

04;06;07;12

Периодический пробой газового слоя в структуре металл–газовый диэлектрик–изолирующий полупроводник–металл, при стационарном освещении структуры

© А.Д. Бондарев, П.Г. Кашерининов, А.Н. Лодыгин,
С.С. Мартынов, В.С. Хрунов

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург
Институт физико-технических проблем, Дубна

Поступило в Редакцию 6 августа 1999 г.

Проведено изучение размеров и расположения области газового пробоя на поверхности М(ГД)ПМ-структуры на кристалле силиката висмута при ее однородном освещении, а также определение величины поглощенной энергии излучения в кристалле, обуславливающей пробой газового слоя.

В [1,2] описаны неполяризующиеся под действием облучения полупроводниковые дозиметры на основе М(ГД)ПМ-структур. Отсутствие поляризации таких дозиметров при стационарном облучении обусловлено возникновением периодического пробоя газового слоя за счет образования в полупроводниковом кристалле фиксированной величины поляризационного заряда. После каждого пробоя в структуре восстанавливается исходное (темновое) распределение напряженности электрического поля, что предотвращает поляризацию таких дозиметров с течением времени.

В настоящей работе проводится изучение размеров и расположения области газового пробоя на поверхности структуры и определение величины поглощенной энергии излучения в кристалле, обуславливающей пробой газового слоя.

На рис. 1, *a, b* представлена зависимость частоты токовых импульсов газового пробоя во внешней цепи М(ГД)ПМ-структуры на изолирующем кристалле силиката висмута ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$) при различных размерах освещаемой площади структуры. Как видно из этого рисунка, частота

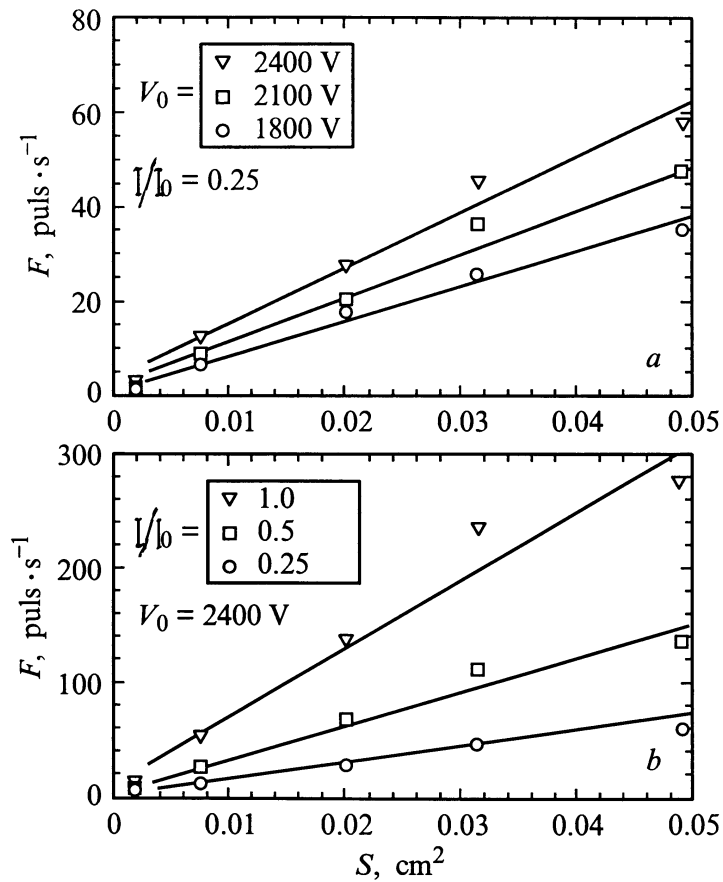


Рис. 1. Зависимость частоты токовых импульсов во внешней цепи М(ГД)ПМ — структуры (F) от площади ее освещаемой поверхности (S), $F(S)$: a — при фиксированной однородной интенсивности освещения (I) (свет от лампы накаливания через СЗС и нейтральные ослабляющие фильтры) и различных приложенных напряжениях (V_0): I_0 — максимальная интенсивность светового потока ($I_0 = 2.1 \cdot 10^{-7} \text{ W} \cdot \text{cm}^2$), I — интенсивность светового потока на освещаемой поверхности структуры; b — при фиксированном приложенном напряжении ($V_0 = 2400 \text{ V}$) и различных интенсивностях светового потока на поверхности структуры (I).

импульсов газового пробоя в структуре линейно зависит от размеров ее освещаемой поверхности. Такая зависимость свидетельствует о том, что пробой газового слоя структуры происходит не по всей освещаемой поверхности, а лишь на отдельных ее участках. Определение размеров области газового пробоя на освещаемой поверхности структуры и расположение этой области на ее поверхности производилось в работе с помощью поляризационно-оптической методики в М(ГД)ПМ-структурах на изолирующих электрооптических кристаллах ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$).

Структура размещалась между скрещенными поляризаторами и освещалась через фиксированного размера диафрагмы параллельным пучком монохроматического света ($\lambda = 0.63 \mu\text{m}$), испытывающего в материале кристалла частичное фотоактивное поглощение (рис. 2, *a*). К структуре прикладывалось постоянное смещение ($V_0 = 1500 \text{ V}$), которое распределялось между газовым слоем и электрооптическим кристаллом в соответствии с их емкостями [2]. При освещении структуры поглощаемая в кристалле часть светового потока создает поляризационный заряд, вызывающий перераспределение напряженности электрического поля между слоями структуры и пробой газового слоя [1,2]. Непоглощенная часть этого поляризованного светового потока, проходя через структуру, модулируется этим зарядом (продольный эффект Поккельса) и несет информацию о размере области газового разряда и его расположении на поверхности структуры. Эта информация регистрируется телевизионной установкой (рис. 2, *a, c*). Одновременно с регистрацией изображения регистрируются также токовые импульсы газового разряда во внешней цепи структуры (рис. 2, *b*). Появление изображения области газового пробоя на поверхности структуры объясняется следующим образом. В отсутствие приложенного к структуре напряжения ($V_0 = 0$) световой поток полностью задерживается вторым поляризатором. В первый момент после включения напряжения (V_0) за счет поля, приложенного к электрооптическому кристаллу, на экране телевизионной установки появляется изображение освещаемой поверхности структуры (рис. 2, *c*). Со временем под действием заряда, созданного световым потоком в кристалле, электрическое поле начинает вытесняться из кристалла на газовый слой. Когда напряженность поля в газовом слое достигнет критического значения, происходит газовый разряд. При этом сопротивление газового слоя на пробиваемом участке падает практически до нуля, и все приложенное к структуре

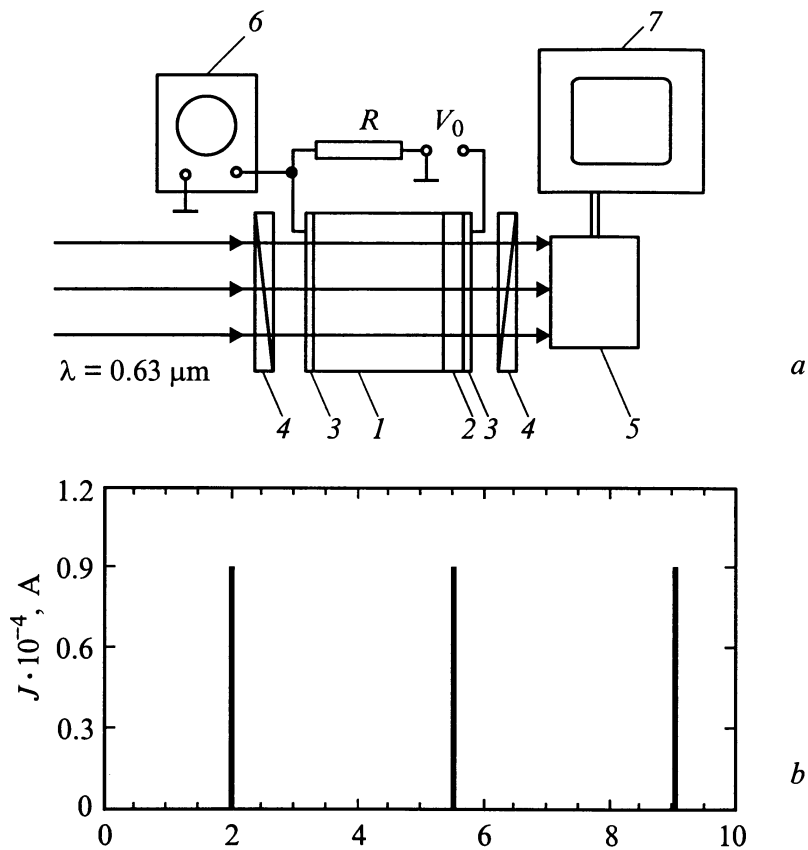


Рис. 2. Размеры и расположение области газового пробоя на поверхности однородно освещаемой структуры ($\lambda = 0.63 \mu\text{m}$, диаметр луча $d = 0.3 \text{ cm}$, интенсивность светового потока на поверхности структуры $I = 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$): *a* — схема эксперимента: 1 — изолирующий кристалл силиката висмута (толщина $d = 0.15 \text{ cm}$), 2 — слой газового воздушного диэлектрика (толщина $d_0 = 10^{-2} \text{ cm}$), 3 — оптически прозрачные электроды, 4 — скрещенные поляризаторы, 5, 7 — телевизионная установка, 6 — осциллограф; *b* — временная зависимость токовых импульсов во внешней цепи структуры (приложенное напряжение $V_0 = 1500 \text{ V}$); *c* — фотографии области газового пробоя на поверхности структуры с экрана телевизионной установки.

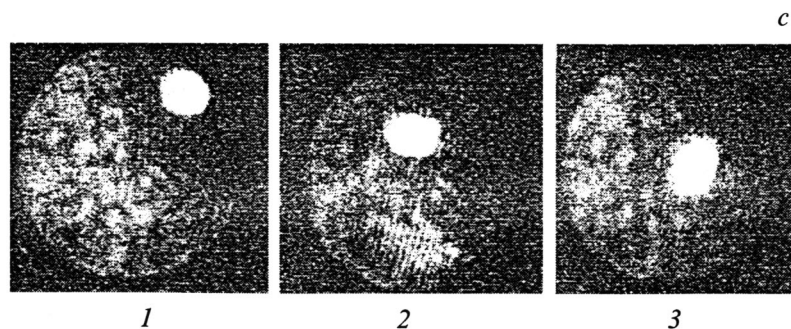


Рис. 2 (продолжение).

напряжение на этом участке оказывается приложенным к электрооптическому кристаллу. Яркость изображения на этом участке структуры резко возрастает (рис. 2, *с*). Пробой газового слоя сопровождается лавиной ионизованных носителей: электронов и положительно заряженных ионов [3]. Заряд этих носителей уменьшает образовавшийся на границе воздушного конденсатора поляризационный электрический заряд до такой величины, что напряженность электрического поля в газовом зазоре оказывается меньше критического значения. При этом газовый разряд прекращается и сопротивление газового слоя возвращается в низкопроводящее состояние, распределение напряженности электрического поля в структуре возвращается к первоначальному состоянию.

При постоянном освещении структуры газовый пробой носит циклический характер. Появление изображения области газового пробоя на экране телевизионной установки совпадает по времени с появлением токового импульса во внешней цепи структуры (рис. 2, *б, с*). Как видно из рис. 2, *с*, при диаметре светового пучка 0.3 см область газового пробоя на освещаемой поверхности структуры образует пятно диаметром $6 \cdot 10^{-2}$ см. Размеры этого пятна мало зависят от размеров освещаемой поверхности структуры, интенсивности освещения (I), величины приложенного напряжения (V_0). При стационарном освещении структуры каждый последующий пробой газового слоя происходит на новом участке поверхности структуры (рис. 2, *с(1-3)*). Энергия поглощенного в кристалле излучения, вызывающая пробой газового

слоя (А), может быть оценена из следующего соотношения:

$$A = IkdSt = 4.5 \cdot 10^{-7} \text{ J},$$

где I — интенсивность падающего светового потока, $I = 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$, $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$, k — коэффициент поглощения излучения в материале кристалла, $k = 10^{-1} \text{ cm}^{-1}$, d — толщина кристалла, $d = 1.5 \cdot 10^{-1} \text{ cm}$ ($kd < 1$), S — освещаемая площадь поверхности кристалла, $S = 7.2 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$, t — время между двумя последовательными импульсами газового разряда в структуре ($t = 4.5 \text{ s}$ (рис. 2, *b*)).

При газовом пробое в структуре созданной светом поляризационный заряд собирается со всей поверхности структуры на пробиваемый участок газового слоя, на котором и происходит основное изменение напряженности электрического поля в кристалле. С увеличением площади освещаемой поверхности структуры увеличивается лишь частота токовых импульсов при неизменной площади пробиваемого участка поверхности и энергии поглощенного излучения за время между двумя последующими импульсами газового пробоя.

Работа поддержана Международным научно-техническим центром.

Список литературы

- [1] Кашерининов П.Г., Лодыгин А.Н. // Письма в ЖТФ. 1997. Т. 23. В. 4. С. 23.
- [2] Кашерининов П.Г., Лодыгин А.Н. // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. В. 22. С. 64.
- [3] Богородицкий Н.П., Пасынков В.В. Материалы в радиоэлектронике. М.: Госэнергоиздат, 1961. 352 с.