

Наносекундный модулятор электронной пушки

Э.А. Купер, В.К. Овчар, С.В. Тарарышкин, А.А. Шейнгейзхт
Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера, Новосибирск, Россия

Для формирования электронного пучка с малым эмиттансом, необходимым для генерирования лазера на свободных электронах [1] разработан наносекундный модулятор электронной пушки. Блок-схема модулятора электронной пушки представлена на рис. 1.

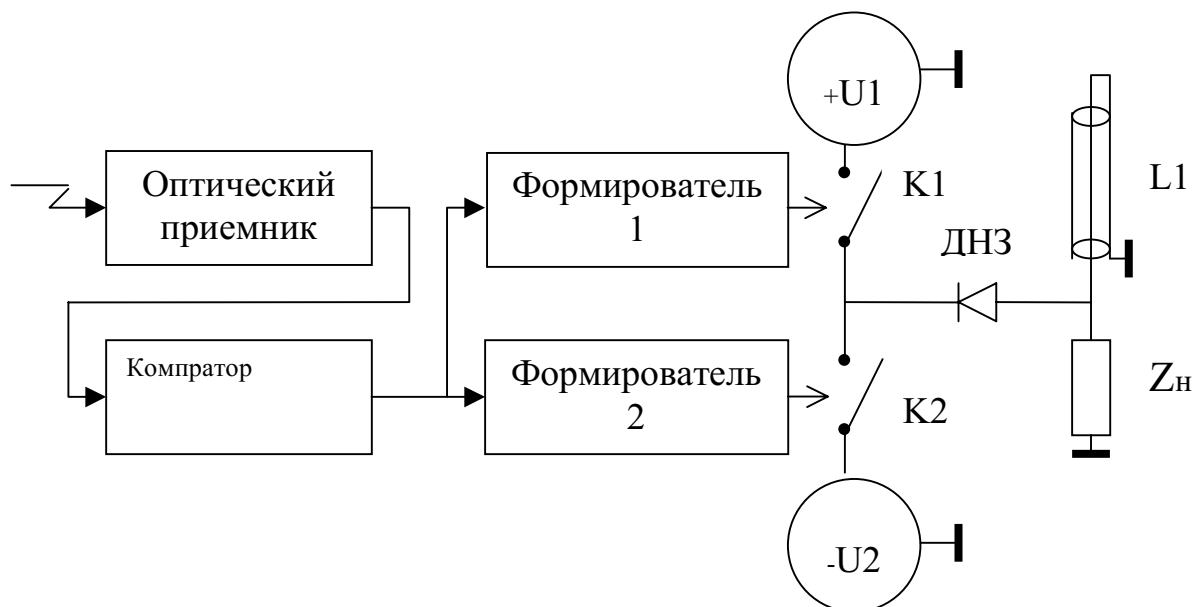


Рис. 1.

Модулятор состоит из оптического приёмника, двух формирователей, двух высокочастотных силовых ключей (K1 и K2), диода с накоплением заряда ДНЗ и накопительной линии L1. Запуск модулятора происходит по переднему фронту импульса из волоконно-оптического кабеля длительностью 10 нс. Оптический приёмник состоит из микросхемы HFBR2524 и ТТЛ компаратора AD9696. Передний фронт ТТЛ сигнала с выхода компаратора запускает два последовательно включённых импульсных формирователя выполненных на микросхеме 1554ТМ2. Первым импульсом открывается токовый ключ K1 с током 4 А, который обеспечивает накопление заряда в ДНЗ. После выключения токового ключа K1 открывается ключ K2. При этом происходит переполюсовка тока и накопление энергии в накопительной линии L1. После рассасывания неосновных зарядов в ДНЗ происходит резкое восстановление сопротивления ДНЗ, и накопленная энергия в линии L1 передаётся в нагрузку (катод). Длительность импульса определяется длиной линии L1, а амплитуда импульса определяется амплитудой накопленного тока в линии L1. Для увеличения накопленного тока величина напряжения питания ключей K1 и K2 выбрана несимметричной. Потребляемая мощность около 50 Вт при максимальной рабочей частоте 22.5 МГц. Импульсы с выхода модулятора на нагрузке 50 Ом представлены на рис. 2 и 3.

Модулятор расположен внутри бака пушки в среде изолирующего газа SF6 под потенциалом 300 кВ. Импульсы запуска модулятора формируются в блоке таймера с жёсткой привязкой к фазе ВЧ напряжения (180 МГц) на резонаторах. По коаксиальному кабелю импульсы запуска поступают на металло-стеклянный, вакуумно-плотный разъем на фланце пушки, затем на оптический конвертор расположенный внутри бака пушки и через волоконно-оптический кабель на модулятор. Силовое питание на модуль источников питания поступает от силового инвертора с частотой 20 кГц через высоковольтный изолирующий трансформатор с газовой изоляцией. Контрольно-измерительный блок регулирует источники питания катодно-сеточного узла, измеряет напряжение всех источников питания, потребляемые токи, амплитуду импульсов модулятора и температуру радиатора модулятора. Дуплексное управление контрольно-измерительного блока осуществляется через волоконно-оптические кабели.

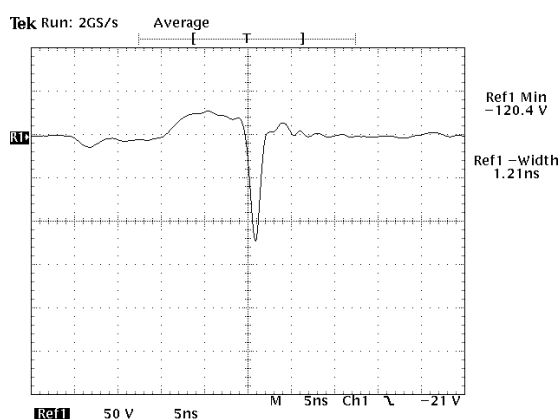


Рис. 2.

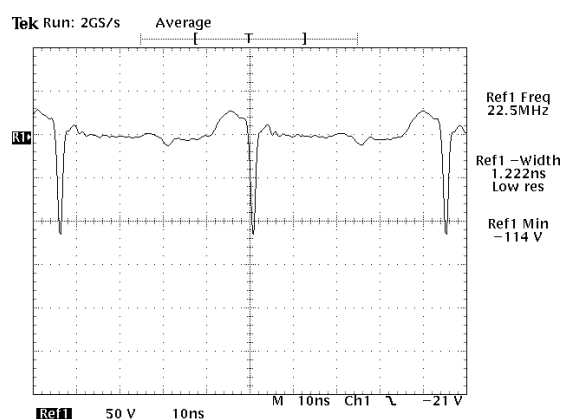


Рис. 3.

Измеренный «джиттер» выходных импульсов модулятора меньше 50 пс, но при прогреве схем и при увеличении частоты повторения выше 5 МГц происходит изменение времени задержки выходного импульса от входного сигнала запуска. Для устранения этого эффекта используется блок автоматической регулируемой задержки запуска модулятора. С помощью этого блока измеряется временное положение электронного пучка относительно фазы ускоряющего ВЧ-напряжения. При необходимости система автоматически изменяет задержку запуска модулятора.

Модулятор надежно работает при высоковольтных пробоях в системе. Внешний вид модулятора и катодно-сеточного узла представлен на рис. 4.

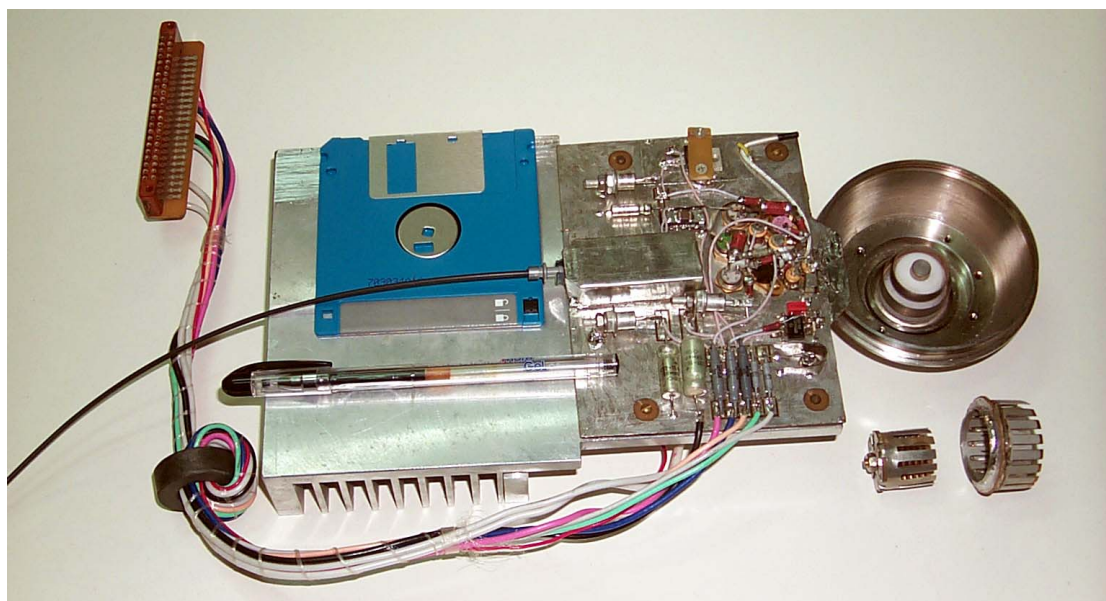


Рис. 4.

Литература

- [1] B.A. Baklakov, A.M. Batrakov, V.P. Bolotin et al. Status of the free electron laser for the Siberian center for photochemical research. Digest report of the XIII Russian synchrotron radiation conference, July 17-21, 2000, Novosibirsk, Russia.