

## Латеральные плазменные кристаллы

В.Ю. Качоровский  
ФТИ имени А.Ф. Иоффе РАН

Активное исследование плазменных колебаний в двумерных (2D) электронных системах началось несколько десятилетий назад [1,2]. Помимо фундаментальной важности 2D плазменных явлений, они имеют огромный потенциал для различных приложений, в частности, для создания эффективных перестраиваемых плазменных детекторов и эмиттеров в терагерцовой (ТГц) области частот. Интерес к 2D плазмонике резко возрос после того, как Дьяконов и Шур предсказали [3], что постоянный ток в канале полевого транзистора (т.е. 2D электронного газа, накрытого металлическим затвором) может стать неустойчивым по отношению к возбуждению плазменных колебаний. Частота этих колебаний легко регулируется напряжением на затворе и, за счёт высокой скорости плазменных волн ( $> 10^8$  см/с) и малого характерного размера современных транзисторов (100 – 1000 нм), попадает в ТГц диапазон частот.

Самый многообещающий способ улучшения связи плазменных резонансов с внешним излучением заключается в использовании систем, в которых эта связь искусственно увеличена, например, периодических решёток затворных электродов, которые пространственно модулируют плотность электронов в 2D канале и, как следствие, их плазменную скорость. За счёт периодической модуляции в системе возникает кристалл для 2D плазменных волн. Замечательным свойством такого *латерального плазменного кристалла* (ЛПК) является возможность легко регулировать параметры зонной структуры, в частности, ширину разрешённых и запрещённых зон, напряжением на решётчатом затворе. Возможность наблюдения плазменных резонансов с хорошей добротностью в таком кристалле появилась сравнительно недавно за счёт использования 2D структур с высокой подвижностью, в том числе, на основе новых материалов. Буквально в прошлом году была экспериментально продемонстрирована возможность управляемого перехода ЛПК из режима сильной связи в режим слабой связи [4].

В докладе будет обсуждаться ряд фундаментальных эффектов, возникающих в ЛПК:

- (а) конверсия падающей электромагнитной волны в постоянный ток за счёт так называемого эффекта храповика;
- (б) возникновение гидродинамического режима течения электронной жидкости;
- (в) расщепление плазменных резонансов на «супер-резонансы» по мере перехода из режима сильной связи в режим слабой связи;
- (г) возбуждение направленных плазмонов падающей электромагнитной волной;
- (д) индуцированное dc током усиление электромагнитной волны, проходящей через ЛПК.

[1] A. V. Chaplik, Sov. Phys. JETP **35**, 395 (1972).

[2] S. J. Allen, D. C. Tsui, and R. A. Logan, Phys. Rev. Lett. **38**, 980 (1977).

[3] M. Dyakonov and M. S. Shur, Phys. Rev. Lett. **71**, 2465 (1993).

[4] P. Sai, V. V. Koroteyev, M. Dub, M. Slowikowski, M. Filipiak, D. B. But, Y. Ivonyak, M. Sakowicz, Y. M. Lyaschuk, S. M. Kukhtaruk, G. Cywiński, and W. Knap, Phys. Rev. X **13**, 041003 (2023).