

Потенциал применения нелинейных кристаллов-сегнетоэлектриков KTiOPO_4 , KTiOAsO_4 и KNbO_3 в миллиметровом диапазоне

Н.А. Николаев^{1,*}, А.А. Мамрашев¹, Г.В. Ланский², В.Д. Анцыгин¹, Ю.М. Андреев^{2,3}

¹*Институт автоматизи́ки и электрометрии СО РАН*

²*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

³*Томский государственный университет*

*E-mail: Nazar@iae.nsk.su

DOI: 10.31868/RFL2020.118-119

В настоящее время идет активное развитие радио и радиофотонных технологий выражающееся в росте модулирующих частот как оптоволоконных каналов передачи данных, так и беспроводных. Так, например, многие исследователи отмечают, что в ближайшие годы эта тенденция приведет к превышению пропускных способностей каналов значения в 100 Гбит/с [1]. Реализация этих ожиданий требует развития технологий миллиметрового (100—300 ГГц) и терагерцового (0,3—10 ТГц) диапазонов. В частности, актуальным является поиск и исследование диэлектрических свойств не только материалов, которые могли бы служить волноводами или подложками в составе новых устройств, но и поиск эффективных нелинейно-оптических сред. Поскольку существует проблема ограниченного быстродействия устройств «классической» электроники в обозначенных диапазонах, в последнее время все чаще говорят о оптико-оптическом преобразовании лазерного излучения в миллиметровый диапазон, т.е. минуя устройства классической электроники. Такое преобразование может быть основано на принципах нелинейной оптики.

Например, эффективными оптико-терагерцовыми преобразователями являются сегнетоэлектрики, в частности ниобат лития LiNbO_3 [2] и титанил фосфат калия KTiOPO_4 [3]. В ключе волоконных интегральных технологий перспективы применения сегнетоэлектриков в том числе обусловлены возможностью создания волноводов и периодических структур путем полинга. В таких структурах значительно возрастает эффективность преобразования лазерных частот как с их понижением (даунконверсия) [4] так и повышением (апконверсия) [5]. Более того, последние исследования показывают, что существует возможность эффективного детектирования терагерцовых волн посредством двухкаскадной апконверсии в кристалле ниобата лития [6]. Дополнительно стоит отметить, что согласно работам Ю. В. Шалдина [7], значения нелинейных коэффициентов сегнетоэлектриков внутри миллиметрового диапазона могут превышать значения для оптической области на 4 порядка.

Вышеупомянутые факторы безусловно позиционирует сегнетоэлектрики, как потенциально перспективные нелинейные среды для миллиметровой и терагерцовой фотоники, включая радиофонику. В данной работе представлены результаты исследования диэлектрических свойств трех распространенных сегнетоэлектрических кристаллов KTiOPO_4 , KTiOAsO_4 и KNbO_3 в субтерагерцовом диапазоне. По измеренным показателям преломления разработаны уравнения Зельмеера, которые использованы для расчёта коллинеарного фазового синхронизма процесса даунконверсии излучения волоконных лазеров (длины волн в окрестности 1 мкм и 1,5 мкм) в миллиметровый диапазон. Для некоторых кристаллов представлены кривые

фазового согласования процесса генерации второй гармоники внутри миллиметрового диапазона.

Литература

- [1] J. Federici and L. Moeller. *J. Appl. Phys.* **107**, 111101 (2010).
- [2] Huang, Shu-Wei, et al. *Optics letters* **38.5**, 796-798 (2013).
- [3] Wu, Ming-Hsiung, et al. *Optica* **6.6**, 723-730 (2019).
- [4] Jankowski, Marc, et al. *Optica* **7.1**, 40-46 (2020).
- [5] Ma, Fei, et al. *JOSA B* **35.9**, 2096-2101 (2018).
- [6] Sakai, Hikaru, Kodo Kawase, and Kosuke Murate. *Optics Letters* **45.14**, 3905-3908 (2020).
- [7] Ю.В. Шалдин. *Нелинейная оптика: тр. 2-го Всесоюз. симпозиума по нелинейной оптике*. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1968, с. 227-235.