

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОНТАКТНО-ТОЧЕЧНЫЙ ДИОД НА ЖИДКОМ ПОЛУПРОВОДНИКЕ

Т. С. ЗОЛЯН

Рассматривается устройство и принцип действия контактно-точечного выпрямительного диода, способного работать при температуре 1000°K и выше без опасности пробоя и в условиях перегрузок. Применение жидкого оксидного полупроводника на основе окислов ванадия позволяет обходиться весьма недорогими материалами, без сложной технологии изготовления и герметизации. Коэффициент выпрямления—порядка 60—70.

Основным недостатком современных полупроводниковых приборов является невысокая рабочая температура [1]. Так, приборы, работающие на германии, могут быть использованы лишь до $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$, на кремнии—до 150°C , а способных работать до нескольких сот градусов практически не имеется, как из-за потери у твердых полупроводников своих электрических характеристик, так и из-за различных механических разрушений и деформаций, связанных с перегревом. Это настоятельно ставит вопрос о необходимости исследования возможностей полупроводниковых приборов на жидких полупроводниках, работающих преимущественно в области высоких температур [2], хотя еще недавно считалось, что „пока возможности жидких полупроводников совершенно неясны“ [3]. В настоящее время возникла потребность проведения практических шагов в этой области.

Одной из первых попыток в этом направлении является создание высокотемпературного выпрямительного контактно-точечного диода на жидком полупроводнике—на основе пятиоксида ванадия V_2O_5 .

Предыдущие исследования [4] показали, что высший окисел ванадия V_2O_5 как в чистом виде, так и при значительном количестве примесей (до 5%), в жидком состоянии является полупроводником, обладающим всеми характерными электрофизическими признаками, присущими твердотельным полупроводникам [4, 5].

Известно, что современные контактно-точечные диоды обладают рядом недостатков, основными из которых (кроме упомянутой невозможности работы при высоких температурах) являются опасность выхода из строя при повышении напряжения пробоя и перегрузке по току, необходимость применения дорогостоящих и редких полупроводниковых материалов, большая сложность их очистки, изготовления и технологической обработки, сильная влагобоязнь и окисляемость, приводящие к необходимости тщательной герметизации прибора и др. [6].

Устранение вышеуказанных недостатков и повышение работоспособности контактно-точечного диода до 1000—1200°K может быть достигнуто благодаря применению малоценного жидкого оксидного полупроводника типа пятиоксида ванадия V_2O_5 вместо Ge, Si, GaAs и других „экзотических“ дорогостоящих полупроводников.

Выше температуры плавления (668°C [5]) пятиокись ванадия обладает характеристиками, позволяющими получить выпрямляющий эффект [7] при соприкосновении с поверхностью жидкого полупроводника металлического электрода в виде заостренной проволоочки.

Действительно, если до температуры плавления V_2O_5 обладает довольно сложной зависимостью электропроводности σ от температуры T , в особенности в области предплавления и плавления (рис. 1), то в жидком состоянии эта зависимость носит явно выраженный экспоненциальный характер (рис. 2), типичный для твердых полупроводников.

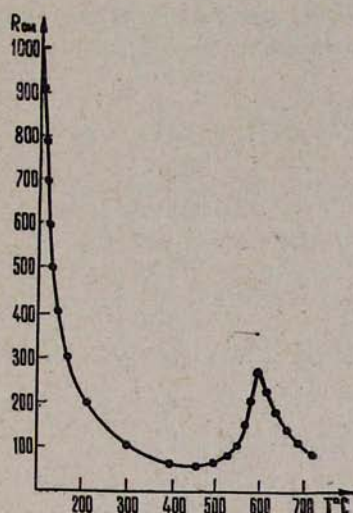


Рис. 1. Температурная зависимость сопротивления V_2O_5 до 700°C.

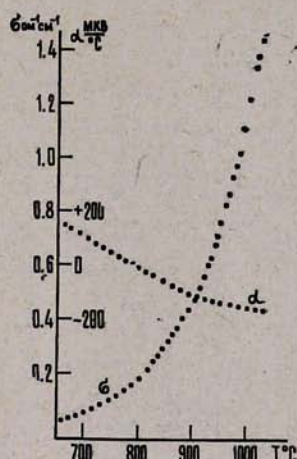


Рис. 2. Температурная зависимость электропроводности σ и термоэдс α жидкой V_2O_5 до 1000°C.

Термоэдс α при таких температурах в жидком состоянии испытывает инверсию, изменяя электронную проводимость (n -типа) на дырочную (p -типа) при температуре около 750°C (рис. 3), что при создании определенного температурного перепада позволяет надеяться на получение своеобразного запирающего слоя, обладающего выпрямляющими свойствами (p - n -переход).

Высокотемпературный выпрямитель на жидком полупроводнике экспериментально был осуществлен следующим образом. Пятиокись ванадия V_2O_5 наносилась на металлическую подложку из Pt или другого металла, не реагирующего с расплавом V_2O_5 и играющего одно-

временно роль невыпрямляющего омического контакта, и подогревалась специальной печью для поддержания требуемой температуры. Контактирующий электрод в виде проволоки из Pt , W , Ta и т. п. приводился в соприкосновение с поверхностью жидкого полупроводника. Все устройство располагалось в атмосфере воздуха или кислорода, а эксперимент проводился при температуре, близкой к $1000^\circ K$.

Одна из типичных вольт-амперных характеристик (ВАХ), снятых при присоединении вышеописанного устройства к стандартной измерительной схеме [8], представлена на рис. 4 и демонстрирует нелинейный характер проводимости контакта металл-жидкий полупроводник, характерный для выпрямительных структур. Ток I_n через переход растет по экспоненциальному закону $I_n = I_0 \left(\exp \frac{qU}{AkT} - 1 \right)$ [9] и уже при небольших напряжениях U коэффициент выпрямления K , характеризующийся отношением тока в прямой ветви I_n к току I_0 в обратной ветви, достигает величины 60—70, которая является максимальной для наиболее теплостойких диодных выпрямителей [6].

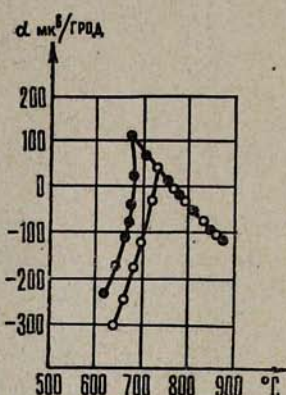


Рис. 3. Зависимость величины и знака термоэДС α пентаоксида ванадия от температуры. Черные точки — охлаждение, светлые — нагрев.

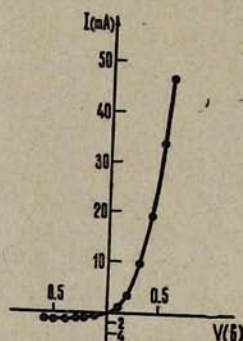


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика контакта расплавленной V_2O_5 с металлом при $1000^\circ K$ в атмосфере воздуха.

Отличительной особенностью рассматриваемого диода, помимо очень высокой рабочей температуры, является отсутствие опасности пробоя и перегрузок. Так, в случае увеличения напряжения до пробойного место пробоя немедленно заполняется жидким полупроводником, а перегрузочная способность диода определяется фактически допустимым током контактирующего электрода. Нормальным состоянием оксидного жидкого полупроводника является работа на воздухе, в кислороде и других средах (в которых, естественно, он не боится окисления) и отсутствие заметного изменения свойств при добавке малых количеств примесей или загрязнении при эксплуатации [4].

Таким образом, создание и исследование высокотемпературного контактно-точечного диода можно рассматривать как одну из первых попыток разработки приборов, работающих в условиях, недоступных для твердотельных полупроводниковых приборов: высокие температуры, сверхтяжелые эксплуатационные условия, отсутствие термических напряжений, сохранение полупроводниковых свойств под воздействием радиации и т. п. [10].

Институт радиофизики и
электроники АН АрмССР

Поступила 4. IX. 1972

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б. Н. Бушманов, Ю. А. Хромов. Физика твердого тела, Изд. Высшая школа, М., 1971.
2. Б. М. Вул, В. А. Кудрявцев. ФТП, 5, 1 (1971).
3. В. М. Глазов, С. Н. Чижевская, Н. Н. Глазюлева. Жидкие полупроводники, Изд. Наука, М., 1967.
4. Т. С. Золян, А. Р. Рейель. ФТТ, 6, 1520 (1964).
5. T. Allersma, R. Hakim, T. N. Kennedy, J. D. Mackenzie. J. Chem. Phys., 46, 154 (1967).
6. А. Ф. Городецкий, А. Ф. Кравченко. Полупроводниковые приборы, Изд. Высшая школа, М., 1967.
7. Т. С. Золян. Материалы совещания по явлениям переноса в электронных расплавах, Л., 1971; Т. С. Золян. ФТП, 6, 2056 (1972).
8. А. К. Криштафович. Электронные измерения, Изд. Высшая школа, М., 1967.
9. С. М. Городецкий, В. В. Лазовский. ФТП, 6, 168 (1972).
10. D. Adler. Electronics, 43, 61 (1970).

ՀԵՂՈՒԿ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴՉԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՍՏԻՃԱՆ ԴԻՈԴ

S. U. ZOLIAN

Ուսումնասիրվում է ուղղիչ դիոդի գործողության սկզբունքը, որը ընդունակ է աշխատելու մինչև 1000°K և ալիքի չերմաստիճանների դեպքում, գերբեռնվածության պայմաններում և առանց էլեկտրական ծախման վտանգի: Հեղուկ օքսիդային կիսահաղորդիչի կիրառումը վանդիումի օքսիդի հիմքի վրա թույլ է տալիս օգտվել ոչ թանկ նյութերից, առանց պատրաստման բարդ տեխնոլոգիայի և հերմետիզացիայի: Ուղղիչ գործակիցը 60—70 է:

HIGH TEMPERATURE DIOD ON LIQUID SEMICONDUCTOR

T. S. ZOLIAN

The VA characteristics of liquid oxide semiconductors of vanadium pentoxide type on the border with metal have been observed in air at 1000°K . It is indicated that VA characteristics are well approximated by non-linear exponential dependence between direct and indirect currents, the rectification factor being equal to 60—70.