
***РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ
ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ***

«СТОЙКОСТЬ-2002»

Научно-технический сборник

Выпуск 5

Москва 2002 г.



УДК 004(06)+621.38(06)+681.5(06)
ББК 32.973.202я5+32.85я5+32.965я5
НЗ4

Научно-технический сборник. Радиационная стойкость электронных систем//Конференция «Стойкость-2002». М.: МИФИ, 2002. 284 с.

Настоящий научно-технический сборник подготовлен к печати ЭН СПЭЛС по материалам тезисов докладов Российской научной конференции «Радиационная стойкость электронных систем - Стойкость 2002» (НИИ Приборов, г.Лыткарино, 4-6 июня 2002 г).

В сборнике опубликованы материалы, представленные в Оргкомитет до 15 апреля 2002 г.

Статьи сборника издаются в авторской редакции.

ISBN 5-7262-0431-X

© Авторы и представляющие организации, 2002 г.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТЕЧЕСТВЕННЫХ IGBT ТРАНЗИСТОРОВ МЕТОДОМ РАДИАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Е.А.Ладыгин, М.П.Коновалов, П.Б.Лагов,

Московский государственный институт стали и сплавов

Представлены экспериментальные результаты по улучшению комплекса параметров и радиационной стойкости отечественных биполярных транзисторов с изолированным затвором.

Наиболее перспективным силовым полупроводниковым прибором, широко применяющимся в модулях и преобразователях аппаратуры промышленной автоматики и электропривода в настоящее время является биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT). Наиболее важной характеристикой IGBT транзистора является рабочая частота и время выключения, которые в значительной степени определяют динамические потери и теплофизические характеристики транзистора. Относительно медленное переключение ограничивает область применения этих приборов в высокоскоростных устройствах. Кроме того, большая часть низкочастотных IGBT транзисторов оказывается неработоспособной за счет паразитного “триггерного” эффекта.

Наиболее эффективным решением этих проблем является внедрение радиационно-технологического процесса (РТП) в технологическую цепочку изготовления IGBT приборов, позволяющее управлять временем жизни носителей за счет контролируемого введения в область базы вертикального силового р-п-р транзистора центров рекомбинации радиационного происхождения.

Объектом исследования служили отечественные эпитаксиально-планарные IGBT транзисторы 2Е701, рассчитанные на ток нагрузки 20 А. Отработка режимов технологического процесса структур проводилась на линейном ускорителе “Электроника” в интервале потоков (10^{16}) эл/см² быстрыми электронами с энергией 6 МэВ при комнатной температуре.

В результате исследований поведения комплекса параметров при облучении быстрыми электронами и последующем термическом отжиге установлены

- а) возможность полного подавления паразитного “триггерного” эффекта;
- б) незначительное (в рамках норм ТУ) изменение пороговых напряжений пороговых напряжений управляющих МОП ячеек;
- в) возможность повышения электропрочности вертикального силового транзистора;
- г) возможность резкого повышения быстродействия (t_{выкл})

Кроме того обнаружено, что напряжение насыщения коллектор-эмиттер вначале незначительно возрастает, затем с ростом потока $\Phi_e > 5 \cdot 10^{15}$ эл/см² наблюдается его снижение. Это особенно важно, так как именно изменение напряжения насыщения коллектор-эмиттер является основным фактором, влияющим на радиационную стойкость к статическому излучению.

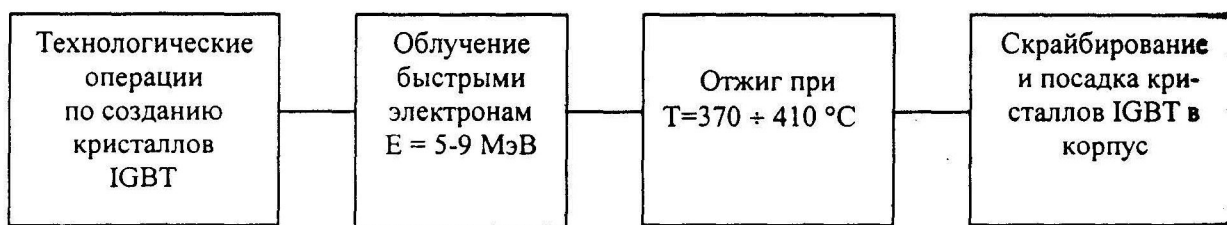
Улучшение комплекса статических и динамических параметров позволяет в 5 – 6 раз снизить динамические потери мощности при незначительном (около 20%) росте статических потерь мощности.

Эффект снижения напряжения насыщения коллектор-эмиттер связан, прежде всего, с компенсацией легирующей примеси в области n^+ базы радиационными центрами и расширением ОПЗ в область базы. Используя этот эффект при сверхглубоком облучении, возможно получение IGBT транзисторов с малыми значениями напряжения насыщения коллектор-эмиттер и высоким быстродействием (эти параметры будут не в обратной зависимости, а в прямой), что сведет к минимуму как динамические, так и статические потери мощности в предельных режимах работы транзисторов по току, напряжению, частоте.

Стоит заметить, что единственным ограничением повышения быстродействия и роста пробивного напряжения транзисторов является достижение ОПЗ буферного n -слоя. Когда граница ОПЗ, пройдя через n^+ -слой достигнет сильнолегированной области коллектора, дальнейшее расширение ОПЗ приведет к резкому падению пробивного напряжения коллектор-эмиттер.

В результате проведенных исследований выбраны оптимальные режимы операций облучения быстрыми электронами ($\Phi_e = 6 \cdot 10^{15}$ эл/см² при $E_e = 6$ МэВ) и отжига ($T = 390^\circ\text{C}$ в течение 30 минут) для транзисторов 2E701, выпускаемых по требованиям действующих ТУ. Применение этих режимов РТП позволяет улучшить (снизить) время выключения в 20 раз, повысить пробивное напряжение коллектор-эмиттер на 25 % при незначительном росте напряжения насыщения коллектор-эмиттер.

Отметим, что изготовление быстродействующих радиационнстойких IGBT транзисторов без применения РТП вообще невозможно. Общую технологическую схему изготовления IGBT приборов с улучшенными характеристиками и повышенной радиационной стойкостью можно представить следующим образом:



Литература

1. Е.А. Ладыгин. Радиационная технология твердотельных электронных приборов. М.:ЦНИИ "Электроника", 1976 г, 345 с.
2. Н.Н. Горюнов, Е.А. Ладыгин, А.П. Галеев, А.В. Паничкин. Основы радиационной технологии микроэлектроники (в 3-х ч., 311 с.). М.: МИСиС. 1996 г.
3. Е.А. Ладыгин, М.Я. Дашевский, П.Б. Лагов, В.Н. Улимов, О.В. Сопов. Физические основы радиационных процессов в технологии кремниевых приборов силовой электроники / Пятый семинар АТАМ. Материалы и процессы создания приборов силовой электроники. 5-7 мая 2001. Москва, Россия.