

М.В. ВЛАДИМИРОВ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» – Москва, Россия

В ПОИСКАХ САМОСОГЛАСОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПИСАНИЯ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ФОТОКАТОДОВ В ФОТОПУШКАХ

В работе описывается состояние дел в части построения самосогласованной модели для описания фотоэмиссии из полупроводниковых фотокатодов. Демонстрируются достигнутые к настоящему времени результаты, сильные и слабые стороны модели.

M. V. VLADIMIROV

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute) – Moscow, Russia

SEARCHING FOR A SELF-CONSISTENT APPROACH TO DESCRIBE SEMICONDUCTOR PHOTOCATHODE OPERATING IN PHOTOGUNS

In this research, the status of the model to describe photoemission from semiconductor photocathodes is presented. We demonstrate current progress, advantages and disadvantages for the model under development.

Генерация ярких электронных сгустков для фундаментальных приложений рутинно происходит с использованием фотопушек. В высокочастотных (ВЧ) фотопушках электроны эмитируются с поверхности фотокатода под действием коротких лазерных импульсов, сфазированных с внешним ускоряющим ВЧ полем резонатора. Параметры электронного сгустка (такие как профиль пучка, его геометрические размеры, эмиттанс, заряд) во многом определяются на этапе его формирования, т.е. фотоэмиссией.

Фотоэмиссия, согласно общепринятой модели Спайсера, происходит в три этапа. На первом электроны поглощают энергию фотона лазерного импульса (возбуждаются). Затем, на втором этапе, происходит направленное или хаотическое (в присутствии или отсутствии «тянущего» электрического поля) движение фотоэлектронов к поверхности фотокатода. Наконец, на третьем этапе фотоэлектроны преодолевают потенциальный барьер и эмитируются в вакуум.

Транспорт возбужденных электронов в фотокатод, являясь наиболее продолжительным из трех представленных процессов, играет существенную роль с точки зрения влияния на временные характеристики фотоэмиссии и, как следствие, фототока. Прежний подход, использующий уравнение непрерывности (см., например, [1-4]), оказался весьма продуктивным, позволив, в частности, получать оценку времени отклика фотокатода – временного параметра, связанного с затягиванием фронтов профиля фототока из-за конечного времени выхода фотоэлектронов в вакуум.

Данный доклад является очередным шагом на пути к самосогласованному подходу для описания эмиссии из полупроводниковых фотокатодов в фотопушках. Формулируются и численно решаются связанные одномерные задачи дрейфа-диффузии для избыточных электронов проводимости и дырок, образованных в результате фотоэффекта. Эволюция носителей заряда в данном рассмотрении, с одной стороны, определяется напряженностью электрического поля в фотокатод. С другой стороны, поле в фотокатод зависит от распределения носителей заряда в полупроводнике, что делает задачи для электронов и дырок самосогласованными.

Список литературы

1. P. Hartmann, J. Bermuth, D. v. Harrach et al., A diffusion model for picosecond electron bunches from negative electron affinity GaAs photocathodes, *J. Appl. Phys.* 86 (1999) 2245–2249.
2. I.V. Bazarov, B.M. Dunham, Yu. Li et al., Thermal emittance and response time measurements of negative electron affinity photocathodes, *J. Appl. Phys.* 103 (2008) 054901.
3. H. Jani, L. Chen and L. Duan, Pre-Emission Study of Photoelectron Dynamics in a GaAs/AlGaAs Photocathode, *IEEE Journal of Quantum Electronics* 56 (2020) 1–8.
4. T. Jia, L. Gan, H. Guo et al., Response time characteristics of a transmissive uniformly doped GaAsP photocathode, *Appl. Opt.* 62 (2023) 8804–8810.