

Гидродинамические плазменные неустойчивости в плазменных кристаллах на основе двумерных материалов

А.С. Петров¹, Д.А. Свинцов¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

На настоящий момент существует значительная потребность в компактных и эффективных источниках и детекторах излучения терагерцового (ТГц) диапазона, причём наиболее многообещающими показателями обладают приборы на основе плазменных неустойчивостей в двумерных электронных системах. Так, недавно была обнаружена мощная ТГц эмиссия из транзисторной структуры с двумерным электронным газом под решетчатым затвором¹. При этом дрейфовая скорость носителей в канале существенно меньше, чем скорость насыщения и скорость плазменных волн, что не позволяет связать возникновение плазменной неустойчивости с пролётными или пучковыми механизмами.

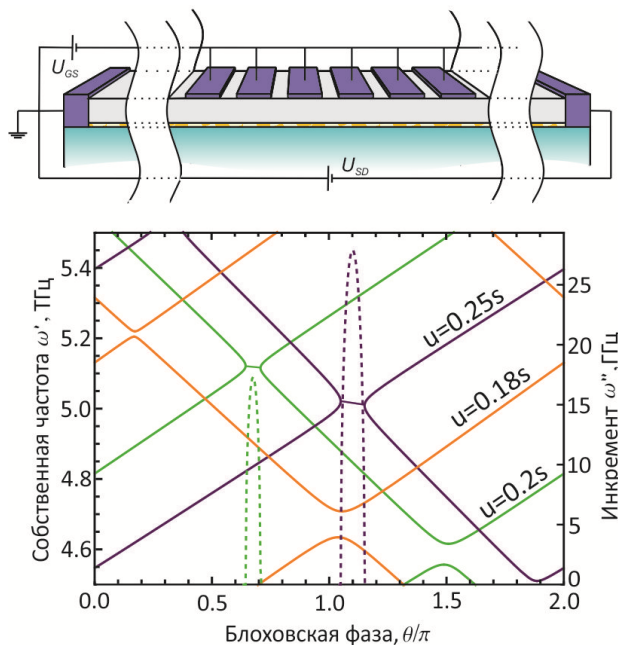


Рис.1: Схематичное изображение транзисторной структуры с двумерным электронным газом и решетчатым затвором (сверху); Спектр частот (сплошные линии) и инкременты неустойчивостей (штриховые) при различных скоростях дрейфа электронов (снизу). Длины подзатворной и открытой областей 0,25 и 0,6 мкм, концентрации носителей в них $2 \cdot 10^{12}$ и $5 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$; u - скорость дрейфа, s - скорость плазменных волн.

Нами разработана теоретическая модель, позволяющая объяснить возникновение плазменной неустойчивости уже при небольших дрейфовых скоростях в многозатворных структурах. Область под каждым затвором является резонатором для двумерных плазмонов, причём волны, распространяющиеся по потоку, усиливаются при отражении от границы между подзатворной и открытой областями по механизму Дьяконова-Шура². На основании метода трансфер-матриц получено общее дисперсионное уравнение для бегущих плазменных волн в периодических транзисторных структурах (плазменных кристаллах). Далее, в предположении гидродинамического транспорта был проведён анализ неустойчивостей в структуре, изображённой на рис. 1. Были выявлены условия возникновения самовозбуждения плазмонов и показано, что пороговая скорость лежит существенно ниже скорости плазменных волн (рис. 1, снизу).

Литература

1. Otsuji T. et al. Emission and detection of terahertz radiation using two-dimensional electrons in III–V semiconductors and graphene //IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology. 2013. V. 3. P. 63-71.
2. Dyakonov M., Shur M. Shallow water analogy for a ballistic field effect transistor: New mechanism of plasma wave generation by dc current //Physical review letters. 1993. V. 71. P. 2465.