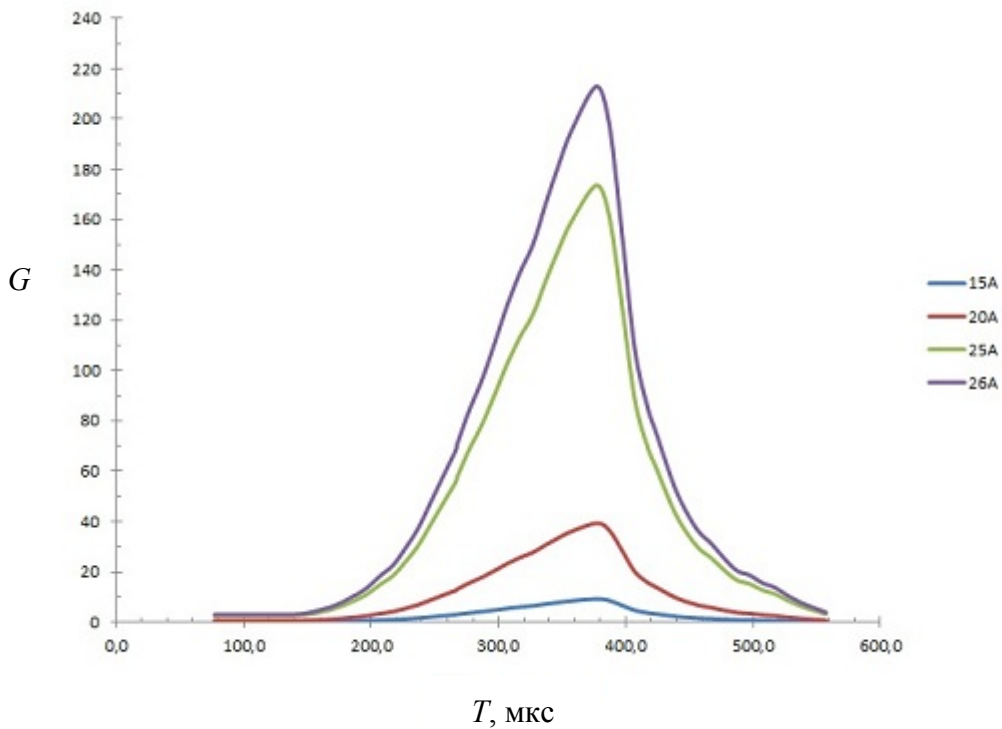


Рис. 4. Зависимость коэффициентов усиления от времени по всему фронту импульса накачки при изменении тока накачки

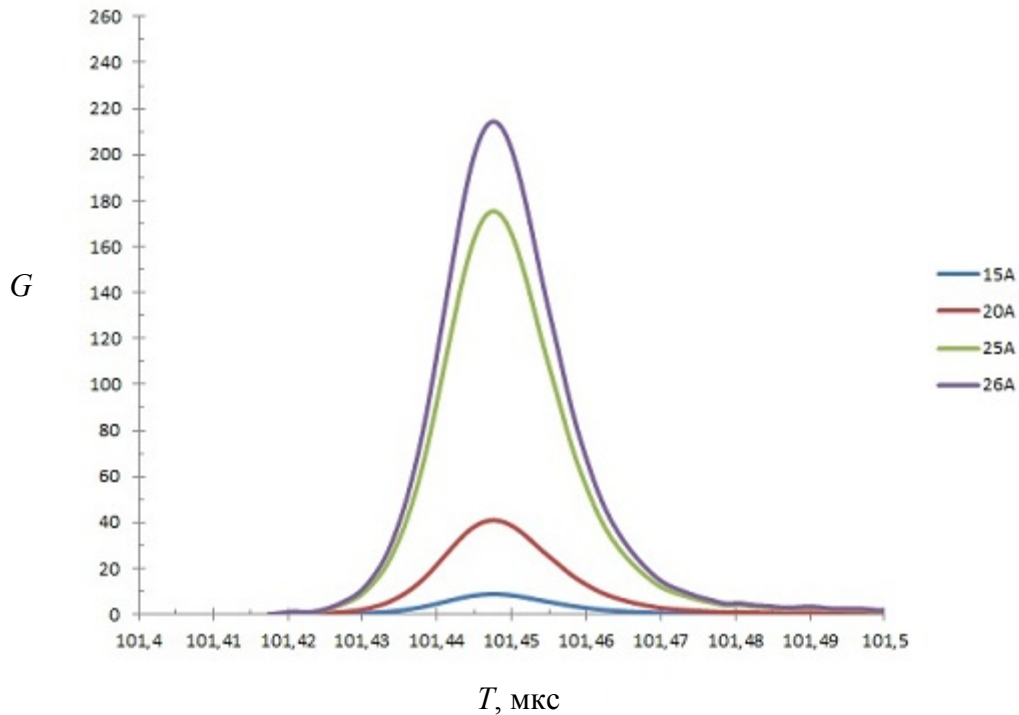
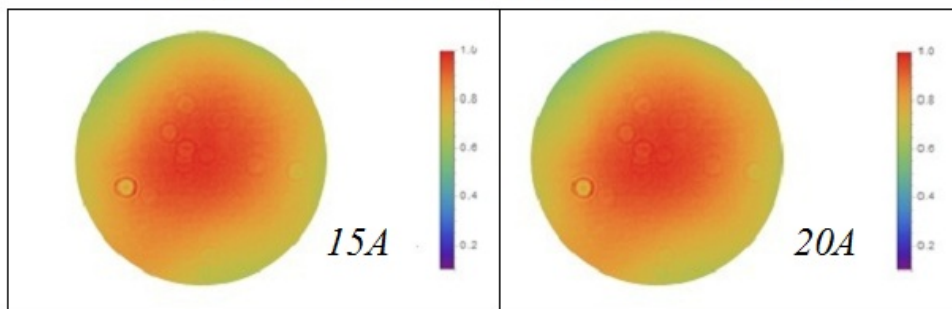


Рис. 5. Зависимость коэффициентов усиления от времени в оптимальной точке (на переднем фронте) импульса накачки при изменении тока накачки

Распределение люминесценции усилителя



Распределение коэффициента усиления по сечению АЭ

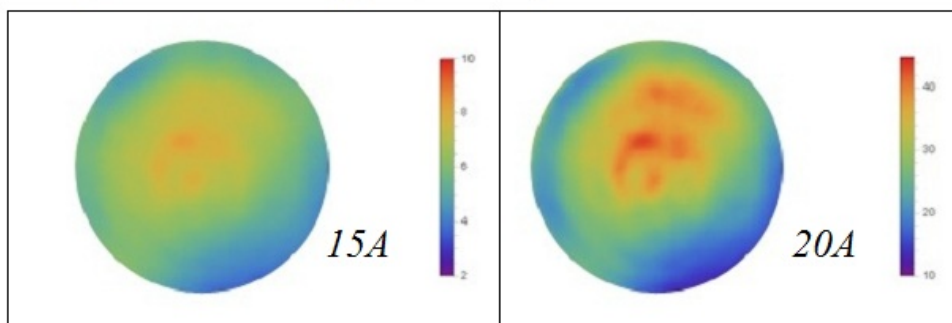
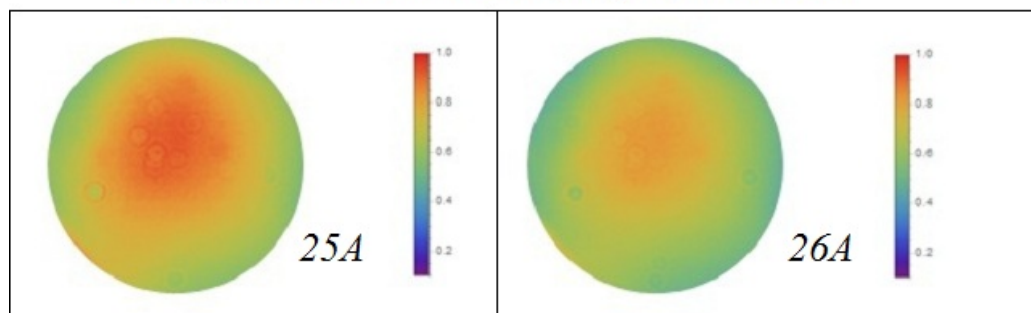


Рис. 6. Распределение люминесценции усилителя и коэффициента усиления в зависимости от тока накачки (от 15А до 20А) при частоте 5 Гц и охлаждении 25 °С

Распределение люминесценции усилителя



Распределение коэффициента усиления по сечению АЭ

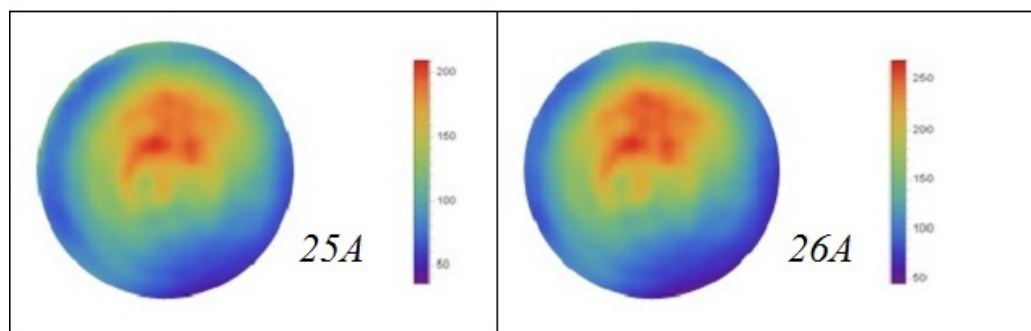


Рис. 7. Распределение люминесценции усилителя и коэффициента усиления в зависимости от тока накачки (от 25А до 26А) при частоте 5 Гц и охлаждении 25 °С

Для получения картинок, которые изображены на рис. 6 и 7 была использована камера в качестве регистрирующего элемента на поз. 15. С помощью камеры поочередно записывались картинки люминесценции и усиления в значениях интенсивности. Для того чтобы получить шкалу коэффициента усиления в абсолютных единицах, полученный материал обрабатывался в среде Wolfram Mathematica по формуле:

$$\text{Усиление}_{\text{абс. ед.}_i} = \frac{\text{Усиление}_{\text{intensity}_i} - \text{Люминисценция}_i}{\text{Входное излучение}},$$

где i – значение тока накачки.

Неоднородность распределения люминесценции усилителя составляет ~20 %, что объясняется использованием неоптимального отражателя внутри квантрона; перекосом излучающих элементов по току, напряжению или длине волны или же нестабильностью работы на малых токах, т. к. максимальная накачка в 26А, которая используется в эксперименте – это только 55 % возможного от максимальной накачки.

Неоднородность распределения коэффициента усиления по сечению активного элемента составляет ~40 %. Это объясняется неточной юстировкой, оптическими и тепловыми дефектами используемых оптических и активных элементов, нестабильностью работы на малых токах накачки и ряда других причин.

Таким образом, в первом приближении разработаны и проверены две взаимодополняющие методики измерения коэффициента усиления, которые позволяют судить одновременно о распределении коэффициента усиления во времени и по сечению активного элемента.

Список литературы

1. Глухих И. В., Димаков С. А., Курунов Р. Ф., Поликарпов С. С., Фролов С. В. Мощные твердотельные лазеры на Nd:YAG с поперечной диодной накачкой и улучшенным качеством излучения // ЖТФ. 2011. Т. 81. № 8.
2. Гречин С. Г., Николаев П. П. Квантроны твердотельных лазеров с поперечной полупроводниковой накачкой // Квантовая электроника. 2009. Т. 39. № 1.