

02; 07; 11; 12

© 1992

ЭМИССИЯ ФОТОЭЛЕКТРОНОВ В НЕОН, ИЗОБУТАН И ИХ СМЕСИ

Е.М. Гушин, С.В. Сомов,
М.К. Тимофеев

Газовые фотодиоды (ГФД) высокого давления (~ 100 мм рт. ст.) с полупроводниковым фотокатодом способны работать в режиме пропорционального газового усиления в сильных магнитных полях [1] и могут найти широкое применение при регистрации слабых световых потоков, например, в черенковских и сцинтилляционных детекторах. Однако вследствие рассеяния фотоэлектронов на атомах газа и ухода их обратно на фотокатод квантовая чувствительность ГФД с благородными газами при давлении ~ 100 мм рт. ст. приблизительно на порядок меньше чувствительности аналогичных вакуумных фотодиодов [1-3]. Это ограничивает использование ГФД в качестве одноквантовых и спектрометрических фотоприемников.

В представленной работе приводятся результаты оригинальных измерений вероятности (коэффициента) выхода фотоэлектронов из фотокатода в атмосферу инертного газа (Ne , изо- C_4H_{10} и их смеси) в диапазоне изменения напряженности электрического поля $E = 5 - 1600$ В/см и давления $p = 50 - 760$ мм рт. ст. Измерения проводились в плоскопараллельном фотодиоде с межэлектродным зазором 1 см в режиме полного собирания электронного заряда. Mg -фотокатод фотодиода активировался импульсным ультрафиолетовым N_2 -лазером. Коэффициент выхода фотоэлектронов определялся как

$$\eta(E) = Q_g(E) / Q_g^{max},$$

где $Q_g(E)$ - заряд, собранный на аноде фотодиода с газом, Q_g^{max} - максимальный заряд, собранный в вакууме. Измерения $Q_g(E)$ велись вплоть до начала газового усиления, о котором свидетельствовали резкий рост амплитуды и искажения заднего фронта импульса напряжения, снимаемого с фотодиода.

Как видно из рис. 1, зависимость коэффициента выхода фотоэлектронов от параметра E/p в Ne хорошо аппроксимируется возрастающей степенной функцией электрического поля. Таким образом, вольтамперные характеристики ГФД в отличие от вакуумных фотодиодов не имеют плато; оно наблюдается лишь при малых, ~ 1 мм рт. ст., давлениях [1], когда средняя длина свободного пробега электрона

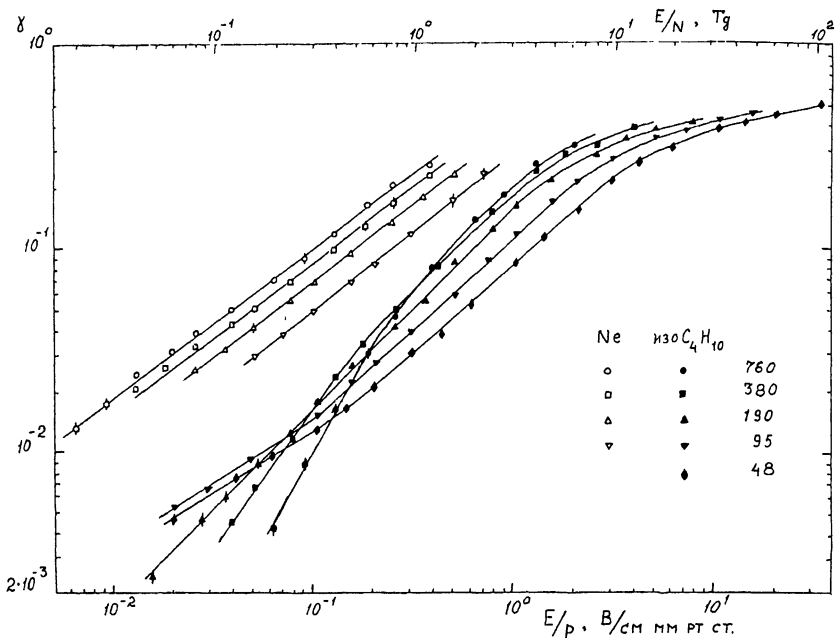


Рис. 1. Зависимость коэффициента выхода фотоэлектронов из фотокатода в Ne и $iso-C_4H_{10}$ от параметра E/p . Давление газа указано в мм рт. ст.

сравнима с межэлектродным зазором. Максимальный коэффициент выхода на границе газового усиления* практически не зависит от давления и не превышает $\gamma \approx 0.22-0.23$. Следовательно, квантовый выход и интегральная чувствительность фотокатода ГФД с Ne по крайней мере в 4 раза хуже, чем у вакуумного фотокатода.

Зависимость $\gamma(E/p)$ в $iso-C_4H_{10}$ качественно отличается от зависимости $\gamma(E/p)$ в Ne ; величина коэффициента выхода в $iso-C_4H_{10}$ при одинаковых условиях в несколько раз меньше, однако большие значения E/p позволяют получать $\gamma \approx 0.3-0.5$. Общим для исследованных газов является зависимость коэффициента выхода как от параметра E/p , так и от давления.

Неожиданный результат был получен в смеси $Ne-iso-C_4H_{10}$ (рис. 2), где даже незначительные, $\sim 10^{-3}$ об.%, количества $iso-C_4H_{10}$ увеличивают коэффициент выхода в 2-2.5 раза по сравнению с чистым Ne . С ростом напряженности электрического поля кривая $\gamma(E)$ в смеси $Ne-iso-C_4H_{10}$ приближается к кривой $\gamma(E)$ в чистом Ne , но из-за более высокой границы газового уси-

* Нами исследовалась вольтамперная характеристика ГФД, наполненного Ne при $p = 570$ мм рт. ст. Вплоть до $E = 300$ В/см не было отмечено оптической обратной связи, вызванной электролюминесценцией газа.

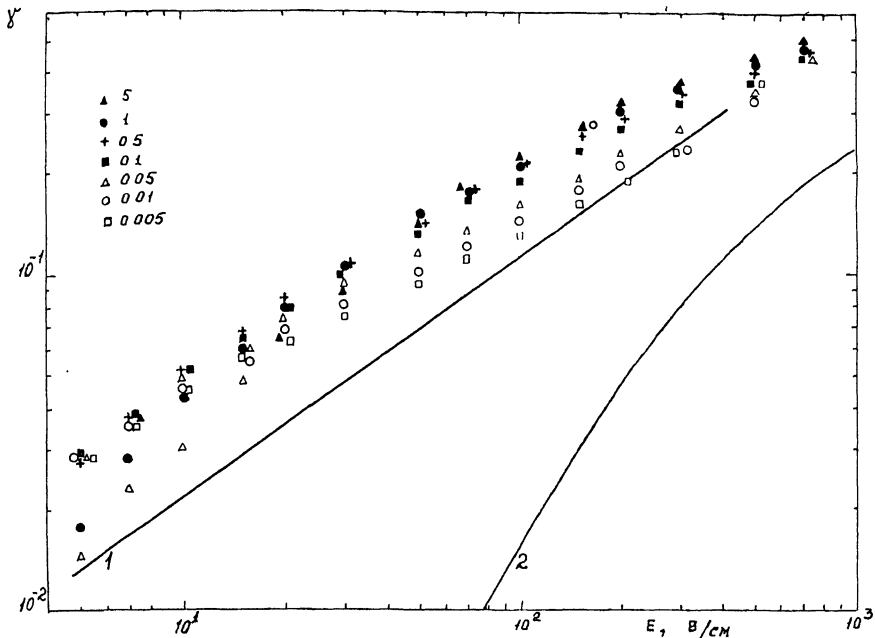


Рис. 2. Зависимость коэффициента выхода фотоэлектронов из фотокатода в смесь Ne -изо C_4H_{10} от напряженности электрического поля ($p = 760$ мм рт. ст.). Концентрация изо C_4H_{10} указана в объемных %. 1 - 100% Ne , 2 - 100% изо- C_4H_{10}

ления коэффициент выхода в смеси Ne -изо- C_4H_{10} доходит до $\gamma \approx 0.5$. К сожалению, изо C_4H_{10} , по-видимому, не является полностью инертным по отношению к полупроводниковому фотокатоду. Так, по нашим измерениям чувствительность бичеселочного $Sb-Cs-K$ -фотокатода в присутствии ~ 0.1 мм рт. ст. изо- C_4H_{10} падает приблизительно на 25%, причем этот эффект не зависит от давления изо C_4H_{10} , т.е. не связан с какой-либо содержащейся в изо C_4H_{10} агрессивной примесью. Однако даже с учетом этого обстоятельства чувствительность ГФД со смесью Ne -изо C_4H_{10} составит не менее 35% от чувствительности аналогичного вакуумного фотодиода.

Смесь Ne -($\sim 0.1\%$) изо C_4H_{10} как классическая газовая среда стримерных камер весьма перспективна для оригинальной модификации ГФД - газоразрядного импульсного усилителя изображения (ГИЭОП) [4], который представляет собой небольшую стримерную камеру с чувствительным полупроводниковым фотокатодом в качестве одного из электродов. В ГИЭОП на постоянное электрическое поле, оттягивающее фотоэлектроны от фотокатода, накладывается импульсное поле противоположной полярности большой амплитуды. При этом дрейфующий фотоэлектрон инициирует лавину, переходящую

в стример, который регистрируется традиционными в технике стримерных камер методами. В частности, на основе ГИЭОП может быть разработан „медленный“ детектор колец черенковского излучения (RICH-детектор) видимого диапазона с точностью локализации точки поглощения черенковского кванта в плоскости фотокатода около 1 мм. По нашим оценкам, добротность такого RICH-детектора составит не менее 100 фотоэлектронов/см.

Авторы выражают глубокую признательность В.Ю. Федорову с сотрудниками (НИИЭПР) за изготовление экспериментальных ГФД с полупроводниковым фотокатодом.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] S h e r p a k G., D o m i n i k W., S a u l i F. et al. // IEEE Trans. Nucl. Sci. 1983. V. NS-30. P. 134.
- [2] E d m e n d s J.S., M i l l e r D.J., B a r l o w F. // Nucl. Instrum. Meth. 1987. V. A258. P. 185.
- [3] A r d e r s o n D.F. et al. // Nucl. Instrum. Meth. 1983. V. 217. P. 217.
- [4] Д о л г о ш е и н Б.А., Р о г о в с к и й А.И., С о м о в С.В. А.с. № 230859 // ОИ. 1992. № 1. С. 238

Московский инженерно-
физический институт

Поступило в Редакцию
16 сентября 1992 г.