Гибридные полупроводниковые лазеры ближнего ИК диапазона на кремниевых подложках

Алешкин В.Я.¹, Байдусь Н.В.², Дубинов А.А.¹, Кудрявцев К.Е.¹, Красильник З.Ф.¹, Некоркин С.М.², Новиков А.В.¹, Юрасов Д.В.¹, Фефелов А.Г.³

¹ ИФМ РАН, 603087, Нижегородская обл., Кстовский р-н, д. Афонино, ул. Академическая, 7

² ННГУ им. Н.И.Лобачевского, 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина 23

³ АО НПП «Салют», Нижний Новгород, 603950, ул. Ларина, 7.

DOI 10.34077/Semicond2019-418

Переход к оптическим межсоединениям в высокопроизводительных процессорах может быть осуществлен с использованием гибридных A_3B_5 гетеролазеров, совместимых с современной кремниевой КМОП технологией. Существующие технологии изготовления кремниевых процессоров развиты для точно ориентированных подложек Si (001) с отклонением, не превышающим 0.5° . Поэтому для интеграции A_3B_5 лазеров с кремниевым резонатором на чипе предпочтительным является использование точно ориентированных подложек Si (001). К настоящему времени в мире наметились успехи на этом пути: были созданы гибридные полупроводниковые лазеры ближнего ИК диапазона на кремниевых подложках с характеристиками, почти не отличающимися от лазеров на GaAs подложке. Главными причинами успеха стали использование в качестве активной среды квантовых точек (КТ), т.к. они наименее чувствительны к дефектам, возникающим при росте полупроводников A_3B_5 на кремниевой подложке, и использование специальных приемов снижения количества прорастающих дефектов в активную область структуры. В докладе дан обзор достигнутых успехов в мире в этой области. Приведены примеры первых использований оптических соединений в процессорах. Обсуждаются разработанные подходы для уменьшения количества прорастающих дефектов. Имеющиеся гибридные лазеры с КТ практически всегда были выращены методом молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ), что сдерживает их практическое применение. Кроме того, гибридные лазеры на квантовых точках, как правило, работают в диапазоне длин волн 1.3 мкм. А существующая КМОП технология Si/Ge структур позволяет создавать эффективные приемники и модуляторы света в диапазоне длин волн 1.18 мкм [1].

В докладе проведен обзор исследований нашей группы, которые направлены на рост методом газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений (МОГФЭ), используемым в промышленности, лазерных структур GaAs/AlAs с квантовыми ямами InGaAs на Si подложках с релаксированным Ge буфером [2]. Было изучено влияние отклонения подложки от направления (001), толщины Ge буфера, использование буфера, состоящего из чередующихся слоев AlAs и GaAs, на структурные и оптические свойства исследуемых структур. Для этого диапазона на подложках Si (100) были изготовлены инжекционные полосковые лазеры с электрической накачкой. Пороговая плотность тока при комнатной температуре для лазера на длину волны 0.99 мкм составляла 5.5 кА/см^2 [3], а для длины волны 1.11 мкм - 20 кА/см^2 [4]. Приводятся результаты применения компенсирующих слоев GaAsP для роста лазерных гетероструктур с квантовыми ямами InGaAs/GaAs, излучающих на длинах волн больше 1.1 мкм [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-29-20016).

[1] C. Sun, et al., *Nature. Phys.*, **528**, 534 (2015).

[2] N. Baidus, et al., *Crystals*, **8**, 311 (2018).

[3] V. Ya. Aleshkin, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **109**, 061111 (2016).

[4] В. Я. Алешкин, и др. *ФТП*, **51**, 1530 (2017).

[5] Н. В. Байдусь, и др. *ФТП*, **52**, 1443 (2018).