

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНЕШНЕГО РЕЗОНАТОРА ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СВЕРХРЕШЕТКОЙ

В.В. МАКАРОВ<sup>1</sup>, А.Е. ХРАМОВ<sup>1</sup>, А.А. КОРОНОВСКИЙ<sup>1</sup>, О.И. МОСКАЛЕНКО<sup>1</sup>,  
С.А. КУРКИН<sup>1</sup>, К.Н. АЛЕКСЕЕВ<sup>2</sup>, А.Г. БАЛАНОВ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Саратовский государственный университет  
ул. Астрахарская, 83, г. Саратов, 410012, Российская Федерация*

*Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина  
ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054, Россия  
vladmak404@gmail.com*

<sup>2</sup>*Университет города Лафборо  
Loughborough LE11 3TU, United Kingdom*

В данной работе исследовано усиление внешнего сигнала автономной сверхрешеткой и сверхрешеткой, помещенной во внешнюю резонансную систему. Показано, что автономная сверхрешетка может усиливать внешний сигнал только на низких частотах до 30 ГГц. Обнаружено, что при подключении внешней резонансной системы области усиления существенно расширяются и смещаются в высокочастотную область (суб-терагерцовый диапазон).

*Ключевые слова:* полупроводниковая сверхрешетка, суб-терагерцовый диапазон, внешняя резонансная система.

Полупроводниковые сверхрешетки представляют собой наноструктуру, состоящую из нескольких слоев различных (двух и более) полупроводниковых материалов с различной шириной запрещенной зоны, что приводит к периодической модуляции зоны проводимости[1]. В такой структуре реализуются такие интересные квантово-механические эффекты как Брегговские отражения, лестница Ваннье-Штарка, последовательное и резонансное туннелирование, Блоховские колебания[2]. Также, при превышении определенного порогового напряжения в данной структуре может возникать неустойчивость, приводящая к возникновению электронных сгустков (доменов), распространяющихся в продольном направлении. Частота следования этих доменов может достигать сотен гигагерц, что делает сверхрешетку перспективным элементом усилителей терагерцового и суб-терагерцового диапазона.

Использование внешних резонансных систем является широко известным методом для повышения характеристик различных устройств в оптике и радиоэлектронике. В том числе внешний резонатор может быть использован для повышения частоты генерации или усиления внешнего сигнала. В данной работе рассматривается возможность использования внешней резонансной системы для усиления высокочастотного сигнала полупроводниковой сверхрешеткой.

Было исследовано усиление [3] внешнего сигнала в автономной сверхрешетке при изменении его частоты, проведено двухпараметрическое исследование величины усиления от напряжения питания сверхрешетки и частоты внешнего сигнала при различных амплитудах внешнего сигнала. Показано, что в автономной сверхрешетке возможно усиление только на низких частотах внешнего сигнала. Определено характерное поведение системы в клювах синхронизации и в асинхронном режиме.

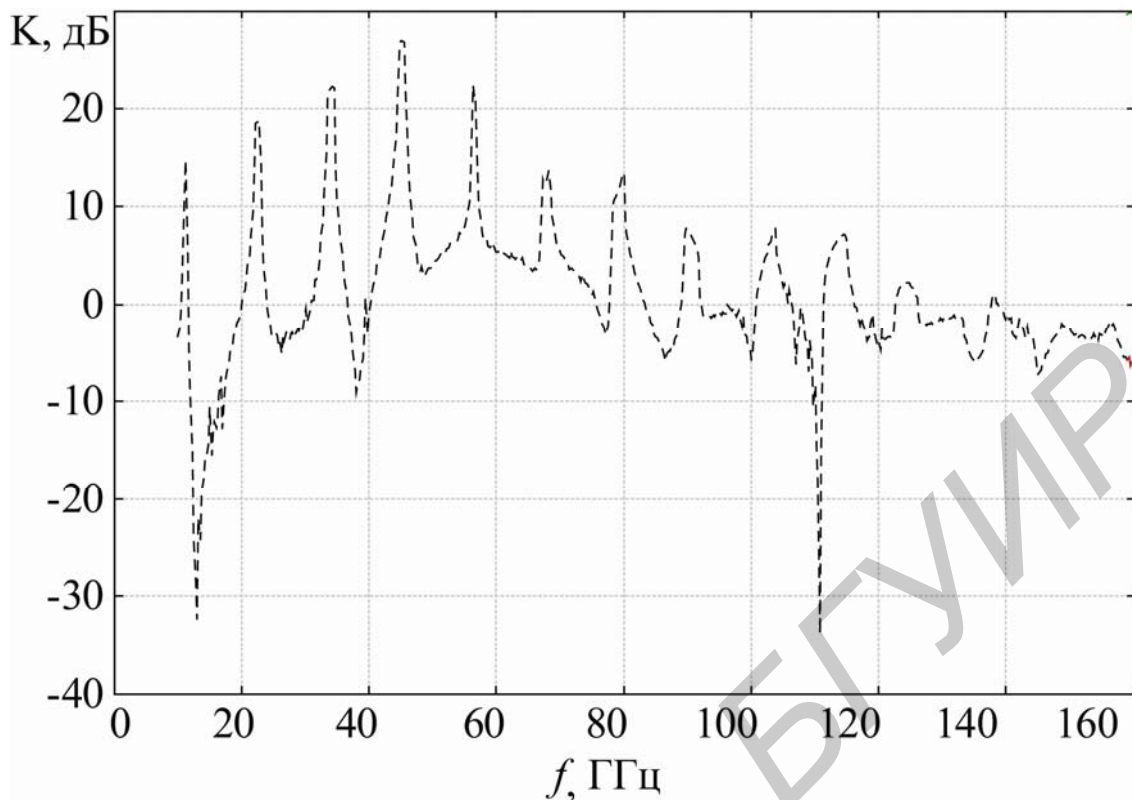


Рис. 1. Усиление внешнего сигнала изменении частоты внешнего воздействия в сверхрешетке, помещенной во внешний резонатор. Амплитуда внешнего сигнала 20 мВ, напряжение питания 510 мВ

Далее было проведено исследование усиления внешнего сигнала в сверхрешетке, помещенной во внешнюю резонансную систему при различных частотах внешнего резонатора. Обнаружено, что в данной системе существует возможность усиления внешнего сигнала на частоте, существенно превышающей частоту доменного транспорта сверхрешетки (рис. 1), которая в автономном режиме составляет 13.07 ГГц. Причем, в случае малой расстройки частоты резонатора и частоты следования доменов, наблюдаются достаточно узкие области усиления.

При увеличении частоты резонатора области усиления расширяются и смещаются на более высокие частоты, что говорит о том, что внешний линейный резонатор позволяет эффективно управлять динамикой системы и параметрами усиления. При существенном удалении частоты резонатора от частоты собственных колебаний сверхрешетки области усиления сужаются и исчезают.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-02-33071) и Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - докторов наук (МД-345.2013.2).

#### Список литературы

1. *L. Esaki and R. Tsu* // IBM J. Res. Develop. 1970. V. 14 № 1. P. 61.
2. *R. Tsu*, Superlattices to nanoelectronics, Elsevier, 2005.
3. *Timo Hyart Kirill, N. Alekseev and Erkki V. Thuneberg* // Phys. Rev. B. 2008. V. 77 P. 165330.