

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТООПТИЧЕСКИХ МОДУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛОВ KYW И SiO₂.

Н. Г. Захаров, В. И. Лазаренко, А. В. Мухин, А. С. Надежин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» ИЛФИ, г. Саров Нижегородской обл.

В лазерных источниках на основе гольмиевых лазеров для обеспечения импульсно-периодического режима работы применяются акустооптические модуляторы (АОМ) света. Принцип действия АОМ основан на дифракции света на бегущей ультразвуковой волне в оптически прозрачном материале [1]. Как правило данный материал выполнен из кристаллического кварца SiO₂, который отличается хорошей прозрачностью в инфракрасной ИК области спектра на длинах волн (1–3) мкм, позволяет добиться высокой эффективности дифракции лазерного излучения на акустической волне и высокого быстродействия АОМ. Однако, источник ультразвука (пьезопреобразователь), управляемый высокочастотным генератором напряжения в процессе работы выделяет значительное количество тепла. Для термостабилизации АОМ применяется термоэлектрический модуль с высокой номинальной мощностью потребления. С целью снижения энергопотребления и весогабаритных характеристик, лазерных источников проводились экспериментальные исследования АОМ, выполненных на основе кристалла KYW, обладающего рядом преимуществ перед кристаллом кристаллического кварца [2].

В данной работе проведен сравнительный анализ рабочих характеристик АОМ на основе KYW и SiO₂ с целью улучшения рабочих характеристик и снижения энергопотребления опытных образцов.

1. Исследования

1.1. Экспериментальная установка и методика проведения экспериментов. Исследование рабочих характеристик АОМ на кристаллах KYW и SiO₂ проводились на экспериментальной установке, схема которой изображена на рис. 1.

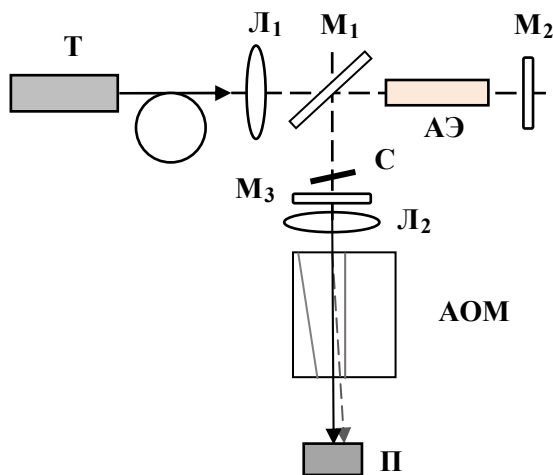


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: Т – непрерывный волоконный тулиевый лазер; Л₁ – фокусирующая линза; Л₂ – коллимирующая линза; АЭ – кристалл Ho:YAG; М₁ – дихроичное зеркало; М₂ – глухое зеркало резонатора; М₃ – выходное зеркало резонатора; С – эталон Фабри-Перо; АОМ – акустооптический модулятор; П – пирозлектрический приемник

Резонатор Г-образной формы был образован тремя зеркалами: глухим M_2 с высоким коэффициентом отражения на длинах волн генерации $\sim 2,1$ мкм и накачки $\sim 1,9$ мкм, входным (дихроичным) зеркалом M_1 с высоким отражением генерации на s-поляризации (~ 96 %) и высоким пропусканием излучения накачки (~ 94 %), выходным сферическим полупрозрачным M_3 с коэффициентом отражения ~ 60 % и радиусом кривизны ~ 200 мм. За счёт отражения излучения на длине волны $\sim 1,9$ мкм глухим зеркалом M_2 реализовывалась двухпроходная схема накачки, обеспечивающая её более эффективное поглощение в активном элементе АЭ. Согласно проведенным расчетам, диаметр пучка основной моды резонатора в кристалле составлял около 0,55 мм. Для селектирования генерации на длине волны 2,097 мкм внутрь резонатора был установлен эталон Фабри-Перо. Физическая длина резонатора составляла около 100 мм. Выходное из резонатора излучение линзой коллимировалось линзой L_2 и попадало на АОМ.

АОМ позиционировался ортогонально падающему лазерному излучению, которое проходило через него в 2 мм от края и попадало на пироэлектрический приемник. Затем экспериментальным путем подбирался угол, при котором интенсивность дифрагированного пучка лазерного излучения была максимальна. Это означало, что кристалл АОМ расположен под углом Брегга к падающему излучению.

Для получения зависимости эффективности дифракции от потребляемой ВЧ мощности, изменялось значение ВЧ мощности потребляемой АОМ и фиксировались значения эффективности дифракции АОМ. Для получения зависимости эффективности дифракции от угла падающего излучения, угловое положение АОМ изменялось с шагом 3 угловых минуты относительно падающего излучения и в процессе фиксировались значения эффективности дифракции АОМ.

1.2. Исследование АОМ выполненным на основе кристалла KYW и SiO₂. На стенде, описанном выше, проводились эксперименты по получению данных зависимости эффективности дифракции от потребляемой высокочастотной мощности в случаях АОМ на основе KYW и SiO₂. Данные зависимости представлены на рис. 2.

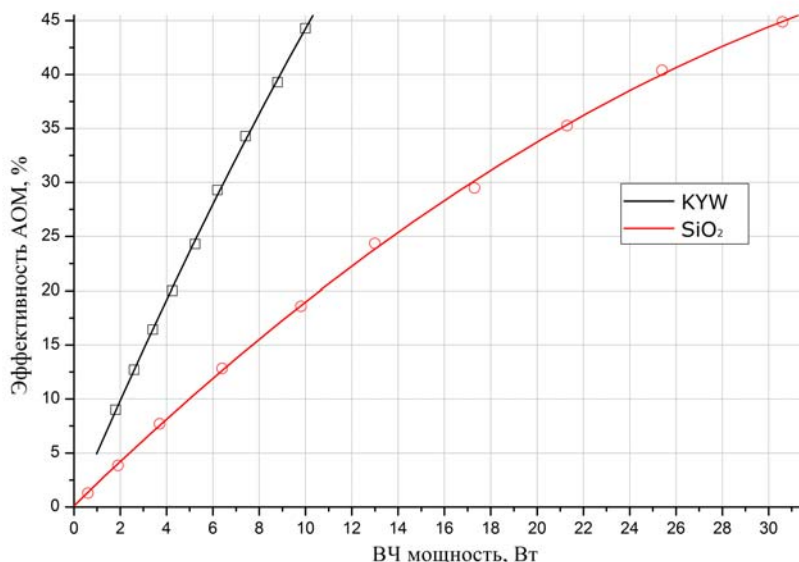


Рис. 2. Зависимости эффективности дифракции от потребляемой высокочастотной мощности в случаях АОМ на основе KYW и SiO₂

Для обеспечения необходимых параметров выходного излучения разрабатываемых изделий, эффективность дифракции должна быть не ниже 40 %. Анализ данных зависимостей, представленных на рис. 2 показывает, что для достижения этого значения эффективности дифракции на кристалле KYW необходимо 11 Вт высокочастотной мощности, а в случае АОМ на кристалле SiO₂ – 31 Вт.

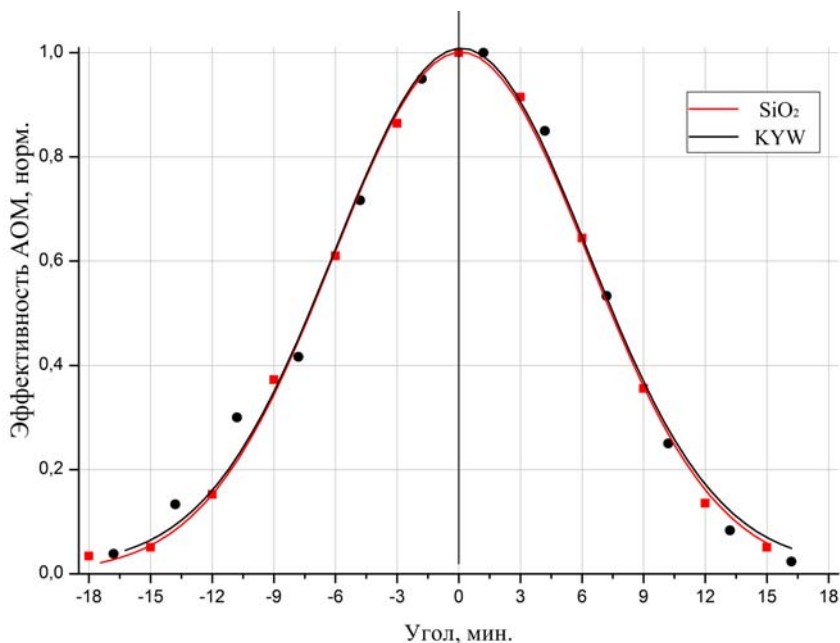


Рис. 3. Зависимости эффективности дифракции от угла падения лазерного излучения в случаях АОМ на основе KYW и SiO₂

Анализ данных зависимостей, представленных на рис. 3 показал, что рабочий угловой диапазон в обоих случаях составил ~40 угловых минут.

Поскольку кристалл KYW обладает анизотропными свойствами, то эффективность дифракции будет зависеть в том числе и от направления поляризации. Для определения зависимостей эффективности дифракции от потребляемой им высокочастотной мощности в случае дифракции *p*-поляризованного и *s*-поляризованного лазерного излучения, были проведены эксперименты, результаты которых приведены на рис. 4.

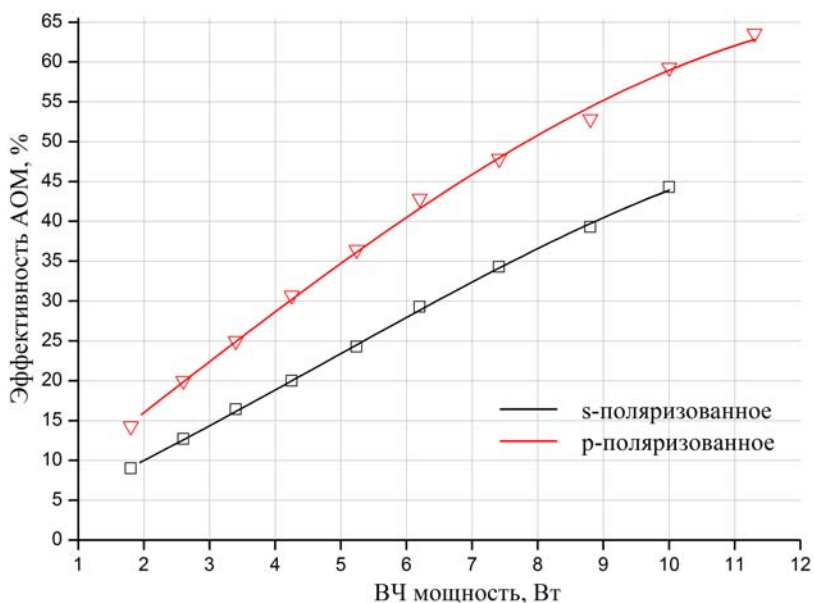


Рис. 4. Зависимости эффективности дифракции от потребляемой высокочастотной мощности в случаях *p*-поляризованного и *s*-поляризованного излучения

Анализ зависимостей эффективности дифракции от потребляемой ВЧ мощности в случаях *p*-поляризованного и *s*-поляризованного излучения показал различие в эффективности дифракции ~10 %.

Заключение

Проведен сравнительный анализ дифракции на кристаллах KYW и SiO₂ с целью улучшения рабочих характеристик и снижения энергопотребления разрабатываемых лазерных изделий.

В ходе экспериментальных работ были получены зависимости: эффективности дифракции от подаваемой высокочастотной мощности, эффективности дифракции от угла падения лазерного излучения, а также дана сравнительная оценка эффективности дифракции *s*- и *p*-поляризованного излучения. В ходе проведенных экспериментальных работ было выяснено, что для поддержания необходимых характеристик лазерного излучения в импульсно-периодическом режиме в случае применения АОМ на кристалле KYW необходимо 11 Вт высокочастотной мощности, а в случае АОМ на кристалле SiO₂ – 31 Вт.

Анализ полученных данных показал, что АОМ на основе кристалла KYW по сравнению с АОМ на основе SiO₂ обладает значительно более высокой эффективностью дифракции, что позволяет увеличить мощность накачки.

Рабочий угловой диапазон в том и в другом случае составил ~40 угловых минут. Анализ зависимостей эффективности дифракции от потребляемой ВЧ мощности в случаях *p*-поляризованного и *s*-поляризованного излучения показал различие в эффективности дифракции ~10 %.

Применение АОМ на основе кристалла KYW, позволит снизить энергопотребление и создает новые перспективы для дальнейших модификаций разрабатываемых лазерных изделий.

Список литературы

1. Молчанов В. Я. и др. Теория и практика современной акустооптики // М.: Изд. Дом МИСиС, 2015. С. 459.
2. Magdich L. N., Molchanov V. Ya. Acoustooptic Devices and Their Applications. New York: Gordon and Breach Science Pub., 1989. P. 238.