

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ПОВЕДЕНИЕ AlGaAs/GaAs-ФОТОДИОДОВ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ «МЯГКИМ» ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

В. М. Андреев, В. С. Калиновский, В. Р. Ларионов,
Е. О. Стругова, В. Д. Румянцев

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, 194021, Санкт-Петербург, Россия

(Получено 2 июня 1993 г. Принято к печати 9 июня 1993 г.)

Для целого ряда применений, в частности для питания устройств микроэлектроники, требуются источники электроэнергии с длительным ресурсом работы, значительно превышающим ресурс традиционных химических источников. В настоящее время эта проблема решается путем использования фотоэлектрических систем питания. Недостатком такого подхода является необходимость обеспечения подвода световой энергии в течение всего периода эксплуатации. По этой причине для ряда применений несомненный интерес могут представлять изотопные источники электроэнергии. Основными требованиями, предъявляемыми к таким источникам, являются:

— высокая эффективность преобразования энергии радиоактивного распада в электрическую энергию при высоком удельном (с единицы веса и площади) энергоусоме;

— экологическая безопасность;

— низкая стоимость.

Осуществление преобразования энергии радиоактивного распада изотопов в электроэнергию с помощью полупроводниковых диодных структур является, на наш взгляд, одним из возможных путей построения радиоизотопных электрических элементов.

Целью данной работы является выяснение возможности использования фотодиодных AlGaAs/GaAs-структур для создания автономных радиоизотопных источников электроэнергии.

На основании анализа параметров излучения радиоактивных изотопов [¹] в качестве источников излучения были выбраны тритий и ⁵⁵Fe с периодами полураспада 12.3 и 2.7 года соответственно.

Для преобразования энергии излучения данных изотопов в электрическую энергию были разработаны и выращены методом жидкофазной эпитаксии гетероструктуры, включающие в себя (рис. 1) подложку *n*-GaAs ($n = 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$), слой *n*-Al_{*x*}Ga_{1-*x*}As ($n = 2-3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$) толщиной 10 мкм, в котором содержание AlAs уменьшается от границы с подложкой к *p-n*-переходу (от $x = 0.15$ до $x = 0$ для структур типа 1; от $x = 0.4$ до $x = 0.25$ для структур типа 2), слой *p*-Al_{*x*}Ga_{1-*x*}As ($p = 2-5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$) толщиной 1-2 мкм ($x = 0$ для структур типа 1; $x = 0.25$ для структур типа 2), фронтальный слой *p*-Al_{0.7}Ga_{0.3}As толщиной 0.05 мкм.

Характерными особенностями данных структур являются следующие:

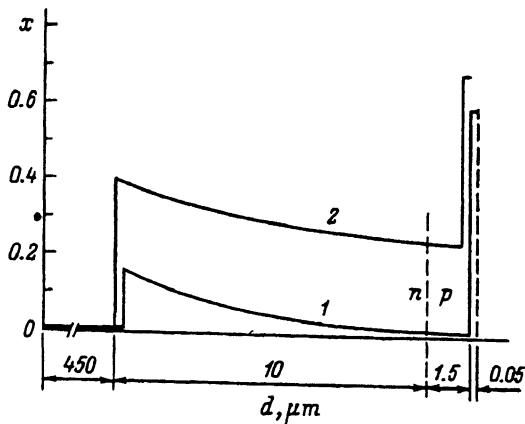


Рис. 1. Распределение мольной концентрации AlAs x по толщине d для двух типов гетероструктурных преобразователей: 1 — p - n -переход в GaAs, 2 — p - n -переход в твердом растворе $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$.

— малая толщина фронтального широкозонного слоя твердого раствора, что обеспечивает высокую эффективность разделения носителей тока, генерированных радиоактивным излучением вблизи поверхности гетероструктуры. Это подтверждается высокими значениями квантовой фоточувствительности в фиолетовой области, реализуемыми в аналогичных структурах [2];

— наличие градиента состава в достаточно толстом слое $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ создает тянущее квазиэлектрическое поле, способствующее улучшению собирания генерированных за p - n -переходом носителей тока и уменьшению влияния радиационных дефектов, снижающих величину диффузионной длины неосновных носителей тока (дырок). Это обеспечивает их более высокую радиационную и температурную стабильность [3], а значит, позволяет прогнозировать большой срок службы преобразователей радиоактивного излучения.

В наших экспериментах тритиевые источники излучения были выполнены в трех модификациях:

- титановая шайба—матрица с адсорбированным в ней тритием;
- тритиевый люминофорный источник света;
- стеклянная капсула с размещенным в ней гетероструктурным преобразователем, откачанная и затем наполненная газообразным тритием при давлении 0.7 атм.

Источник радиоактивного излучения с содержанием изотопа ^{55}Fe (10%) был выполнен в виде шайб диаметром 0.3—0.7 см.

В таблице приведены результаты измерения плотности тока, генерируемого в AlGaAs/GaAs-преобразователях тока четырьмя различными источниками радиоактивного излучения.

На рис. 2 представлены нагрузочные характеристики радиоизотопных источников электрической энергии с AlGaAs/GaAs-преобразователями. Необходимо обратить внимание на высокие значения фактора заполнения нагру-

Тип источника	Тритиево-титановый	Тритиево-люминофорный	Тритиевый, газообразный	^{55}Fe
Генерируемая плотность тока, $\text{мкА}/\text{см}^2$	0.02	0.04	0.95	1.1

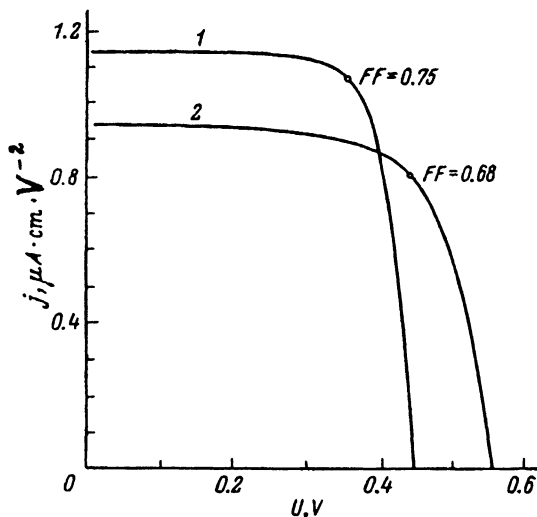


Рис. 2. Нагрузочные характеристики радиоизотопных источников электрической энергии с AlGaAs/GaAs-преобразователями. 1 — изотопный источник ^{55}Fe (GaAs в области p - n -перехода), 2 — газообразный тритиевый источник ($\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ в области p - n -перехода).

зочных характеристик $FF=0.75$, 0.68 (кривые 1, 2), достигнутые при относительно низкой плотности тока 10^{-6} А/см 2 .

Газообразный тритиевый источник с высотой «столба» трития 1 см над поверхностью гетеропреобразователя площадью 0.25 см $^{-2}$ обеспечивал в точке оптимальной нагрузки мощность ~ 0.09 мкВт при удельной выходной электрической мощности 0.36 мкВт/см 2 (рис. 2, кривая 2).

С практической точки зрения ббльший интерес представляют «твердые» источники радиоактивного излучения. При использовании источника ^{55}Fe (10%) получена удельная выходная электрическая мощность 0.4 мкВт/см 2 (рис. 2, кривая 1). Недостатком в сравнении с тритиевыми источниками являются относительно высокая стоимость изотопного источника ^{55}Fe и наличие фона проникающего излучения. Тритий-титановый источник при существенно меньшей генерируемой электрической мощности тем не менее представляет интерес вследствие меньшей стоимости и большего периода полураспада.

Удельная (на единицу площади и веса) мощность рассмотренных радиоизотопных источников электроэнергии может быть существенно увеличена по сравнению с полученными нами результатами путем:

— оптимизации источника радиоактивного излучения (например, за счет увеличения концентрации ^{55}Fe);

— использования тонкопленочных гетероструктурных преобразователей [4], которые могут быть набраны в многослойную батарею с последовательным чередованием полупроводниковых преобразователей и слоев радиоизотопного источника.

В заключение может быть сделан вывод о перспективности создания автономных источников питания, использующих радиоактивные изотопы в качестве источника энергии и AlGaAs/GaAs-гетероструктуры в качестве преобразователей энергии радиоактивного излучения в электрическую энергию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Физические величины. Справочник (под ред. И. С. Григорьева и Е. З. Мейлихова). М. (1991).
- [2] В. М. Андреев, А. А. Воднев, В. Р. Ларионов, Т. А. Пруцких, В. Д. Румянцев, К. Я. Расулов, В. П. Хвостиков. ФТП, 23, 597 (1989).
- [3] V. M. Andreev, V. S. Kalinovsky, O. V. Sulima. Proc. X Eur. Photovolt. Sol. Energy Conf., 52. Lisbon (1991).
- [4] В. М. Андреев, Н. М. Сараджишвили, О. М. Федорова, Ш. Ш. Шамухамедов. ЖТФ, 54, 1215 (1984).

Редактор Т. А. Полянская
