

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ДИОДОВ ГАННА В ВОЕННОЙ ТЕХНИКЕ ВОЙСК ВКО

Шлёмин М.А. Email: Shlyomin1789@scientifictext.ru

*Шлёмин Максим Андреевич – курсант,
кафедра радиоэлектронных систем,
Военная академия воздушно-космической обороны,
г. Тверь*

Аннотация: в наше время Министерство Обороны Российской Федерации предъявляет к конструкторам высокие требования в развитии отечественных систем радиолокации, которые заключаются в наличии современных модулей, мобильности систем, надежности, а также дальности обнаружения цели и ее распознавания. Поэтому конструкторы переходят с ранее используемых электровакуумных приборов на интегральные микросхемы. И особый вопрос остается в использовании в данных системах диодов Ганна. Их эффекты отличаются кардинальным способом от обычных диодов, поэтому основной задачей является внедрение его в технику. Это является перспективным направлением развития нашей военной техники, а также, возможно, и будущим нашей безопасности.

Ключевые слова: диод Ганна, радиотехнические системы, ВКО, РЛС, эффект Ганна.

PERSPECTIVE OF GUNN IN MILITARY EQUIPMENT OF VKS Shlyomin M.A. Email: Shlyomin1789@scientifictext.ru

*Shlyomin Maxim Andreevich – cadet,
ELECTRONIC SYSTEMS DEPARTMENT,
THE MILITARY ACADEMY OF AIR AND SPACE DEFENCE,
TVER*

Abstract: nowadays the Russian Federation Ministry of Defence makes high demands to the constructors in the development of national radar systems that are concluded available modern modules, mobility systems, reliability and range target detection and its recognition. Therefore, designers are moving to the previously used electrovacuum devices to integrated circuits. And special question remains in use in these systems Gunn diodes. Their effects differ radically from the usual way of diodes, so the main task is to implement it in the technique. This is a promising direction in the development of our military equipment, as well as, perhaps, the future of our security.

Keywords: gunn diode, radio systems, aerospace defense, radar, Gunn effect.

УДК 355/359

Актуальность данной статьи заключается в том, что в современной военной технике ВКО необходимо обеспечивать не только мобильность комплексов для защиты их от возможного нападения, но и возможность определения цели на более дальних расстояниях за счет увеличения генерируемой частоты, которая обеспечивается элементной базой самой РЛС [2].

Для выполнения данного условия имеется перспектива в использовании диодов Ганна. Диод Ганна представляет собой полупроводниковый прибор с отрицательным дифференциальным сопротивлением, возникающим в однородном кристалле полупроводника при приложении к нему сильного электрического поля [1]. Они могут состоять из таких материалов, как арсенид галлия, антимонид индия, арсенид индия, а также других соединений. Однако наиболее распространенным диодом Ганна является диод на основе арсенида галлия, так как на настоящий момент данный материал является наиболее исследованным. На рисунке 1. представлена структура диода Ганна. Площадь кристалла составляет 100*100 микрометров квадратных, а длина l = от 5 до 100 микрометров. На диоде имеются металлические контакты для подключения их в схеме.

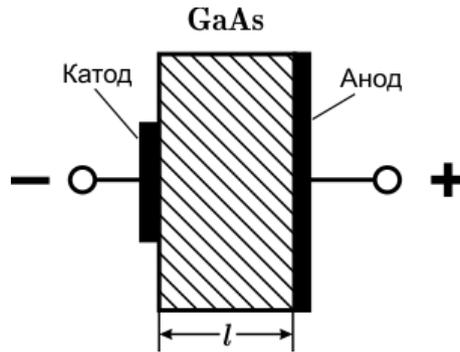


Рис. 1. Структура диода Ганна

Данный диод отличается от других тем, что он работает на принципе возникающих доменов. Этот эффект имеет название эффекта Ганна. Это возникает при воздействии сильного электрического поля, которое распределяется по диоду пропорционально сопротивлению его отдельных участков. Вследствие этого возникает повышение напряжения на отдельных участках диода и возрастает напряженность этих участков. Следовательно, после этого формируются электроны «тяжелого» и «легкого» типа, образующие между собой домен сильного поля – это образование в виде сгустков электронов, перед которым создается область с их пониженной концентрацией. Данный домен представлен на рисунке 2.

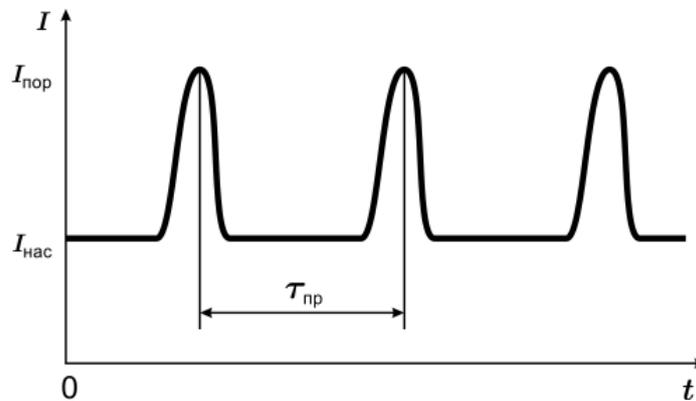


Рис. 2. Домен сильного поля

Домены, которые формируются в диоде, имеют треугольную форму. Интересен тот факт, что пока домен не исчезнет, поле в образце будет меньше порогового значения, и образование нового домена произойдет только после исчезновения первого. Поэтому ток во внешней цепи будет представлять собой последовательность импульсов. С помощью этой зависимости определяется время пролета домена, которое рассчитывается по формуле:

$$\tau = l/v_{пр} \quad (1)$$

где l — длина пластины полупроводника; $v_{пр}$ — скорость пролёта.

Диоды Ганна распределяются по конструктивному признаку на две основные группы: корпусные и бескорпусные. В зависимости от выполняемой задачи используется как первый, так и второй тип конструкции.

Данный диод предназначен для обеспечения следующих параметров:

1. **КПД** (коэффициент полезного действия (обозначается символом η)). Конструкторами и учеными было отмечено, что основное воздействие на КПД диода оказывает частота, на которой он работает. С помощью проведенных теоретических и практических подсчетов, был сделан следующий вывод о том, что максимальное КПД достигается при значении частоты, колеблющееся от 1 до 10 ГГц. Он составил до сорока процентов. Также была выведена следующая закономерность, что при увеличении частоты работы диода его КПД будет уменьшаться. К примеру, для частоты в пределах до 40 ГГц значение КПД упадет до 10-12 процентов. Снижение КПД может быть также вызвано плохими условиями теплоотвода, которые возникают при длительной работе диода. Поэтому, улучшение условий теплоотвода является также одним из методов повышения КПД. Также для повышения эффективности работы диода конструкторы могут подбирать такие схемы, которые могут оптимально подстроиться не только на первую гармонику, но и на последующие гармоники.

2. **Выходная мощность** $P_{вых}$. Данная мощность рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{вых} \cdot f = A, \quad (2)$$

где A – постоянная, определяющаяся с помощью значения допустимого перегрева структуры диода, тепловыми характеристиками материала, из которого состоит диод, КПД и ёмкостью диода. Ограничения выходной мощности по электрическому, вызваны тем, что при большой выходной мощности амплитуда колебаний примерно равна постоянному напряжению U_0 , которое возникает на диоде:

$$U_m \approx U_0 = E_0 l, \quad (3)$$

где l — длина диода.

Стоит отметить, что при работе диода на низких частотах его выходная мощность будет определяться тепловыми эффектами, происходящие в диоде. При работе в миллиметровом диапазоне возникают ограничения электрического характера, обусловленные снижением толщины активной области диода. При работе диода в непрерывном режиме были получены следующие значения: если диод настроить на длину волны, равной трем сантиметрам, то получим выходную мощность от 1 до 2 Вт (КПД: 14%). На частоте от 60 до 100 ГГц будет получена выходная мощность в районе 100 мВт. Диоды Ганна хороши в использовании в военной технике тем, что они обладают меньшими частотными шумами, по сравнению с лавинно-пролетными диодами, а также большой надёжностью работы при различных неблагоприятных условиях (например, воздействие на аппаратуру радиации может вызывать некорректное отображение информации на радиолокаторах обнаружения, что может привести к пропуску цели и угрозу для выполнения боевой задачи расчета и подразделения)

Общие требования к электромагнитным цепям заключаются в обеспечении заданной рабочей частоты и режима работы, полосы перестройки по частоте, стабильности, максимального контурного КПД и теплоотвода. Также могут задаваться дополнительные условия для совместимости и обеспечения заданной надёжности (например, устойчивость к радиации, обеспечение экранирования и другие методы обеспечения).

Заданная рабочая частота и режим работы обеспечиваются полным входным сопротивлением колебательного контура, которое задается комплексным сопротивлением $Z = R + jX$. Чтобы это обеспечить это, необходимо использовать резонатор, который может состоять как из определенного отрезка некоторой длины, так и трансформатора сопротивлений, включающийся в эту линию. Данный резонатор связывается с диодом Ганна и подключаемой нагрузкой с помощью специальных устройств связи. Для устранения возникающего шунтирования в цепи в нее могут включить фильтр низких частот (ФНЧ). Для того чтобы обеспечить необходимые заданные параметры по полосе перестройки и стабильности, необходимо использовать различные виды структур цепи, от которых также зависит значение нагруженной добротности цепи.

Таким образом, необходимыми элементами конструкции диодного генератора являются:

1. резонатор;
2. устройство связи нагрузки;
3. СВЧ трансформатор сопротивлений;
4. цепи питания диода;
5. ФНЧ.

Обобщённая структурная схема диодного генератора представлена на рисунке 3:

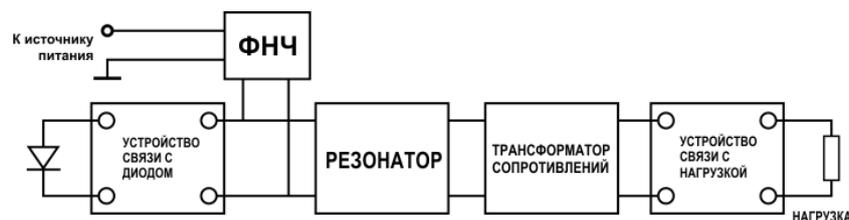


Рис. 3. Структурная схема диодного генератора

Внутреннее количество боевой техники, которая состоит на вооружении ВКО, обладает электровакuumными приборами, которые в настоящее время начинают повсеместно выходить из строя. С помощью данных диодов можно обеспечить высокую наработку на отказ системы, устойчивость к воздействиям радиации, стабильность генерируемой частоты и работу в СВЧ-диапазоне волн. Поэтому наиболее перспективным развитием является использование диодов Ганна для обеспечения частоты СВЧ-колебаний, надёжность, а также уменьшение габаритов к модулям радиотехнических систем. Данные требования встают на первое место, так как к современным радиолокационным комплексам предъявляются высокие требования по нахождению не только аэродинамических, но и баллистических целей. Но для обеспечения таких мощностей необходимо использование мощных гетеродинов для возможности генерации высокочастотного излучения.

1. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды. Справочник / Под ред. Б.А. Наливайко. Томск: МГП «РАСКО», 1992. 223 с.
2. Основы построения РЛС РТВ / Под ред. Б.Ф. Бондаренко. Киев: КВИРТУ ПВО, 1987. 368 с.