

# СМЯГЧЕНИЕ ФОНОННОГО СПЕКТРА В СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНКАХ НАНОРАЗМЕРНОЙ ТОЛЩИНЫ

В.Н. Кушнир, С.Л. Прищепа

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники», Минск, Беларусь*

Устройства низкотемпературной сверхпроводниковой спинтроники содержат элементы с пленками сверхпроводника наноразмерных толщин. Основные проблемы их использования связаны с низкими значениями критической температуры,  $T_c$ , и с ее большими вариациями при изменении толщины сверхпроводящей пленки,  $d$ , в диапазоне малых  $d$ . Для обыкновенных сверхпроводников из одноэлементных металлов (наиболее предпочтительным является Nb) обе проблемы могут быть решены стимуляцией сверхпроводимости путем покрытия пленки графеном [1]. Суть метода состоит в изменении фононного спектра пленки сверхпроводника в силу ее взаимодействия с пленкой графена. В отличие от ранее рассмотренных методов воздействия на фононный спектр путем какой-либо модификации поверхности сверхпроводника [2], метод графенового покрытия можно отнести к регулярным, коль скоро фононный спектр покрытия может быть определен и задан. Расчет эффекта покрытия включает в общем случае вычисление вариации структурной функции Элиашберга, однако, в рассматриваемом случае он сводится к вычислению фононной спектральной плотности, поскольку частотная зависимость электрон-фононного взаимодействия является почти константой в рабочей области частот. Эффект оказывается обнаружимым и контролируемым в силу следующих факторов. Во-первых, акустическая ветвь колебаний пленки графена с поляризацией в ортогональном направлении пленки почти полностью перекрывается со спектральной характеристикой металла (Nb). Во-вторых, неупорядоченный поверхностный слой металла, насыщенный окислами, оказывается фильтром высоких частот. В-третьих, тот же слой приводит к слабой связи между графеном и пленкой. В результате оценки эффекта оказывается, что плотность числа фононных состояний увеличивается на низких частотах (увеличивается статистический вес низкочастотной области фононного спектра) – это и есть «смягчение» фононного спектра, приводящее к возрастанию критической температуры.

### **Список литературы**

1. Superconducting critical temperature and softening of the phonon spectrum in ultrathin Nb and NbN/graphene hybrids / S. L. Prischepa [et al.] // *Supercond. Sci. Technol.* – 2021. – Vol. 34. – P. 115021 (15).
2. Prischepa, S. L. Phonon softening in nanostructured phonon-mediated superconductors (review) / S. L. Prischepa, V. N. Kushnir // *J. Phys.: Cond. Matt.* – 2023. – Vol. 35. – P. 313003 (54).