**УДК 621.3.052.9**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ**

***Иванов С.В., Сивова В.М.***

Балтийский государственный технический университет

"ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф.Устинова

1900005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская, 1

Тел.: (812) 495-77-53. Факс: (812) 316-24-09

E-mail: serjooooo9@gmail.com

**АННОТАЦИЯ**

Проведено исследование возможности достижения необходимой плотности энергии лазерного луча и последующего её фотоэлектрического преобразования при беспроводной передаче энергии.

**Ключевые слова:** лазерный луч, фотоэлектрический преобразователь (ФЭП), антенна, коэффициент полезного действия (КПД).

**Основные теоретические положения**

При работе антенны в космическом пространстве большое значение имеет необходимая плотность энергии лазерного луча, достаточной для работы исполнительного устройства, предназначенного в условиях космического пространства. Настоящая статья посвящена исследованию необходимой плотности энергии лазерного луча.

Для работы исполнительного устройства БСУФ КТК при беспроводной передаче энергии необходимо решить главную задачу − обеспечить максимально возможный энергетический КПД системы в целом. Пути повышения КПД системы:

* повышение КПД лазера;
* снижение потерь энергии при распространении излучения по оптическому каналу;
* повышение КПД фотоэлектрического преобразования;
* снижение потерь при преобразовании электрической энергии;
* повышение КПД накопителя электрической энергии.

Главными неблагоприятными факторами космического пространства с точки зрения достижения необходимой плотности энергии лазерного луча и последующего её фотоэлектрического преобразования и длительного сохранения в устройствах промежуточного накопления являются ионизирующее излучение и перепад температур.

**Повышение мощности лазера и ограничивающие факторы.**

В соответствии с [1] основной энергетической характеристикой лазерного излучения является энергия лазерного излучения *W*, Дж. На практике используется также мощность лазерного излучения – энергия, отнесённая ко времени *Р*, Вт, *P* = *dW*/*dt* и соответственно

. (1)

Достижение необходимой плотности энергии лазерного луча в оптическом передатчике возможно при следующих условиях:

* максимально достижимый КПД лазера;
* стабилизация температуры лазерной среды и зеркал;
* формирование лазерного пуска с наименьшей расходимостью;
* отсутствие лазерных мод высших порядков.

Принято выделять три основные группы механизмов ограничения мощности излучения полупроводниковых лазеров:

1. Термические механизмы.
2. Нетермические механизмы.
3. Катастрофическое разрушение зеркал резонатора лазера.

Термическое ограничение мощности полупроводникового лазера заключается в росте порогового тока накачки, из-за прямой зависимости от температуры рекомбинационных коэффициентов и обратной зависимости от температуры оптического усиления.

Нетермическими механизмами ограничения мощности считают механизмы, учитывающие рост концентрации неравновесных носителей в лазерной среде за порогом генерации света, и механизмы, предполагающие влияние высокой плотности фотонов в волноводе на оптическое усиление в лазере, такие как спектральное и пространственное выжигание носителей стимулированным излучением.

Катастрофическое разрушение зеркал полупроводникового лазера вызвано совместным действием нескольких физических механизмов различной природы.

Помимо основных существует также множество дополнительных факторов, могущих влиять на ватт-амперную характеристику полупроводникового инжекционного лазера: расширение ближнего поля из-за растекания тока, появление перпендикулярных мод высших порядков с ростом тока накачки и т.д.

**Снижение потерь фотоэлектрического преобразователя**

Основные требования к фотоэлектрическим преобразователям (ФЭП) лазерного излучения сформулированы в [2]:

* высокий КПД при выбранных длинах волн лазерного излучения;
* эффективная и надёжная работа ФЭП при высокой плотности излучения и повышенных температурах;
* эффективный отвод тепла от ФЭП без существенного увеличения массы;
* устойчивость к воздействию внешних факторов в космическом пространстве;
* возможность компенсации неравномерного распределения плотности лазерного излучения.

Главная проблема фотоэлектрического преобразования монохроматического излучения – обеспечение достаточно высокой эффективности преобразования при оптической мощности в диапазоне 0,1…100 Вт/см2.

Существуют два основных вида потерь ФЭП: световые (около 35% от общих потерь) и электрические (приблизительно 55%).

Основные компоненты световых потерь − это потери на отражение лучистой энергии (8...20%), пассивные потери поглощения (10...20%), а побочный компонент – потери пропускания (около 2%). Просветляющие покрытия сокращают потери на отражение до 6...9%. Для уменьшения потерь пропускания на границе раздела тыльный электрод – полупроводник создают условия полного отражения лучистой энергии внутрь кристалла, толщину *p-n*-перехода и области *р*-типа увеличивают.

Пассивные потери поглощения возрастают с увеличением длины волны в спектре излучения. При λ > λгр коэффициент поглощения полупроводника резко снижается, электронно-дырочные пары не генерируются, солнечное излучение поглощается в глубине *р-*области кристалла вне действия электрического поля перехода и преобразуется в тепловую энергию. Для уменьшения этих потерь в полупроводник внедряют примеси, образующие в его запрещенной зоне Δ*Е*зуровни ловушек, или заменяют *р-п-*переход гетеропереходом между полупроводниками с разной шириной запрещенной зоны. В том и другом случае процесс генерации неравновесных носителей в преобразователе имеет свои особенности.

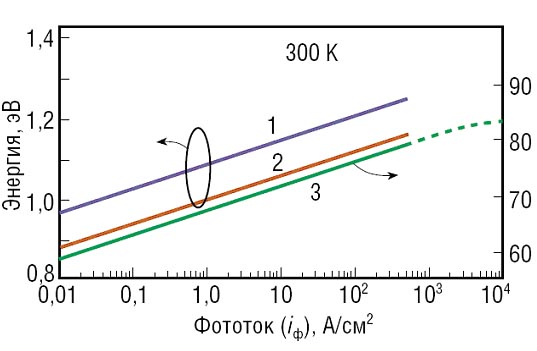
Расчетные зависимости КПД и энергии фоторпеобразователя лазерного излучения от уровня освещенности приведена на 1, где линия 1 − зависимость *qU*xx , линия 2 − зависимость *qU*опт и линия 3 зависимость КПД от плотности фототока для идеализированного *p-n*-перехода в GaAs при преобразовании монохроматического излучения с энергией квантов *hv* = *Eg*.

Рис. 1 Расчетные зависимости энергетических параметров фотопреобразователя

**Выводы**

Кратко рассмотрены основные теоретические положения повышения КПД системы, увеличение мощности лазера и ограничивающие факторы. Приведена расчётная зависимость энергетических параметров преобразователя для снижения потерь фотоэлектрического преобразователя.

**Библиографический список**

1. ГОСТ 24453−80
2. Мощные фотоэлектрические преобразователи монохроматического и концентрированного солнечного излучения // Андреев В.М. Современная электроника № 6. 2014.