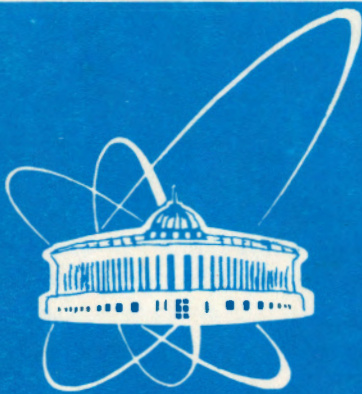


94-355



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P14-94-355

В.Вроньски¹, А.Ю.Дидык

АНАЛИЗ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ
ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ ПРИ РАЗДЕЛЬНОМ
ОБЛУЧЕНИИ ИХ КОМПОНЕНТОВ
СКОЛЛИМИРОВАННЫМ ПУЧКОМ
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

¹Институт ядерной химии и техники, Варшава

ВВЕДЕНИЕ

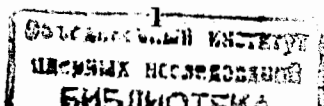
Повреждение электронной аппаратуры в результате воздействия космического излучения или радиационного облучения вблизи действующих ядерных объектов может приводить к отказам или к авариям, зачастую с серьезными последствиями. Поэтому не ослабевает интерес к лабораторным исследованиям радиационной стойкости компонентов электронных схем с целью определения и увеличения их рабочих ресурсов в условиях повышенной радиации.

В известной работе Баттисти и др.^{/1/} определены интегральные флюенсы быстрых нейтронов и гамма-квантов, которые вызвали значительное ухудшение основных параметров полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Однако, в общем случае, можно утверждать, что рабочий ресурс сложной системы в целом и ее отдельных компонентов не совпадают.

Облучение всей электронной системы излучением с большой проникающей способностью, которое лучшим образом воспроизводит реальную радиационную обстановку, позволяет правильно определить рабочий ресурс сложной системы, однако не дает ответа на очень важный вопрос: какой из облучаемых одновременно компонентов системы является наиболее радиационно нестойким.

В настоящей работе сделана попытка устранить эти недостатки. С этой целью применен принцип сравнительного, или параллельного, анализа радиационных повреждений, заключающийся в одновременном наблюдении за поведением облучаемой и контрольной электронных систем. Самые интересные результаты получаются, если последовательно и раздельно облучается каждый компонент сложной системы. Этот принцип применялся раньше для изучения сбоев запоминающих устройств, путем подсчета количества ошибок в информации, хранящейся в облучаемой "памяти", по сравнению с необлученной (эталонной) "памятью".

Существенным элементом этого метода является применение источников, дающих узконаправленный пучок излучения, каковыми являются ускорители заряженных частиц.



Возможность моделирования различных видов излучения была проверена, например, в работе /2/, в которой определена количественная характеристика их повреждающего воздействия на параметры кремниевых транзисторов и интегральных микросхем.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнительный метод анализа радиационных повреждений с отдельным облучением компонентов электронных систем использован на примере электронных цифровых часов. Основным компонентом электронной схемы часов является интегральная микросхема (типа MC1210N), представляющая собой генератор, стабилизированный кварцевым резонатором с 23 - ступенчатым делителем частоты, которая управляет шаговым двигателем устройства высвечивания цифр, собранного на электролюминесцентных диодах. Кроме этого компонента облучению подвергалась микросхема типа LM8560 и планарный транзистор типа BC237. Для облучения использовались два источника направленного излучения:

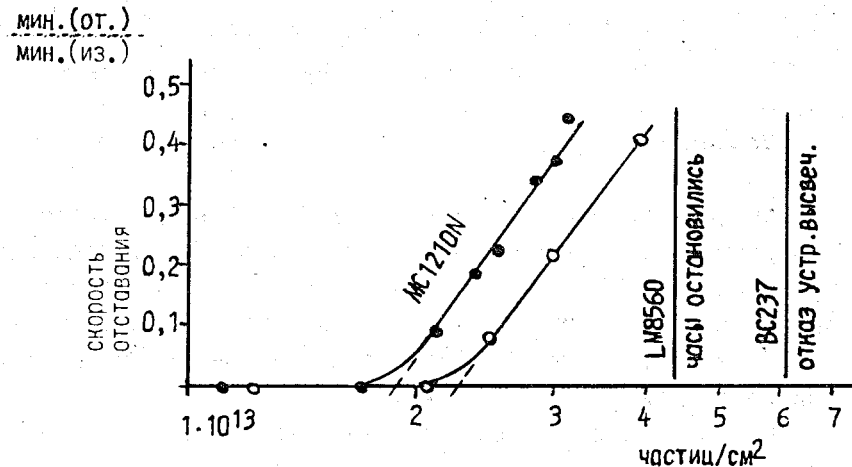
а) стронциево-иттриевый изотопный источник, излучающий позитроны со средней энергией примерно 1 МэВ и с интенсивностью около 3×10^8 частиц в секунду с поверхности в 1 см^2 . Этот источник, заключенный в алюминиево-свинцовый корпус, обладает неплохими характеристиками направленности и не влияет на соседние компоненты, находящиеся на печатной плате с односторонним монтажом;

б) ускоренные на микротроне типа МТ-25 электроны с энергией 25 МэВ коллимировались в окно площадью 1 см^2 , средняя интенсивность - 2×10^9 электронов в секунду.

Цифровые табло обоих часов были выведены на пульт управления, и их показания записывались в течение всего времени проведения эксперимента. Измерялась величина отставания часов, в которых облучался один из их компонентов, по сравнению с ходом эталонных часов. С точностью ± 1 секунда разность показаний обоих часов измерялась в чередующихся циклах облучения и измерения, причем на время измерения облучение прерывалось.

На рисунке приведены результаты анализа экспериментальных часов, в которых облучался одновременно только один из компонентов электронной схемы. Основным параметром, которым является точность хода, измерялся в единицах скорости отставания, равной времени отставания (мин. (отст.)), деленному на время измерения (мин. (изм.)).

Горизонтальная ось проградуирована в единицах интегрального флюенса частиц ($\text{частиц}/\text{см}^2$).



Зависимость увеличения скорости отставания экспериментальных часов в результате облучения микросхемы MC1210N: ● - облучение позитронами на источнике, ○ - облучение электронами на МТ-25. Надписями отмечены результаты облучения других компонентов схемы: транзистора BC237 и микросхемы LM8560

Как видно, после облучения микросхемы MC1210N интегральным флюенсом около 2×10^{13} частиц/ см^2 появляется отставание экспериментальных часов, которое затем быстро увеличивается. Принципиальных различий повреждающих способностей позитронов и электронов не наблюдается.

Анализ радиационных повреждений часов был продолжен после замены микросхемы, вышедшей из строя. В этом случае облучалась микросхема LM8560. После ее облучения интегральным флюенсом $\approx 4 \times 10^{13}$ частиц/ см^2 произошла

полная остановка экспериментальных часов при правильной работе устройства высвечивания времени. Это отмечено соответствующей надписью на рисунке.

Затем, после замены микросхемы, облученной в предыдущем эксперименте, облучался транзистор BC237. После набора интегрального флюенса более 6×10^{13} частиц/см² начались отказы в высвечивании отдельных цифр на устройстве высвечивания времени до полного исчезновения всех цифр. При этом точность экспериментальных часов оставалась высокой. Замена облученного транзистора восстанавливала полную исправность экспериментальных часов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные выше результаты экспериментов далеко не исчерпывают всех возможностей анализа радиационного повреждения данной схемы при использовании описанного метода. В частности, во время экспериментов наблюдался эффект небольшого увеличения отставания часов при повторном измерении без облучения.

На основе выполненных исследований можно сделать вывод о том, что, несмотря на простоту, описанный выше метод представляется перспективным для тестирования сложных электронных устройств с целью нахождения наиболее радиационно нестабильных компонентов для оценки влияния ухудшения их параметров на работоспособность устройства в целом.

Продолжение такого рода исследований предполагается в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Battisti S. Nucl. Instr. and Methods, v.136, N3, 1976.
2. Didyk A. Yu., Gulbekian G. G., Wronski W. Preprint JINR E14-94-217, Dubna, 1994.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 сентября 1994 года.