"Нелинейные волны -2018"

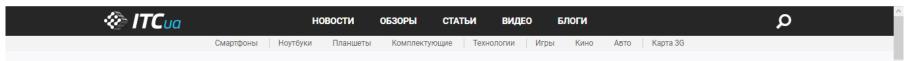
26 февраля - 4 марта 2018 г.

Лазерная система для удаления космического мусора с околоземной орбиты Палашов О.В.





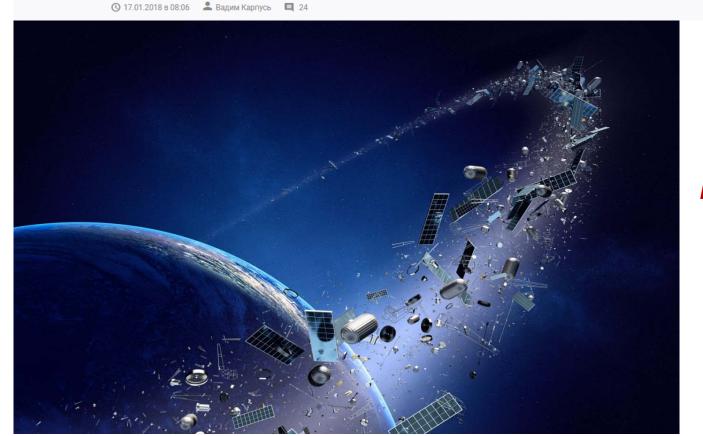
Лазерная система для удаления космического мусора с околоземной орбиты



https://itc.ua/news/kitayskie-uchyonyie-predlagayut-unichtozhat-kosmicheskiy-musor-pri-pomoshhi-orbitalnyih-lazernyih-stantsiy/

новости

Китайские учёные предлагают уничтожать космический мусор при помощи орбитальных лазерных станций



... Китайские исследователи предлагают радикальный способ борьбы с подобным загрязнением – при помощи лазерного оружия...





https://www.gazeta.ru/science/2018/01/17 a 11615810.shtml

Мракобесие

газета.ru



КУЛЬТУРА



«Кремлевский доклад»: санкции на подходе

новости

Космос Медицина

тес овщест

АРМИЯ М

мнения

Социальные науки

НАУКА

Технологии

технологии

ВТО

стиль спорт

Q

[%- ### форма подписки по встплытию -%]

Китайцы очистят космос лазером



... Китайские ученые предложили оригинальный способ борьбы с космическим мусором — с помощью лазера...

... из Инженерного университета ВВС Китая. В своей работе ученые провели численное моделирование, чтобы выяснить, способны ли орбитальные станции, оснащенные мощными пульсирующими лазерными установками, разрушить с их помощью другие спутники.







https://hi-news.ru/technology/uchyonye-planiruyut-sbivat-orbitalnyj-kosmicheskij-musor-pri-pomoshhi-lazera.html

🗲 Тренды КОСМОС ЭЛОН-МАСК TESLA МАЙНИНГ КРИПТОВАЛЮТА NVIDIA

Учёные планируют сбивать орбитальный космический мусор при помощи лазера



... новый проект учёных из японского института RIKEN звучит наиболее амбициозно.... Он предполагает использование мощного лазера для того, чтобы сбивать мусор с орбиты. Японские учёные утверждают, что точность системы будет настолько высока, что сбивать можно будет даже объекты размером в 1 кв. см. ...на МКС будет установлена полноразмерная лазерная установка для уничтожения КМ. Телескоп будет диаметром 3 м, а лазер будет состоять из 10 000 волокон. С такой лазерной пушки можно будет сбивать мусор на расстоянии до 100 км от МКС...







https://hi-news.ru/technology/uchyonye-planiruyut-sbivat-orbitalnyj-kosmicheskij-musor-pri-pomoshhi-lazera.html

🗲 Тренды КОСМОС ЭЛОН-МАСК TESLA МАЙНИНГ КРИПТОВАЛЮТА NVIDIA

Учёные планируют сбивать орбитальный космический мусор при помощи лазера



... Группа, возглавляемая Тошикэзу Эбизузэки, планирует использовать телескоп, создаваемый в рамках проекта Extreme Universe Space Observatory (EUSO), который имеет достаточно большую область охвата. Этот телескоп будет использоваться на МКС для слежения за верхними слоями атмосферы Земли в поисках вспышек света, вызванных столкновениями молекул воздуха с высокоэнергетическими частицами космических лучей. «Во время, свободное от слежения за атмосферой, мы можем использовать телескоп и в других целях" - рассказывает Эбизузэки ...





















1. Введение

Намусорили: Где? Как? Чем?

Реальная угроза?



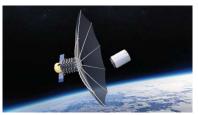


1. Введение

Намусорили: Где? Как? Чем? Реальная угроза?

2. Разные способы удаления





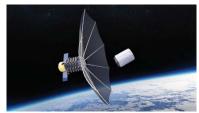


1. Введение

Намусорили: Где? Как? Чем? Реальная угроза?

- 2. Разные способы удаления
- 3. Орбитальный лазер









1. Введение

Намусорили: Где? Как? Чем? Реальная угроза?



- 3. Орбитальный лазер
- 4. Заключение / про «принцип домино» Что впереди?











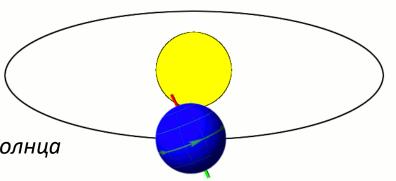
Намусорили:







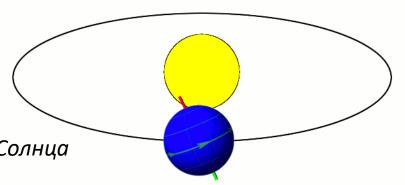
траектория движения Земли вокруг Солнца



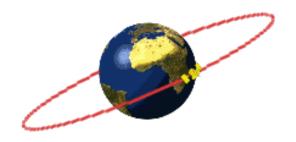




траектория движения Земли вокруг Солнца



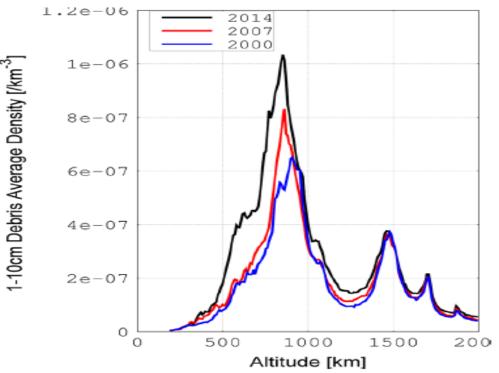
Нет..





Высота геостационарной орбиты (на которой действующие на спутник силы гравитации и центробежная сила должны уравновешивать друг друга) **35 786 км**





Низкая околоземная орбита — космическая орбита вокруг Земли, имеющая высоту над поверхностью планеты от **160 км** до **2000 км**.

Высота геостационарной орбиты (на которой действующие на спутник силы гравитации и центробежная сила должны уравновешивать друг друга) **35 786 км**



Намусорили:

Как? Чем?

Низкая околоземная орбита — космическая орбита вокруг Земли, имеющая высоту над поверхностью планеты от **160 км** до **2000 км**.

Высота геостационарной орбиты (на которой действующие на спутник силы гравитации и центробежная сила должны уравновешивать друг друга) **35 786 км**



Космический мусор — все искусственные объекты и их фрагменты в космосе, которые уже неисправны, не функционируют и никогда более не смогут служить никаким полезным целям, но являющиеся опасным фактором воздействия на функционирующие космические аппараты. В некоторых случаях, крупные или содержащие на борту опасные (ядерные, токсичные и т. п.) материалы объекты КМ могут представлять прямую опасность и для Земли, при их неконтролируемом сходе с орбиты. Большинство объектов КМ образовано при столкновении или разрушении спутников (материалы: сплавы алюминия, пластик, кремний).

Низкая околоземная орбита — космическая орбита вокруг Земли, имеющая высоту над поверхностью планеты от **160 км** до **2000 км**.

Высота геостационарной орбиты (на которой действующие на спутник силы гравитации и центробежная сила должны уравновешивать друг друга) **35 786 км**



Размеры КМ (Европейское космическое агентство, апрель 2017):

- **> 166 000 000** объектов крупнее 1 мм;
 - ~ **750 000** объектов мусора крупнее 1 см;
 - **> 23 000** объектов каталогизировано > 10 см

Космический мусор — все искусственные объекты и их фрагменты в космосе, которые уже неисправны, не функционируют и никогда более не смогут служить никаким полезным целям, но являющиеся опасным фактором воздействия на функционирующие космические аппараты. В некоторых случаях, крупные или содержащие на борту опасные (ядерные, токсичные и т. п.) материалы объекты КМ могут представлять прямую опасность и для Земли, при их неконтролируемом сходе с орбиты. Большинство объектов КМ образовано при столкновении или разрушении спутников (материалы: сплавы алюминия, пластик, кремний).

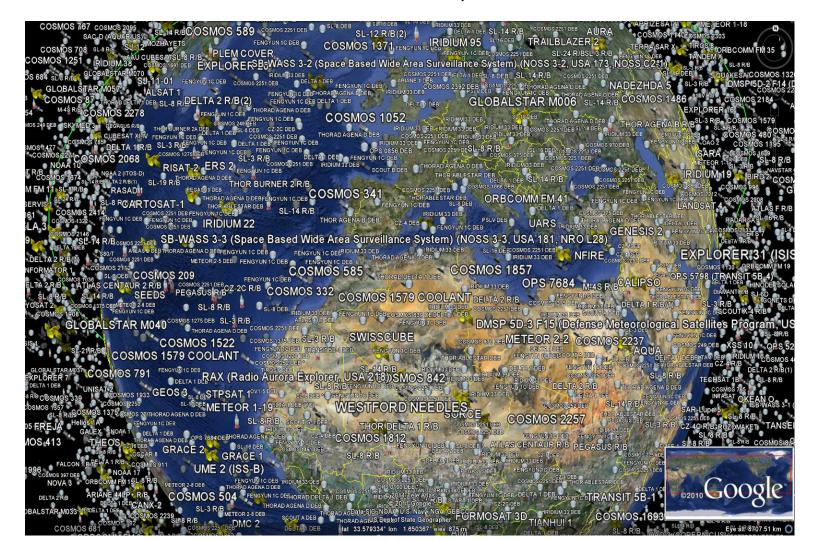
Низкая околоземная орбита — космическая орбита вокруг Земли, имеющая высоту над поверхностью планеты от **160 км** до **2000 км**.

Высота геостационарной орбиты (на которой действующие на спутник силы гравитации и центробежная сила должны уравновешивать друг друга) **35 786 км**



Размеры КМ (Европейское космическое агентство, апрель 2017):

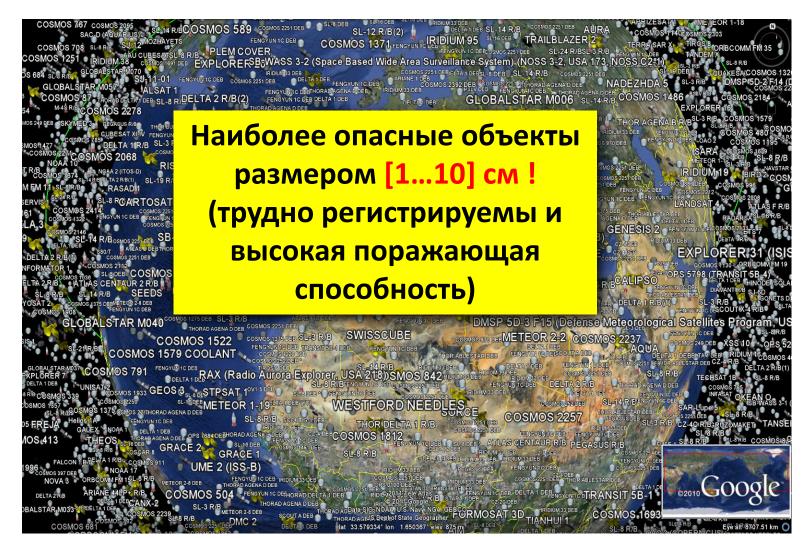
- **> 166 000 000** объектов крупнее 1 мм;
 - ~ **750 000** объектов мусора крупнее 1 см;
 - **> 23 000** объектов каталогизировано > 10 см





Размеры КМ (Европейское космическое агентство, апрель 2017):

- **> 166 000 000** объектов крупнее 1 мм;
 - ~ **750 000** объектов мусора крупнее 1 см;
 - **> 23 000** объектов каталогизировано > 10 см





1. Введение

Намусорили: Где? Как? Чем?

Реальная угроза?



- 3. Орбитальный лазер
- 4. Заключение / про «принцип домино» Что впереди?



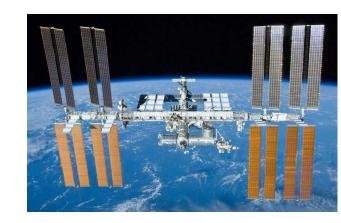






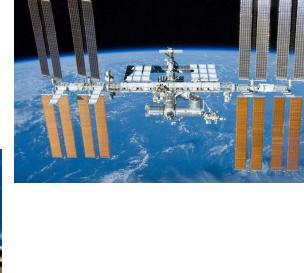


Для даже незначительной корректировки орбиты **МКС** требуется несколько дней и подобное приходится проделать **по несколько раз в год**, чтобы избежать потенциально катастрофических столкновений.





Для даже незначительной корректировки орбиты МКС требуется несколько дней и подобное приходится проделать по несколько раз в год, чтобы избежать потенциально катастрофических столкновений.



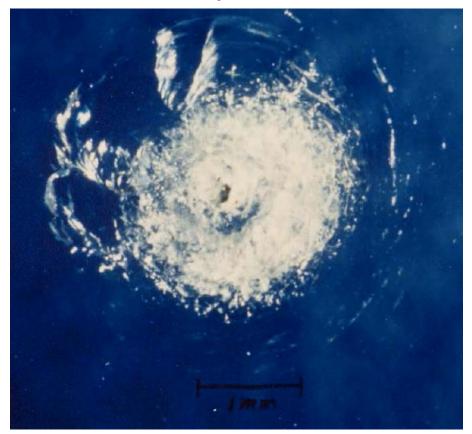


Солнечная батарея станции «Мир» (1986-2001) получила значительные повреждения от космического мусора



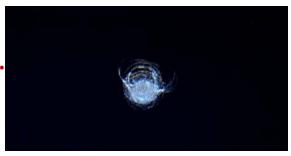
В мае 2016 г. британский астронавт Тимоти Пик с борта МКС отправил на землю снимок с повреждением иллюминатора в модуле «Купол». Диаметр поврежденной области около 7 мм. По мнению Европейского космического агентства это повреждение нанес металлический фрагмент извне «не более нескольких тысячных миллиметра».





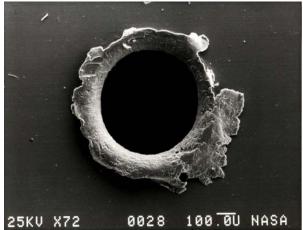


В мае 2016 г. британский астронавт Тимоти Пик с борта МКС отправил на землю снимок с повреждением иллюминатора в модуле «Купол». Диаметр поврежденной области около 7 мм. По мнению Европейского космического агентства это повреждение нанес металлический фрагмент извне «не более нескольких тысячных миллиметра».





Защита с российского модуля МКС «Звезда»: пробита алюминиевым болтом на скорости 6.8 км/с



Дыра, оставленная объектом КМ в спутнике SolarMax



В мае 2016 г. британский астронавт Тимоти Пик с борта МКС отправил на землю снимок с повреждением иллюминатора в модуле «Купол». **Диаметр поврежденной области около 7 мм.** По мнению Европейского космического агентства это повреждение нанес металлический фрагмент извне «не более нескольких тысячных миллиметра».





Защита с российского модуля МКС «Звезда»: пробита алюминиевым болтом на скорости 6.8 км/с



Дыра, оставленная объектом КМ в спутнике SolarMax



Основной топливный бак 2-й ступени ракеты «Дельта-2», упавший в Техасе в 1997г.

КМ одной крупинкой может убить космонавта во время выхода в открытый космос либо огромным объектом упасть на поверхность Земли..



1. Введение

Намусорили: Где? Как? Чем? Реальная угроза?



3. Орбитальный лазер

4. Заключение / про «принцип домино» Что впереди?











Разные способы удаления

Активные



Пассивные



Разные способы удаления **Активные** Пассивные

Системы, предотвращающие образование мусора

устанавливаются на КА и по окончании срока работы обеспечивают увод с орбиты

Принцип действия: увеличение силы аэродинамического сопротивления за счет создания большей площади путем развертывания тормозных конструкций. Эффективное торможение атмосферой может осуществляться на орбитах высотой до 800 км.



Разные способы удаления **Активные** Пассивные

Системы, предотвращающие образование мусора

устанавливаются на КА и по окончании срока работы обеспечивают увод с орбиты

Принцип действия: увеличение силы аэродинамического сопротивления за счет создания большей площади путем развертывания тормозных конструкций. Эффективное торможение атмосферой может осуществляться на орбитах высотой до 800 км.



Надувной каркас представляет собой конструкцию, которая состоит из 8 трубчатых герметичных элементов, соединенных поперечными стяжками. Размеры элементов конструкции выбраны так, чтобы при надувании каркаса наружная оболочка приобретала шарообразную форму. Надувание каркаса происходит по восьми рукавам, каждый из которых наполняет свой элемент каркаса. В этом случае даже при повреждении одного из элементов работоспособность устройства сохраняется.

Шарообразное тормозное устройство



Разные способы удаления **Активные** Пассивные

Системы, предотвращающие образование мусора

устанавливаются на КА и по окончании срока работы обеспечивают увод с орбиты

Принцип действия: увеличение силы аэродинамического сопротивления за счет создания большей площади путем развертывания тормозных конструкций. Эффективное торможение атмосферой может осуществляться на орбитах высотой до 800 км.



Устройство на основе

саморазворачивающихся штанг выполнено в форме четырехгранной пирамиды, прикрепленной вершиной к спутнику. Четыре боковые грани пирамиды образованы треугольными мембранами, прикрепленными к штангам, расположенным вдоль ребер пирамиды. Масса мембранного тормозного устройства увода составляет 20 кг.



Разные способы удаления

Активные





Удаляют объект КМ с орбиты, либо на болееСистемы, предотвращающиенизкую орбиту (для сгорания в атмосфере),образование мусоралибо на орбиту захороненияустанавливаются на КА и по окончании срокаработы обеспечивают увод с орбиты



Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения





Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Контактные для крупных объектов

Гарпуны, сети и паруса могут выстреливаться в объект КМ..



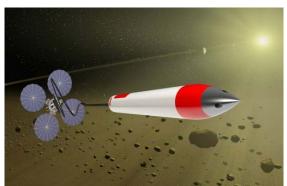
Активные 🗹

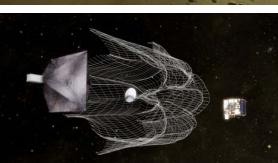


Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения

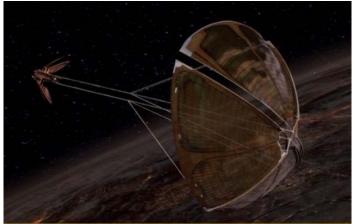


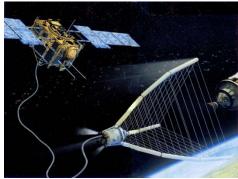
Контактные для крупных объектов

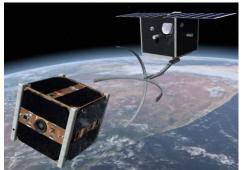




Гарпуны, сети и паруса могут выстреливаться в объект КМ..









Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Контактные для крупных объектов

Гарпуны, сети и паруса могут выстреливаться в объект КМ..

Такие «перехваты» очень сложны технически (из-за высоких скоростей) и несут опасность еще большего увеличения объектов КМ...





Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Контактные для мелких объектов

Торможение объектов в гелях/газах/пыли

TECH SPACE

Boeing Proposes Gas Clouds to Remove Space Debris

by Launchspace Staff Bethesda MD (SPX) Oct 16, 2012



Предлагается запускать в космос баллоны, наполненные инертным газом вроде ксенона или криптона и распылять его в направлении КМ..



Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Контактные для мелких объектов

Торможение объектов в гелях/газах/пыли

TECH SPACE

Boeing Proposes Gas Clouds to Remove Space Debris

by Launchspace Staff Bethesda MD (SPX) Oct 16, 2012



Предлагается запускать в космос баллоны, наполненные инертным газом вроде ксенона или криптона и распылять его в направлении КМ; или облако вольфрамовой пыли (~30мкм) для создания атмосферного сопротивления. Вольфрам прибавит существенный вес любому объекту, за который зацепится. В качестве дешевой альтернативы рассматривается и вода..



Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Контактные для мелких объектов

Торможение объектов в гелях/газах/пыли

TECH SPACE

Boeing Proposes Gas Clouds to Remove

Space

by Launchspac

Такие способы могут иметь катастрофические последствия для функционирующих спутников и чувствительного оборудования вроде солнечных панелей.. Следовательно, ее можно

Предлагає или крипт (~30мкм), вес любом

рассматривать только как модель «перезагрузки»

— полное очищение земной орбиты..

рассматривается и вода..

сенона

1И

гвенный



Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения





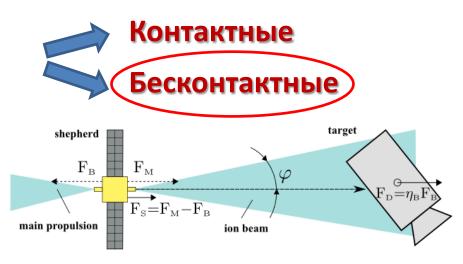
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения







LEOSWEEP — это 3-летний FP7 проект, финансируемый Европейским союзом; посвящен развитию технологии «КА-пастуха» (IBS) для удаления объектов КМ больших размеров.



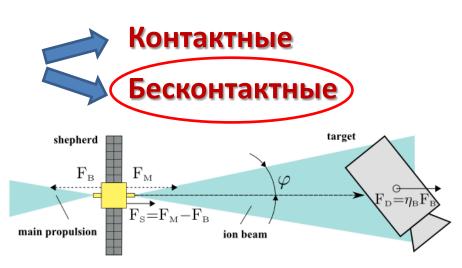
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения

Проект





LEOSWEEP — это 3-летний FP7 проект, финансируемый Европейским союзом; посвящен развитию технологии «КА-пастуха» (IBS) для удаления **объектов КМ больших размеров**. Обеспечивается эффективная и **малорискованная** схема направленного перемещения объекта КМ с его начальной орбиты, используя **бесконтактный** ионный пучок, создаваемый на борту **расположенного перед ней** орбитального КА-пастуха.

Объект КМ управляется импульсом, переданным коллимированным пучком квазинейтральной плазмы, воздействующим на его поверхность. Пучок м.б. создан ионными двигателями на **КА-«пастухе»** движущемся по орбите мусора на небольшом (10-20м) расстоянии перед ним. (Обратный пучок для компенсации реакции двигателя и удержания постоянного расстояния до цели в течение процесса изменения орбиты).



Активные

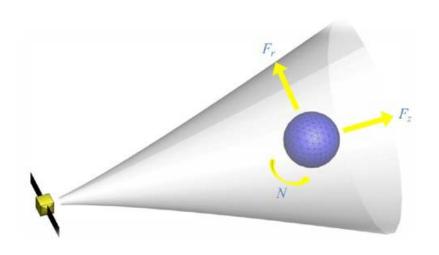


Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения





Ионы плазмы воздействуют на мишень, передавая свой импульс и т.о. создавая силу и вращающий момент, действующие на объект. Согласно экспериментальным тестам и численным моделям, ионы с энергией 1 кэВ внедряются в поверхность металла и передают свою кинетическую энергию мишени.



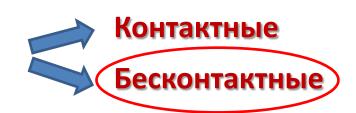
Технология предложена группой космической динамики Техническ. универ-та Мадрида (UPM) в **2010**г. и изучалась в рамках исследования **Ariadna** в Евро-ком космич. агентстве.



Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Проект



https://www.dailytechi nfo.org/space/... 2011r

Специалисты НАСА предложили корректировать траекторию объекта КМ, оказав воздействие на него лучом наземного лазера.

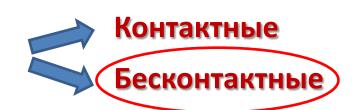




Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Проект



https://www.dailytechinfo.org/space/...

2011г.

Специалисты НАСА предложили корректировать траскторию объекта КМ, оказав воздействие на него сучом наземного лазера.



1982 д. Экт ябрь

Том 138, вып. 2

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ ВЫНУЖДЕННОМ РАССЕЯНИИ СВЕТА

Б. Я. Зельдович, Н. Ф. Пилипецкий, В. В. Шкунов



Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере),

Контактные Бесконтактные

либо на с шень. Предположим, что требуется доставить излучение дазерной системы

Пр

Специали объекта лазера.

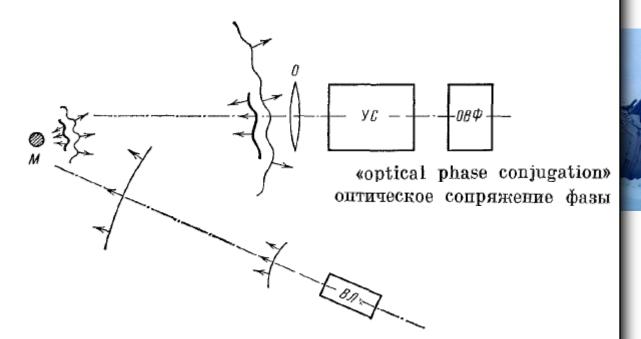


Рис. 3. Схема ОВФ-самонаведения лазерной системы на мишень М.

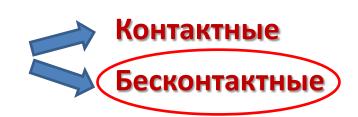
на мишень малых размеров. Обычные способы наведения предъявляют



Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



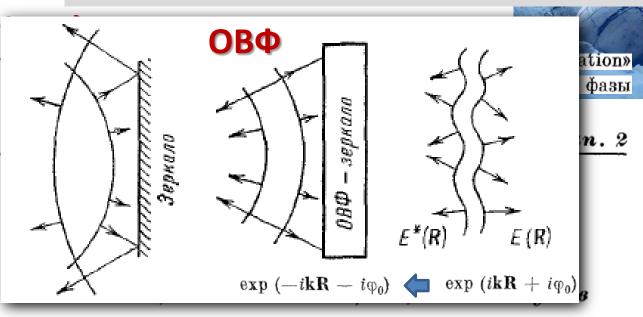
Проект

Свойство ОВФ: Встречно распространяющиеся прямая волна E(R) и обращенная волна $E^*(R)$ всегда имеют совпадающие поверхности постоянной фазы — поверхности волнового фронта

Специалисты НА объекта КМ, ока лазера.

1982

Б.





Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



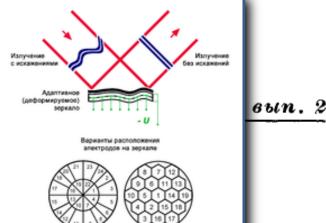
Можно осуществить ОВФ:

- Проект методом **неличейной** оптики (записывая/считывая голограммы) и методом **неличейной** остаже (- методом нелинейной оптики (используя нелинейную среду с кубичным откликом поляризации Р на поле Е.

Специалисты НАСА пре лазера.

1982 r

объекта КМ, оказа ОВФ адаптивным (деформируемым) зеркалом



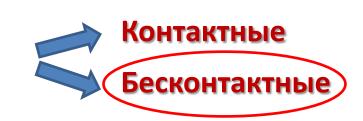
Б. Я. Зельдович, Н. Ф. Пилипецкий, В. В. Шкунов



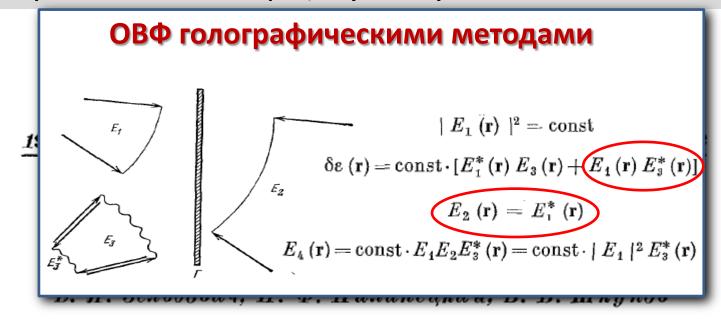
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



На фоточувствительную среду падает **неоднородная волна** E3 (г), которую требуется обратить, **и опорная волна** E1(г). Если E1(г) и E3(г) когерентны, то они записывают в голограмме интерференционные возмущения вида $\delta \varepsilon$. Если голограмму осветить волной E2(г), то **голограмма восстановит обращенную волну**.

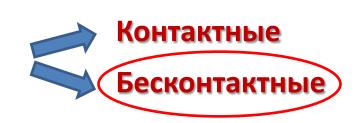




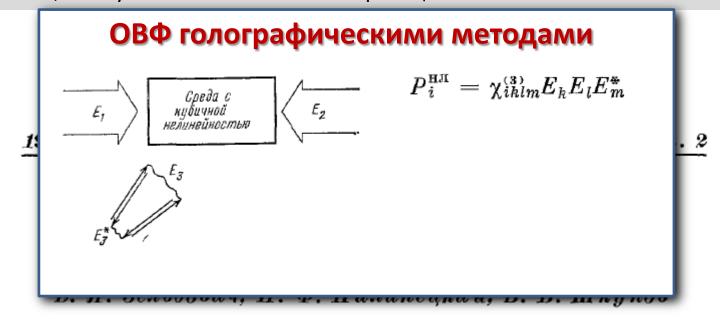
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Для **динамической** голографии можно использовать любую фотохромную среду, у которой комплексная диэлектрическая проницаемость меняется под действием света непосредственно во время экспозиции. К ним относятся среды с кубичной оптической нелинейностью, т.е. кубичным откликом поляризации *P* на поле *E*.





Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Поле *E* (две встречные плоские опорные волны *E1* и *E2* и волна сигнала *E3*) наводят поляризацию *P*. Происходят одновременно оба процесса: запись двух голограмм со считыванием волнами *E2* и *E1*. Взаимодействуют четыре волны: три падающих и обращенная *E4*. Поэтому такой метод называют методом четырехволнового смешения

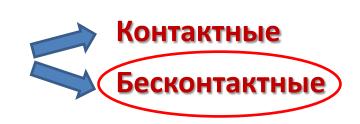
ОВФ-4ВС $P_{i}^{\text{Вил}} = \chi_{ihlm}^{(3)} E_{k} E_{l} E_{m}^{*}$ $(E_{1}e^{ikz} + E_{2}e^{-ikz})e^{-i\omega t}$ $P_{i} = \chi_{ihlm}^{(3)} E_{1} E_{2} E_{3}^{*} \text{ (R) } e^{-i\omega t}$ Две голограммы: $E_{1}E_{3}^{*}$ и $E_{2}E_{3}^{*}$



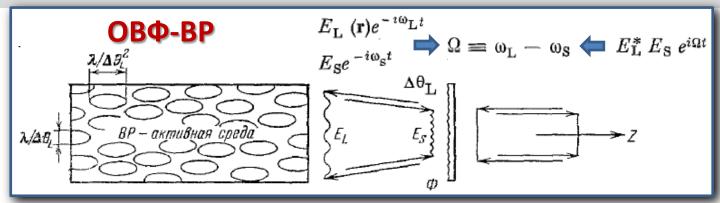
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



При ОВФ-ВР происходит **самообращение** ВФ. Для этого в среде необходимо иметь **всего две волны** — возбуждающую и сигнальную с разностью частот, близкой к собственным колебаниям среды. Тогда интерференционное слагаемое в интенсивности суммарного светового поля раскачивает эти собственные колебания.



ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ ВЫНУЖДЕННОМ РАССЕЯНИИ СВЕТА

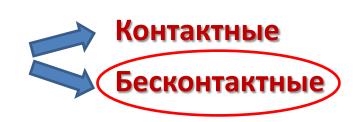
Б. Я. Зельдович, Н. Ф. Пилипецкий, В. В. Шкунов



Активные

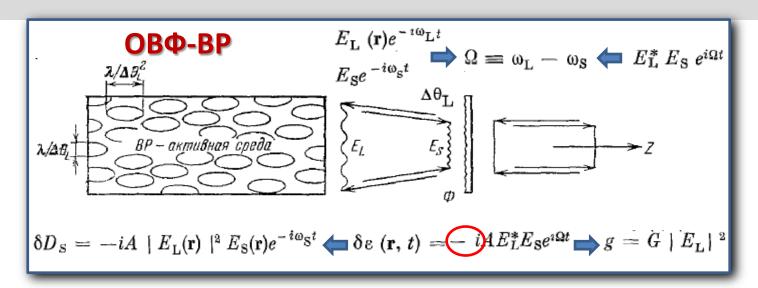


Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



В результате в среде создается бегущая решетка диэлектрической проницаемости δε.

Рассеяние возбуждающего света на этой решетке дает слагаемое в индукции δDs , совпадающее по частоте и направлению распространения с сигнальным.



Б. Я. Зельдович, Н. Ф. Пилипецкий, В. В. Шкунов



Активные

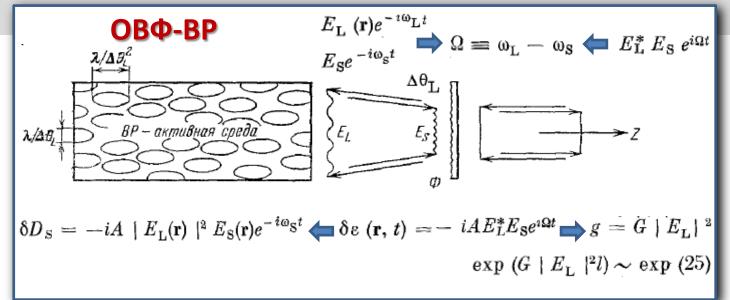


Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Обычно ВР развивается от очень низкого уровня спонтанного рассеяния, которое служит **источником** сигнальной волны. Порог регистрации ВР наступает при общем усилении ехр (25) и соответствующую интенсивность называют **пороговой**. При достижении ехр (30) интенсивность усиленных спонтанных шумов сравнима с интенсивностью рассеиваемой

волны.

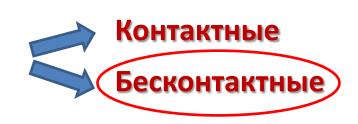




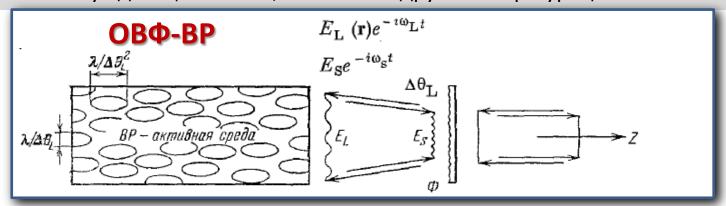
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Наличие пространственной неоднородности излучения, возбуждающего ВР, является принципиальным для ОВФ-ВР поскольку наибольшее усиление (~2 раза) испытывает такая волна, локальные максимумы которой всюду в пространстве совпадают с максимумами возбуждающей волны, чем любая другая конфигурация.



ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ ВЫНУЖДЕННОМ РАССЕЯНИИ СВЕТА

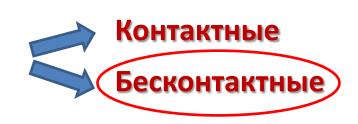
Б. Я. Зельдович, Н. Ф. Пилипецкий, В. В. Шкунов



Активные

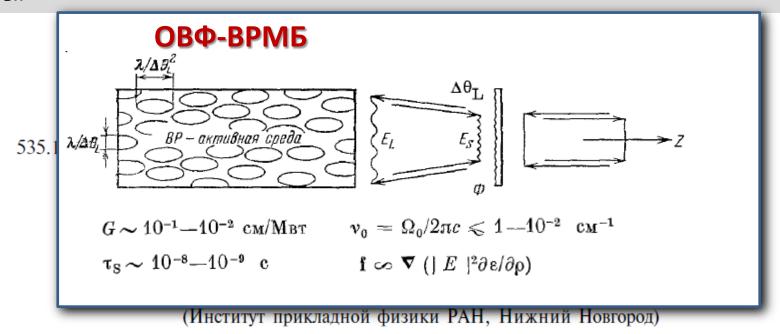


Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Для ОВФ наиболее широко используется ВРМБ (модуляция плотности среды под действием электрострикционной силы) благодаря:

1) большой константе усиления, 2) малому времени релаксации и 3) малому сдвигу частоты.

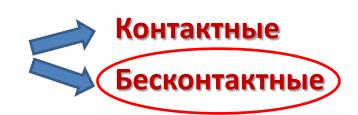




Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Проект



https://www.dailytechi nfo.org/space/...

Специалисты НАСА предложили корректировать траекторию объекта КМ, оказав воздействие на него лучом наземного лазера. Июнь 1992 г.



Том 162, № 6

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

535.12:530.182

УСИЛЕНИЕ И ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА СЛАБЫХ СИГНАЛОВ

О.В. Кулагин, Г.А. Пасманик, А.А. Шилов

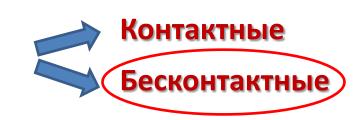
(Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород)



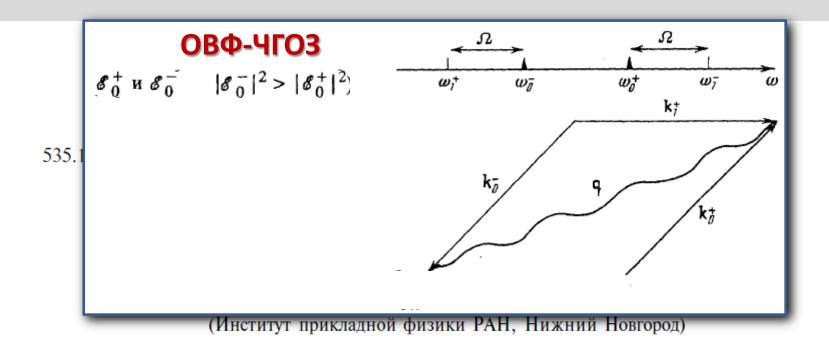
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



ОВФ-ЧГОЗ отличает от других 4-х волновых процессов то, что все взаимодействующие волны имеют **разные частоты**. Пусть ВРМБ-среда просвечивается двумя встречными волнами накачек.

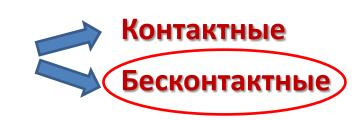




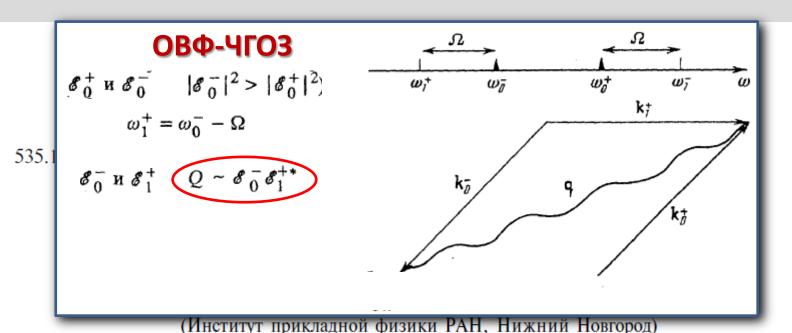
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Сигнальная, подвергаемая ОВФ волна E1+ имеет частоту, сдвинутую по отношению к частоте интерферирующей с ней волны накачки E0- на величину Ω. Интерференция волн приводит к резонансному возбуждению бегущей гиперзвуковой волны Q.





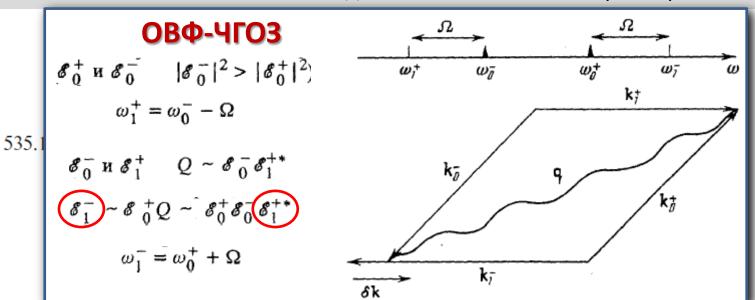
Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Рассеяние на ней второй волны накачки приводит к возникновению обращенной волны E1-. ОВФ-ЧГОЗ позволяет получать высокие коэффициенты отражения и чувствительности, ограниченные лишь тепловыми шумами нелинейной среды. ЧГОЗ используют для ОВФ слабых сигналов и автоматического наведения на мишени малых размеров.



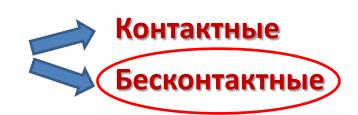
(Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород)



Активные



Удаляют объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения



Проект



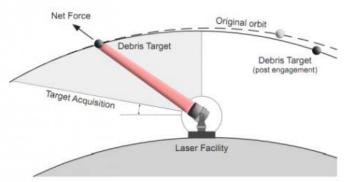
https://www.dailytechinfo.org/space/...

2011г.

Специалисты НАСА предложили корректировать траекторию объекта КМ, оказав воздействие на него лучом наземного лазера.

Использование лазерной системы наземного базирования для удаления КМ имеет ряд неоспоримых преимуществ. Во-первых, кроме фотонов света в космос ничего не отправляется, т.о., не происходит дальнейшего накопления мусора на орбите. И вовторых, реализация такой наземной системы обойдется на несколько порядков дешевле, чем дорогостоящий запуск в космос специального оборудования.







Содержание

1. Введение

Намусорили: Где? Как? Чем? Реальная угроза?



- 18

- 2. Разные способы удаления
- 3. Орбитальный лазер







3-4 октября 2017 года ИКИ РАН проводило международный форум «Спутник: 60 лет по дороге открытий». Конференция посвящена анализу того, что изменилось в нашем понимании Земли, Солнечной системы, других звёзд, галактик и всей Вселенной за шестьдесят лет космической эры.







3-4 октября 2017 года ИКИ РАН проводило международный форум «Спутник: 60 лет по дороге открытий». Конференция посвящена анализу того, что изменилось в нашем понимании Земли, Солнечной системы, других звёзд, галактик и всей Вселенной за шестьдесят лет космической эры.



СПУТНИК: 60 ЛЕТ ПО ДОРОГЕ ОТКРЫТИЙ международный форум International Forum SPUTNIK: 60 YEARS ALONG THE PATH OF DISCOVERIES







Gerard Mourou, Toshi Ebisuzaki, Marco Casolino, Alexander Sergeev



XCAN: Проект лазерной установки на основе когерентного сложения 10 000! каналов волоконных лазеров — компактный дизайн для мощных ускорителей следующего поколения с энергией в импульсе до 10 Дж при частоте повторения до 50 кГц.























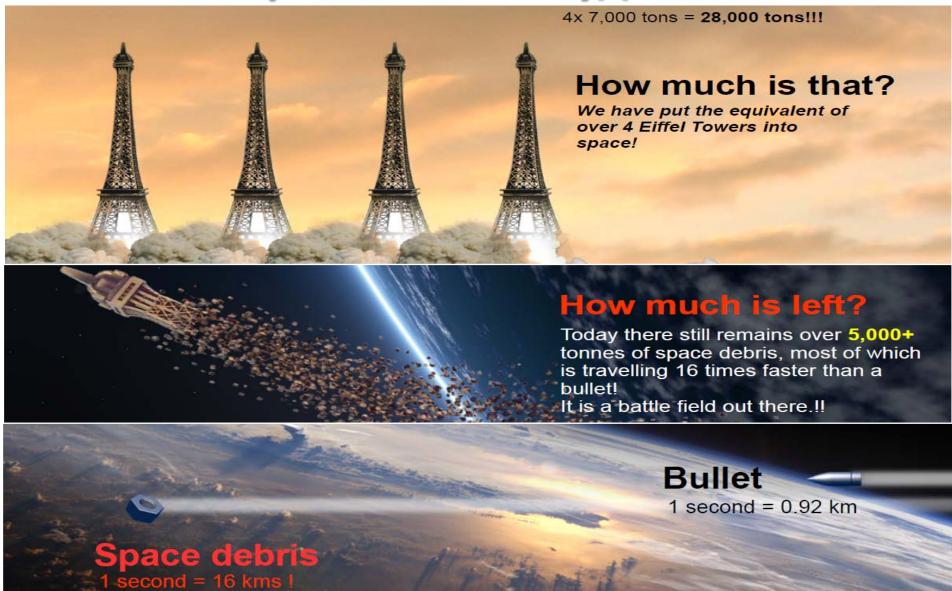






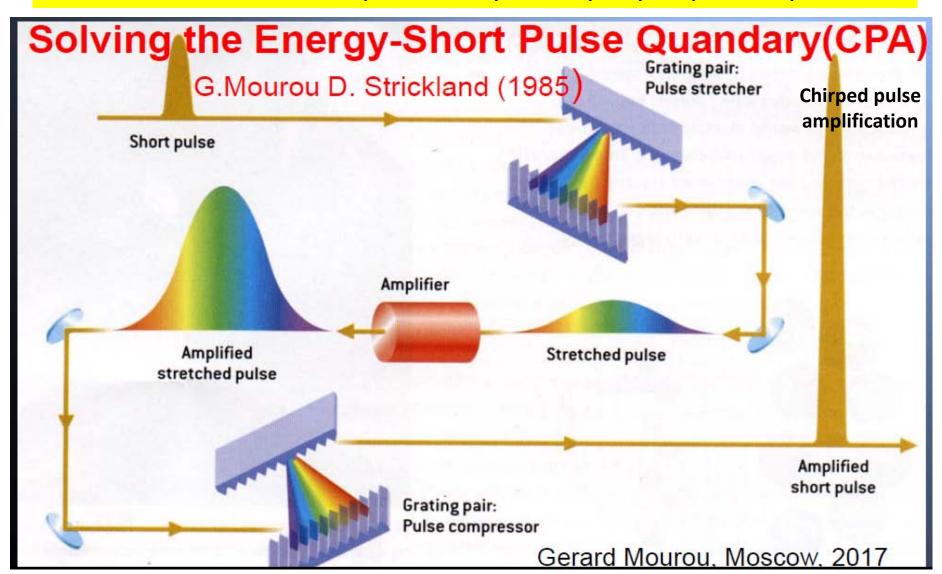




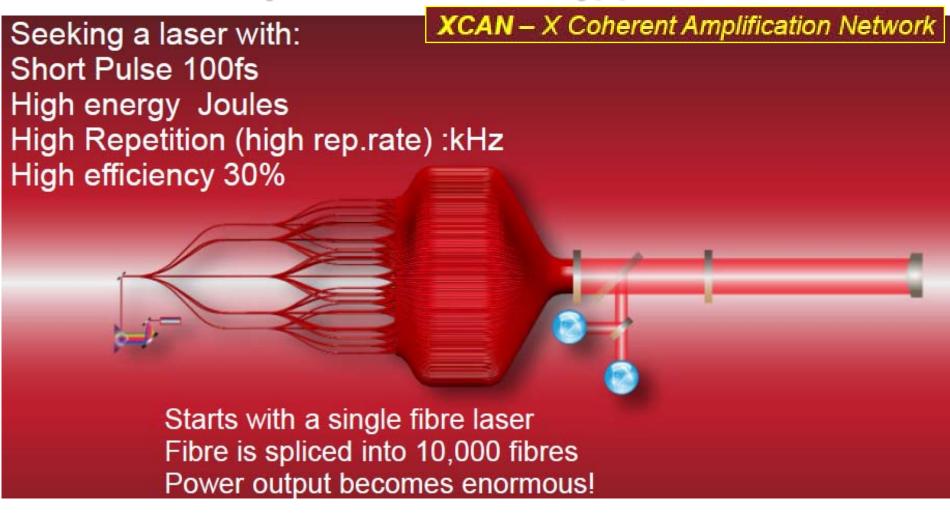




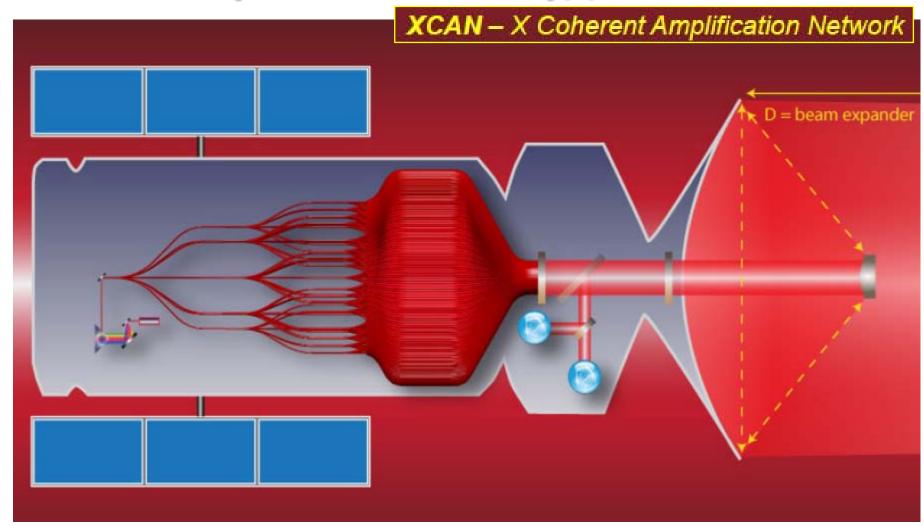
D. Strickland and G. Mourou, Compression of amplified chirped optical pulses // Opt.Com. 1985



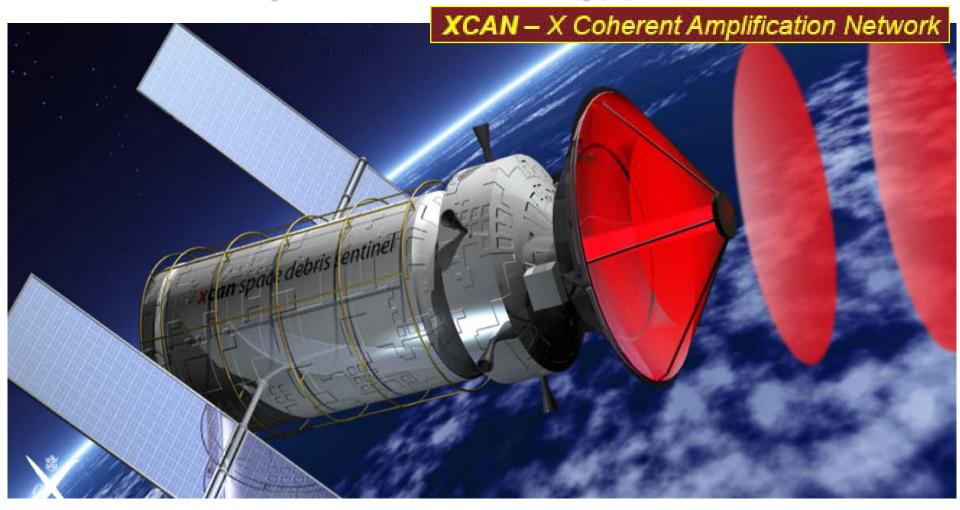










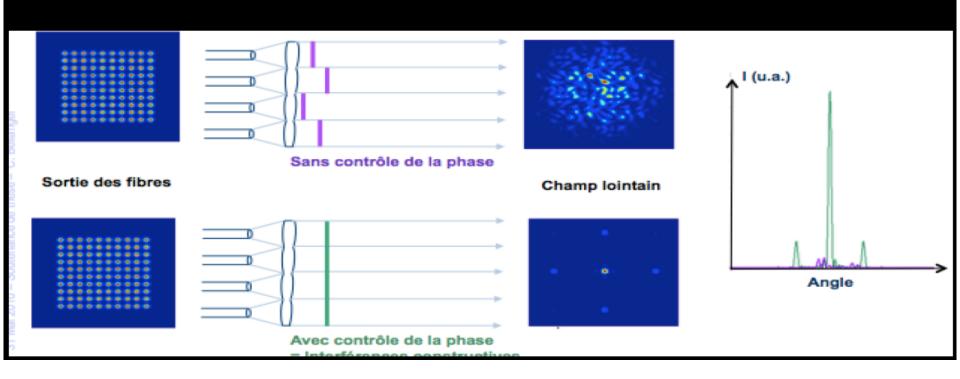




XCAN - X Coherent Amplification Network

64 CW fibers have been phased

(This experiment in fact validates an extension possible to >104 phased fibers at 1kHz)

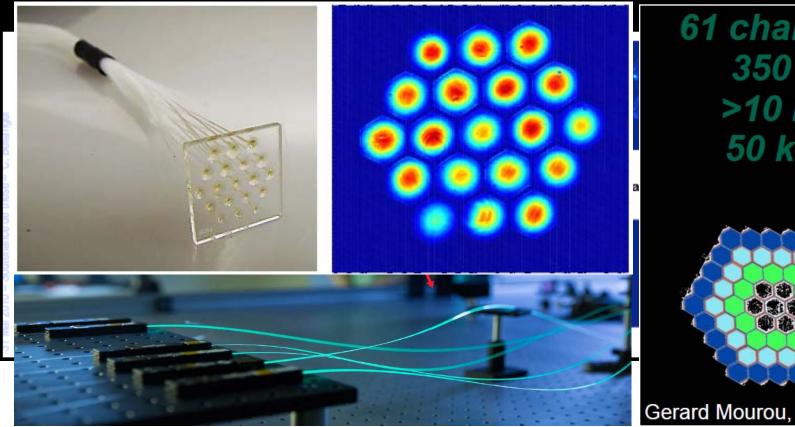




XCAN - X Coherent Amplification Network

64 CW fibers have been phased

(This experiment in fact validates an extension possible to >104 phased fibers at 1kHz)



61 channels 350 fs >10 mJ 50 kHz



Gerard Mourou, Moscow, 2017



4640

Vol. 54, No. 15 / May 20 2015 / Applied Optics

XCAN - X Coherent Amplification Network

applied optics

Design and properties of a coherent amplifying network laser

RÉMI SOULARD, 1,2 MARK N. QUINN, 1 AND GÉRARD MOUROU 1,*



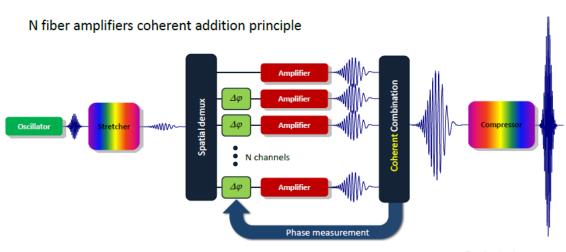
4640 Vol. 54, No. 15 / May 20 2015 / Applied Optics

XCAN - X Coherent Amplification Network

applied optics

Design and properties of a coherent amplifying network laser

RÉMI SOULARD, 1,2 MARK N. QUINN, 1 AND GÉRARD MOUROU 1,*



<u>Coherent</u> <u>Amplification</u> <u>Network</u> → CAN

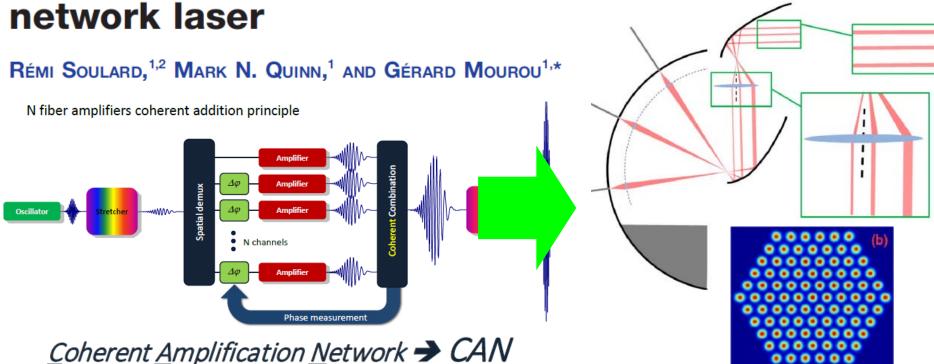


4640 Vol. 54, No. 15 / May 20 2015 / Applied Optics

XCAN - X Coherent Amplification Network

applied optics

Design and properties of a coherent amplifying





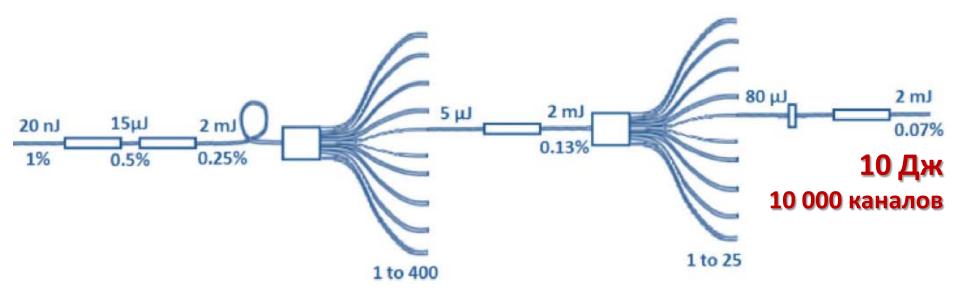
4640 Vol. 54, No. 15 / May 20 2015 / Applied Optics

XCAN - X Coherent Amplification Network

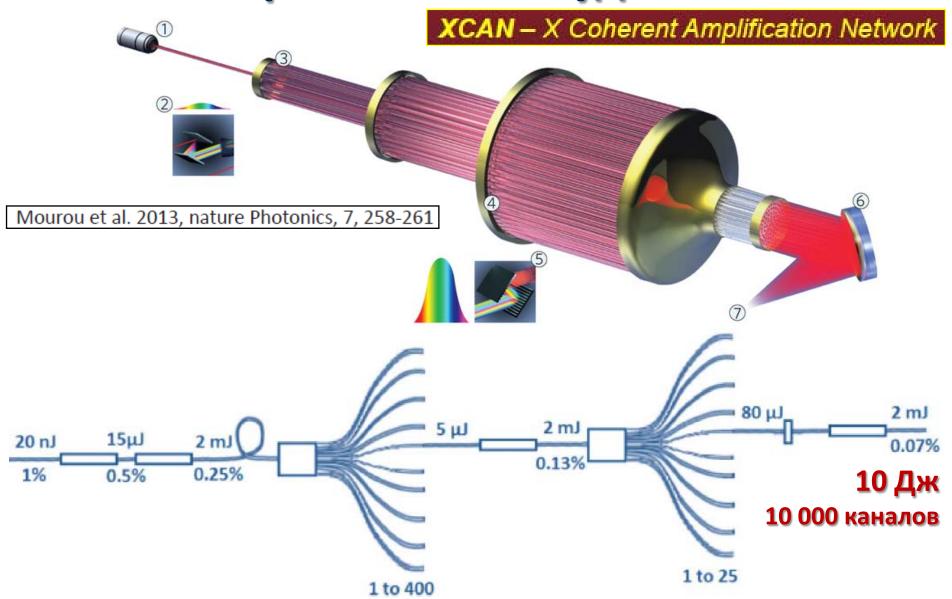
applied optics

Design and properties of a coherent amplifying network laser

RÉMI SOULARD, 1,2 MARK N. QUINN, 1 AND GÉRARD MOUROU 1,*









Какие требования на лазер?



Плотность энергии и длительность импульса д.б. достаточны для абляции мишени (что обеспечивает необходимое изменение импульса объекта; минимальная плотность энергии импульса, необходимая для абляции алюминия ~1 Дж/см2 и не зависит от длительности импульса, если он < 100 пс)

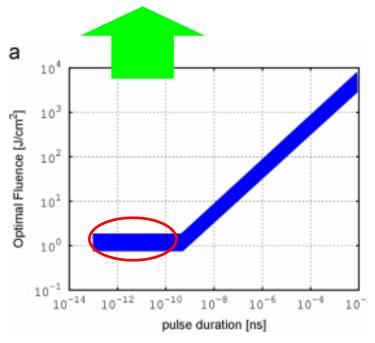


Fig. 2. (a) The optimum fluence for momentum-coupling is shown using dathermal absorption at pulse duration $\tau > 100$ ps which increases with $\sqrt{\tau}$ orbits. In this case, calculations are shown for aluminum with sizes of 3, 5 mass ratio of 0.1 m²/kg [13,14].



Плотность энергии и длительность импульса д.б. достаточны для абляции мишени (что обеспечивает необходимое изменение импульса объекта; минимальная плотность энергии импульса, необходимая для абляции алюминия ~1 Дж/см2 и не зависит от длительности импульса, если он < 100 пс)

Необходимая суммарная энергия излучения зависит от массы и высоты орбиты объекта (для 1...10 см на высоте ~400 км составляет ~100 кДж)

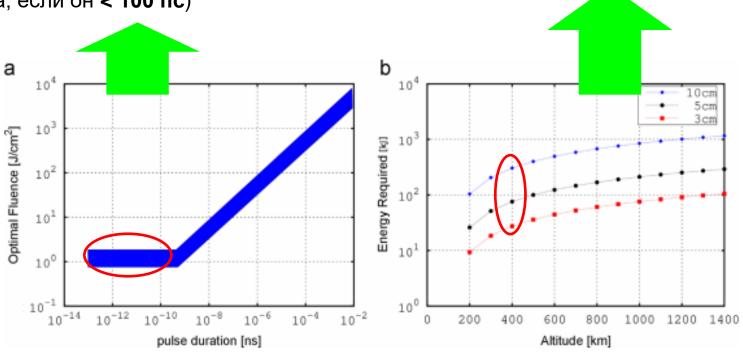


Fig. 2. (a) The optimum fluence for momentum-coupling is shown using data for a variety of materials from Phipps et al. [12], illustrating the threshold to thermal absorption at pulse duration $\tau > 100$ ps which increases with $\sqrt{\tau}$ thereafter. (b) The total laser energy required for debris removal for different orbits. In this case, calculations are shown for aluminum with sizes of 3, 5 and 10 cm with a coupling efficiency of 20 μ N/W [12] and assuming an area/ mass ratio of 0.1 m²/kg [13,14].



Плотность энергии и длительность импульса д.б. достаточны для абляции мишени (что обеспечивает необходимое изменение импульса объекта; минимальная плотность энергии импульса, необходимая для абляции алюминия ~1 Дж/см2 и не зависит от длительности импульса, если он < 100 пс)

на **МКС** м.б. установлен телескоп с зеркалом диаметром **2.5 м**



При качестве луча **M**²=**2** для фокусировки в 1 см² расстояние д.б. не более ~**10 км**

Необходимая суммарная энергия излучения зависит от массы и высоты орбиты объекта (для 1...10 см на высоте ~400 км составляет ~100 кДж)



Плотность энергии и длительность импульса д.б. достаточны для абляции мишени (что обеспечивает необходимое изменение импульса объекта; минимальная плотность энергии импульса, необходимая для абляции алюминия ~1 Дж/см2 и не зависит от длительности импульса, если он < 100 пс)

на **МКС** м.б. установлен телескоп с зеркалом диаметром **2.5 м**



При качестве луча **M**²=**2** для фокусировки в 1 см² расстояние д.б. не более ~**10 км**

Необходимая суммарная энергия излучения зависит от массы и высоты орбиты объекта (для 1...10 см на высоте ~400 км составляет ~100 кДж)

Выбираем объекты, находящиеся вблизи МКС с близкими скоростями. Будем считать, что их скорость относительно МКС составляет не более ~ 1 км/с (~10% скорости МКС)



Плотность энергии и длительность импульса д.б. достаточны для абляции мишени (что обеспечивает необходимое изменение импульса объекта; минимальная плотность энергии импульса, необходимая для абляции алюминия ~1 Дж/см2 и не зависит от длительности импульса, если он < 100 пс)

на **МКС** м.б. установлен телескоп с зеркалом диаметром **2.5 м**



При качестве луча **M**²=**2** для фокусировки в 1 см² расстояние д.б. не более ~**10 км**



Необходимая суммарная энергия излучения зависит от массы и высоты орбиты объекта (для 1...10 см на высоте ~400 км составляет ~100 кДж)

Выбираем объекты, находящиеся вблизи МКС с близкими скоростями. Будем считать, что их скорость относительно МКС составляет не более ~ 1 км/с (~10% скорости МКС)



Для объектов мусора необходимо произвести облучение в течение ~ 10 с (к быстро передвигающимся объектам можно применить подход поэтапной сбивки с орбиты)



Плотность энергии и длительность импульса д.б. достаточны для абляции мишени (что обеспечивает необходимое изменение импульса объекта; минимальная плотность энергии импульса, необходимая для абляции алюминия ~1 Дж/см2 и не зависит от длительности импульса, если он < 100 пс)

на **МКС** м.б. установлен телескоп с зеркалом диаметром **2.5 м**

При качестве луча **M**²=**2** для фокусировки в 1 см² расстояние д.б. не более **~10 км**

ТЗ на лазер:

2 Дж, 100 пс — лазерные импульсы
5 кГц — частота следования (100кДж/2Дж/10с)
10 с — минимальное время работы

Необходимая суммарная энергия излучения зависит от массы и высоты орбиты объекта (для 1...10 см на высоте ~400 км составляет ~100 кДж)

Выбираем объекты, находящиеся вблизи МКС с близкими скоростями. Будем считать, что их скорость относительно МКС составляет не более ~ 1 км/с (~10% скорости МКС)



Для объектов мусора необходимо произвести облучение в течение ~ 10 с (к быстро передвигающимся объектам можно применить подход поэтапной сбивки с орбиты)



Плотность энергии и длительность импульса д.б. достаточны для абляции мишени (что обеспечивает необходимое изменение импульса объекта; минимальная плотность энергии импульса, необходимая для абляции алюминия ~1 Дж/см2 и не зависит от длительности импульса, если он < 100 пс)

на **МКС** м.б. установлен телескоп с зеркалом диаметром **2.5 м**

При качестве луча **М²=2** для фокусировки в 1 см² расстояние д.б. не более **~10 км**

ТЗ на лазер:

2 Дж, 100 пс – лазерные импульсы
5 кГц – частота следования (100кДж/2Дж/10с)
10 с – минимальное время работы

Необходимая суммарная энергия излучения зависит от массы и высоты орбиты объекта (для 1...10 см на высоте ~400 км составляет ~100 кДж)

Выбираем объекты, находящиеся вблизи МКС с близкими скоростями. Будем считать, что их скорость относительно МКС составляет не более ~ 1 км/с (~10% скорости МКС)



Для объектов мусора необходимо произвести облучение в течение ~ 10 с (к быстро передвигающимся объектам можно применить подход поэтапной сбивки с орбиты)



Потребляемая лазером электрическая мощность ~ **50 кВт**



ТЗ на лазер:

2 Дж, 100 пс – лазерные импульсы

5 кГц – частота следования (100кДж/2Дж/10с)

10 с – минимальное время работы





Максимальная вырабатываемая электрическая мощность МКС ~ **50 кВт**

Потребляемая лазером электрическая мощность ~ **50 кВт**



ТЗ на лазер:

2 Дж, 100 пс – лазерные импульсы

5 кГц – частота следования (100кДж/2Дж/10c)

10 с – минимальное время работы



Минимальные габариты < 1...2 м3 Минимальная масса < 300...500 кг

Включение лазера через ~ 200 с





Максимальная вырабатываемая электрическая мощность МКС ~ **50 кВт**

Потребляемая лазером электрическая мощность ~ **50 кВт**



ТЗ на лазер:

2 Дж, 100 пс – лазерные импульсы
5 кГц – частота следования (100кДж/2Дж/10с)
10 с – минимальное время работы







10 Дж энергии в импульсе (10 000 лазерных пучков)

Проект ИПФ РАН

Что предлагаем

мы?





10 Дж энергии в импульсе (10 000 лазерных пучков)



Уменьшить количество каналов (в 100 раз!) за счет использования новых лазерных технологий (когерентное сложение каналов со стержневыми АЭ на оконечном усилителе)

(100 лазерных пучков)

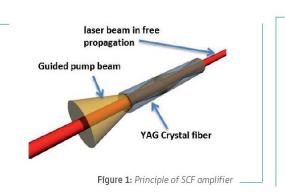
Адаптировать режим работы лазера под возможности МКС (уменьшение средней мощности излучения не скажется на эффективность работы из-за ограниченных энергетических ресурсов на МКС



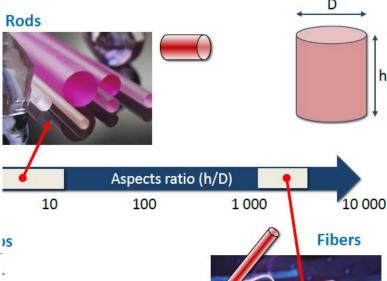
Идея предложена французской группой:

[Nd:YAG single-crystal fiber as high peak power amplifier of pulses below one nanosecond, I. Martial et al. OPTICS EXPRESS Vol. 19, No. 12, p. 11667 (2011)]; [250 W single-crystal fiber Yb:YAG laser, X. Delen and al. OPTICS LETTERS Vol. 37, No. 14 p. 2898 (2012)]

Гибрид волокна и стержня:







- •Свободное распространение лазерного пучка
- •Волноводное распространение пучка накачки
- •Yb:YAG или Nd:YAG кристаллические волокна
- •~1% легирование
- •1 mm диаметр и до 40 mm длина



Наша идея основана на изготовлении тонкостержневых АЭ путем вырезания, шлифовки и полировки из макро-кристаллов [Kuznetsov I, Mukhin I, Vadimova O, Palashov O, Ueda K., "Thermal effects in Yb:YAG single-crystal thin-rod amplifier", Appl Opt. 2015 Sep 1;54(25):7747-52. doi: 10.1364/AO.54.007747].

- •Возможно изготовление различных геометрий АЭ
- •Изготовление АЭ из различных сред (Yb:YAG, Yb:GGG, Yb:CaF2, лазерная керамика)
- •Контроль качества полировки боковой поверхности





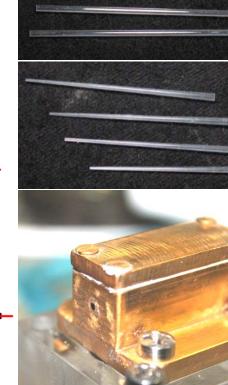
Наша идея основана на изготовлении тонкостержневых АЭ путем вырезания, шлифовки и полировки из макро-кристаллов [Kuznetsov I, Mukhin I, Vadimova O, Palashov O, Ueda K., "Thermal effects in Yb:YAG single-crystal thin-rod amplifier", Appl Opt. 2015 Sep 1;54(25):7747-52. doi: 10.1364/AO.54.007747].

- •Возможно изготовление различных геометрий АЭ
- •Изготовление АЭ из различных сред (Yb:YAG, Yb:GGG, Yb:CaF2, лазерная керамика)
- •Контроль качества полировки боковой поверхности

Новая идея: «конусный тонкий стержень»

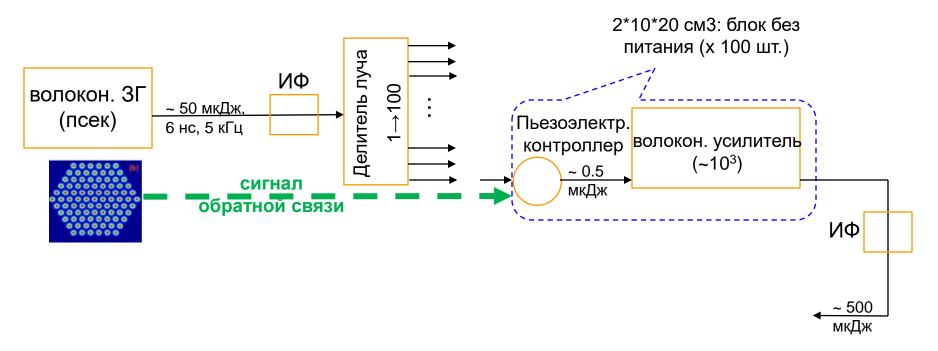
Основной недостаток цилиндра – неравномерное распределение **инверсии вдоль АЭ**. Конусный АЭ обеспечивает масштабирование прямо в активном элементе

- •Большее усиление при одинаковой накачке
- •Лучшая эффективность охлаждения



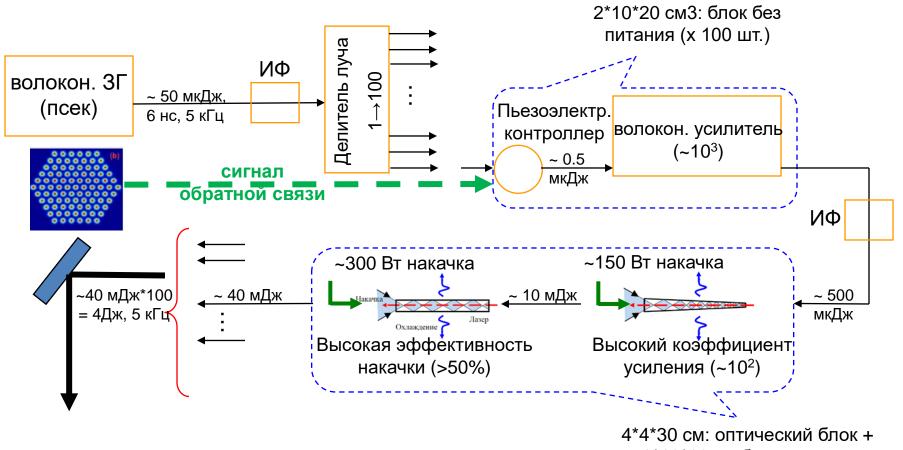


Предварительная схема лазера





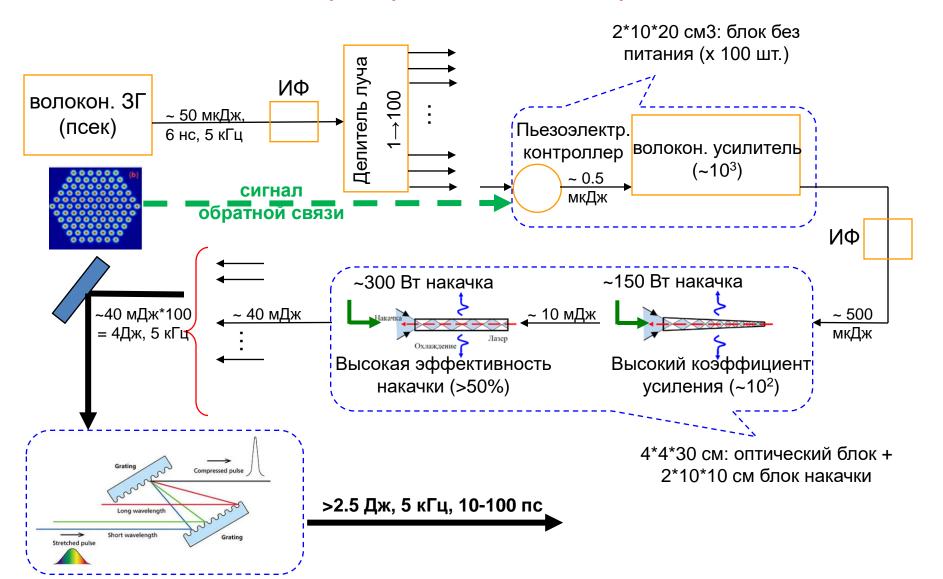
Предварительная схема лазера



2*10*10 см блок накачки



Предварительная схема лазера





Содержание

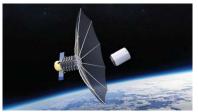
1. Введение

Намусорили: Где? Как? Чем? Реальная угроза?











4. Заключение / про «принцип домино» Что впереди?





MKC

20 ноября 1998 г. Россия вывела на орбиту первый элемент МКС блок «ЗАРЯ»..







МКС, август 2005 г.

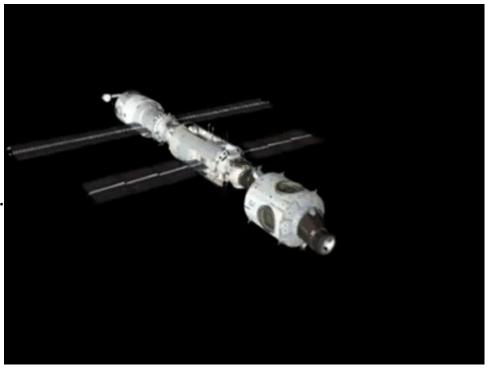


МКС, июнь 2008 г.



МКС, март 2011 г.

В 2018-2019 гг. к МКС планируется пристыковать российский 25-тонный лабораторный модуль «НАУКА». Он встанет на место модуля «ПИРС», который будет затоплен. После стыковки к российскому сегменту планируется доставить научно-энергетические модули «НЭМ-1» и «НЭМ-2». В 2024 г. планируется окончание эксплуатации станции и затопление ее в Тихом океане. Для этого уже производится заполнение топливом баков служебного модуля..

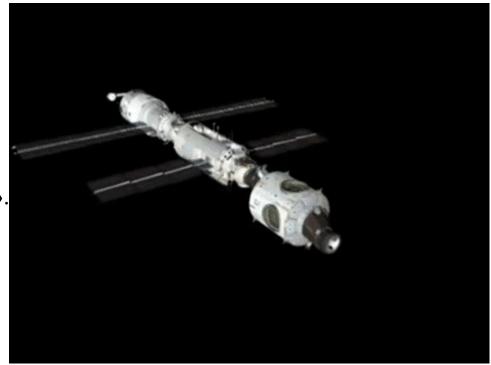




МКС Проблема 1: МКС много лет и скоро заканчивает..

Успеем???

В 2018-2019 гг. к МКС планируется пристыковать российский 25-тонный лабораторный модуль «НАУКА». Он встанет на место модуля «ПИРС», который будет затоплен. После стыковки к российскому сегменту планируется доставить научно-энергетические модули «НЭМ-1» и «НЭМ-2». В 2024 г. планируется окончание эксплуатации станции и затопление ее в Тихом океане. Для этого уже производится заполнение топливом баков служебного модуля..





MKC

Проблема 1: МКС много лет и скоро заканчивает...

Проблема 2: Синдром Кесслера

Гипотетическое развитие событий на околоземной орбите, когда КМ приводит к полной непригодности ближнего космоса для практического использования. Впервые такой сценарий детально описал консультант NASA Дональд Кесслер (Столкновение двух достаточно крупных объектов приведёт к появлению большого количества новых осколков и т.д.).

Принцип домино — цепная реакция определенного явления под действием какого-либо фактора, который влияет на первый элемент цепи..

Согласно расчётам сотрудников NASA, в среднем каждые пять лет будут происходить крупные столкновения на низкой околоземной орбите, даже при условии полного прекращения космических запусков, а количество мусора будет расти..





Спасибо за внимание!