

**Немарковский процесс излучательной рекомбинации в сверхъярких светодиодах**

Красовский В. В.

Белорусский национальный технический университет

Процесс называется марковским (или процессом без последствия), если для каждого момента времени вероятность любого состояния системы в будущем зависит только от состояния системы в настоящий момент и не зависит от того, каким образом система пришла в это состояние. Примером такого процесса может служить распад радионуклидов:  $N(t)/N_0 = 2^{-t/T_{0,5}}$ , где  $N(t)$  – число не распавшихся нуклидов к моменту времени  $t$ ,  $N_0$  – их начальное число,  $T_{0,5}$  – период полураспада. Для отдельно взятого нуклида это отношение представляет вероятность «прожить» еще, не распавшись, в течение времени  $t$ , которая не зависит от того, сколько времени до этого существовал нуклид. Очевидно, что вероятность прожить еще 10 лет по достижении человеком двадцатилетнего возраста значительно выше, чем по достижении 80 лет. Следовательно, жизнь человека – немарковский процесс, он не может быть описан приведенной выше экспоненциальной зависимостью. Чем сложнее система, тем более скоррелированы протекающие в ней процессы и тем в большей степени они имеют немарковский характер.

Аналогично, процесс рекомбинации неравновесных электронно-дырочных пар в лазерных диодах в режиме генерации является немарковским, поскольку обусловлен вынужденными, в высшей степени скоррелированными, излучательными переходами. Напротив, считается, что излучение светодиодов обусловлено спонтанной рекомбинацией неравновесных носителей и последняя должна представлять собой марковский процесс. Однако использование в качестве активной области квантовых ям и высокие значения номинальных токов накачки приводят к проявлению кооперативных эффектов в рекомбинации, что подтверждают измерения времени жизни неравновесных носителей. О немарковском характере процесса рекомбинации в светодиодах с квантовыми ямами говорит и анализ формы полосы их люминесценции.