

- [1] Колобов А. В., Коломиец В. Т., Любин В. М. и др. // ФТТ. 1982. Т. 24. Вып. 4. С. 1062—1066.
 [2] Tanaka K. // Fundam. Phys. Amorphous. Semicond. Berlin, 1981. P. 104—118.
 [3] Андриеш А. М., Бижковский Ю. А., Бородакий Ю. В. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1982. Т. 10. Вып. 5. С. 377—379.
 [4] Tanaka K., Ohtsuka Y. // J. Appl. Phys. 1978. Vol. 49. N 12. P. 6132—6135.
 [5] Hatanaka H. // J. Non-Cryst. Sol. 1983. Vol. 57. N 3. P. 401—410.
 [6] Анижин А. А., Малиновский В. К. // Автометрия. 1976. Т. 7. С. 76—80.
 [7] Туряница И. И. Автореф. канд. дис. Киев, 1982. 21 с.
 [8] Справочник по специальным функциям. М.: Наука, 1979. 530 с.
 [9] Золотов А. А., Киселев В. А., Сыгучев В. А. // УФЖ. 1974. Т. 112. Вып. 2. С. 231—238.
 [10] Адамс В. Введение в теорию оптических волноводов. М.: Мир, 1984. 512 с.

Ужгородский
государственный университет

Поступило в Редакцию
24 августа 1988 г.

04; 10
© 1990 г.

Журнал технической физики, т. 60, с. 2, 1990

ЭМИССИЯ ПЛОТНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ИЗ КАНАЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ В ТВЕРДОМ ДИЭЛЕКТРИКЕ

В. И. Олешко, В. Ф. Штанько

При возбуждении диэлектрических мишеней высокоэнергетичными электронными пучками (СЭП) возникает мощная вторичная электронная эмиссия [1], механизм которой окончательно не установлен. Известно [2—4], что воздействие СЭП приводит к развитию в широкощелевых материалах разных классов соединений объемных и поверхностных стримерных разрядов, нейтрализующих инжектированный заряд электронного пучка.

С целью определения роли стримерных разрядов в иницировании вторичной электронной эмиссии в настоящей работе изучены параметры электронных пучков, эмиттированных из каналов электрических пробоев, формируемых СЭП в полиметилметакрилате (ПММА) и ВаF₂.

Плотность энергии возбуждающего электронного пучка варьировалась в пределах 0.1—0.8 Дж/см², средняя энергия электронов ~280 кэВ, длительность импульса тока по основанию 20 нс. Эксперименты проводились при комнатной температуре в вакууме ~10⁻³ Тор.

В образцах предварительно по методике [2] создавался один канал, распространяющийся из области отрицательного объемного заряда к тыльной (по отношению к облучаемой) стороне мишени. Эмиссия электронов измерялась в соответствии со схемой, представленной на рис. 1. В исследуемый образец 1, расположенный на диэлектрической трубке 2, инжектируется высокоэнергетический пучок электронов 3. При этом в объеме мишени формируется сильное электрическое поле, связанное с термализованным отрицательным объемным зарядом, нейтрализация которого осуществляется стримерными разрядами 5, развивающимися как с облучаемой, так и с тыльной поверхности образца. Электрическое поле, приводящее к пробое диэлектрика, одновременно прикладывается к вакуумному промежутку тыльная поверхность образца—анод 4, находящийся под потенциалом земли. Величина вакуумного зазора определялась толщиной диэлектрической прокладки 6. Пространственное распределение центров эмиссии с тыльной поверхности контролировалось по люминесценции сцинтиллятора, расположенного за анодом. Анализ распределения люминесценции показал, что центрами эмиссии являются каналы электрического пробоя, созданные предварительно и возник-

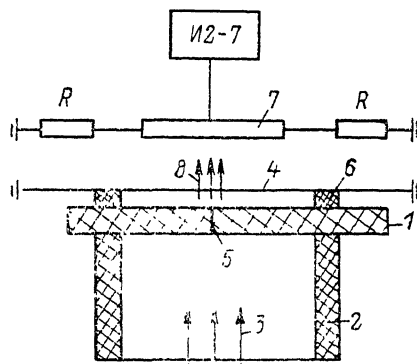


Рис. 1.

кающие в процессе многократного воздействия СЭП. Для изучения параметров эмиссии выбирался один эмиссионный центр (отдельный канал), эмиссионный ток которого регистрировался с помощью цилиндра Фарадея 7 с низкоомной нагрузкой и осциллографа И2-7. Осциллограммы тока эмиссии по мере проработки канала изменялись. Вначале наблюдалась пикообразная структура эмиссионного тока, которая затем сглаживалась. Общая длительность импульса тока при этом не изменялась и составляла 2 нс по основанию при использовании фольгового диода и 6 нс при выводе пучка через сетчатый анод (рис. 2.). С точностью 0.5 нс отсутствует запаздывание тока эмиссии относительно тока СЭП. Оценка энергетического спектра эмиттированных электронов 8 производилась путем регистрации изменения интенсивности собственной катодolumинесценции CsI ($\lambda = 315$ нм) после прохождения электронов через переносный набор тонких алюминиевых фольг.

Установлено, что максимальная энергия электронов зависит от величины вакуумного зазора диэлектрик—анод и изменяется от 10 до 40 кэВ при изменении зазора от 0.5 до 3 мм.

КПД преобразования энергии СЭП в энергию низкоэнергетического электронного пучка (НЭП) при зазоре 2 мм составил 3 % для ПММА и 1 % для ВаF₂ при выводе электронов через сетчатый анод и соответственно 1.5 и 0.5 % при выводе пучка через алюминиевую фольгу толщиной 10 мкм.

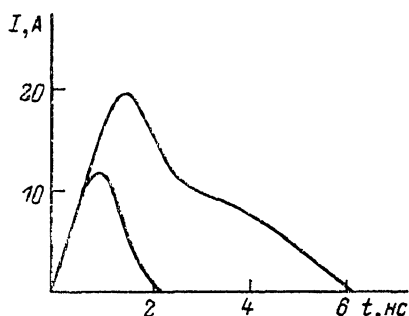


Рис. 2. Осциллограммы тока низкоэнергетических электронов, эмиттированных из канала электрического пробоя в твердом диэлектрике.

1 — при выводе электронов через алюминиевую фольгу 10 мкм, 2 — через сетчатый анод.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о преимущественном вкладе в нейтрализацию инжектированного заряда СЭП в ПММА и ВаF₂ эмиссии электронного пучка из каналов электрических разрядов, развивающихся как с тыльной, так и с облучаемой поверхностей образца. Малая длительность НЭП может быть связана либо с временем перекрытия зазора плазмой, либо изменением пространственного распределения электрического поля во время действия СЭП.

Таким образом, явление электрического пробоя твердых диэлектриков под действием СЭП позволяет преобразовать высокоэнергетический электронный пучок в низкоэнергетический малой длительности, что значительно расширяет возможности его практического использования. Например, применение плотного низкоэнергетического электронного пучка в импульсной абсорбционной спектроскопии позволяет изучать приповерхностные свойства диэлектриков и полупроводников после полной имплантации или технологической обработки. Кроме того, воздействие НЭП позволяет достигнуть более высокого уровня удельной плотности возбуждения твердых тел. Это подтверждается спектральными характеристиками люминесценции CsI—Na, для которого отношение интенсивности свечения собственных экситонов к примесному свечению ($\lambda = 420$ нм) составляет 40 при возбуждении НЭП и 10 при облучении СЭП на пороге разрушения.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что плотные низкоэнергетические электронные пучки, полученные из плазмы канала электрического пробоя в твердом диэлектрике, перспективны для использования в научных исследованиях и технологии.

Список литературы

- [1] Бальчев И. Н., Вайсбурд Д. И., Геринг Г. И. // Письма в ЖТФ. 1976. Т. 2. Вып. 7. С. 327—330.
- [2] Лисицын В. М., Олешко В. И. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. Вып. 1. С. 15—18.
- [3] Олешко В. И., Шталько В. Ф. // ЖТФ. 1987. Т. 57. Вып. 9. С. 1816—1818.
- [4] Олешко В. И., Шталько В. Ф. // ФТТ. 1987. Т. 29. Вып. 2. С. 320—324.

Томский политехнический институт
им. С. М. Кирова

Поступило в Редакцию
21 ноября 1988 г.