

Моделирование оптического векторного анализатора на основе двуполосной модуляции и вынужденном рассеянии Бриллюэна в программной среде OptiSystem

Н.А. Петров, А.Ш. Мубаракوف, А.Л. Байтимиров, И.Ю. Муравьев

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н.
Туполева - КАИ*

Аннотация: Рассматривается оптический векторный анализатор на основе оптической двуполосной модуляции и вынужденном рассеянии Бриллюэна, а также возможность его моделирования в программной среде OptiSystem.

Ключевые слова: оптический векторный анализатор, двуполосная модуляция, вынужденное рассеяние Бриллюэна, волоконная брэгговская решетка с фазовым π -сдвигом, моделирование, OptiSystem.

Для измерения амплитудных и фазовых характеристик оптических компонентов, необходимых для изготовления устройств и проектирования систем, нужен оптический векторный анализатор (ОВА) с широкой полосой пропускания и высоким разрешением.

Основные недостатки существующих разработок:

1) Недостатком методов фазового сдвига и интерферометрии является низкая разрешающая способность [1- 3].

2) ОВА на основе оптической однополосной модуляции (ООМ) может использовать только одну боковую полосу для сканирования одной стороны тестируемого устройства. ООМ будет стимулировать боковые полосы высокого порядка, что может привести к высоким искажениям [4, 5, 6]. Примерами ОВА на основе ООМ могут служить: стреловидный ООМ с использованием вынужденного рассеяния Бриллюэна (ВРБ) [7], ОВА с высоким разрешением на основе широкополосного и перестраиваемого по длине волны ООМ [8].

3) В ОВА на основе оптической двуполосной модуляции (ОДМ) боковые полосы ± 1 -го порядка перебиваются оптической несущей,

генерирующей радиочастотные сигналы с той же частотой, из-за чего частотные характеристики, передаваемые двумя боковыми полосами невозможно отличить. Для решения этой задачи наложения спектров, в оптическом носителе идет разделение на две ветви, в одну из которых вводится частотный сдвиг. Однако этот подход не может быть использован для измерения фазовых характеристик из-за большого фазового шума, создаваемого разделением оптического тракта [9, 10].

Целью ОВА на основе ОДМ и ВРБ является устранить недостаток ОВА на основе ОДМ. Рассмотрим ОВА на основе ОДМ и ВРБ (рис. 1).

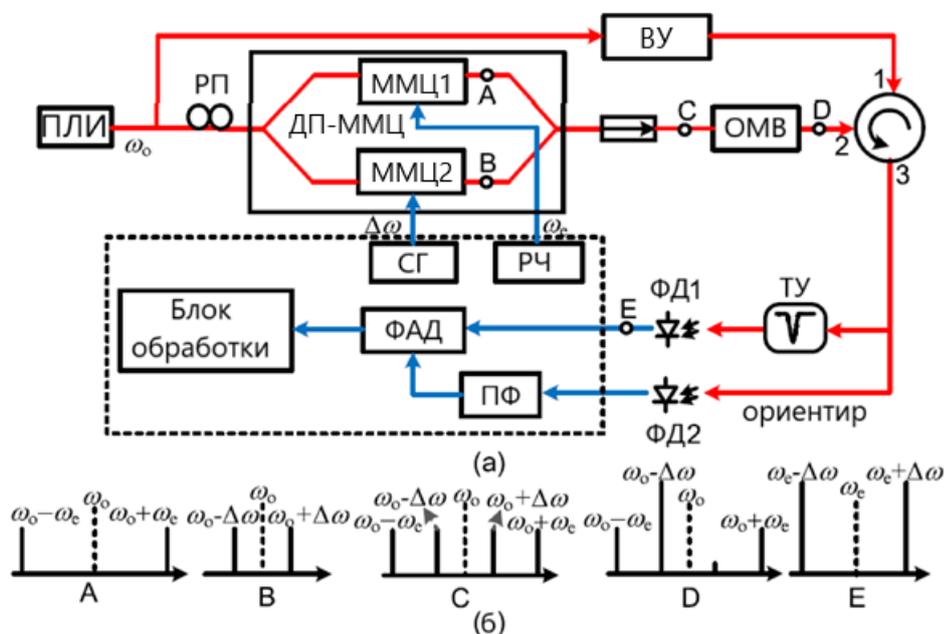


Рис. 1 – (а) Принципиальная схема ОВА на основе ОДМ и ВРБ. (б) Спектры сигналов в разных точках. ПЛИ – перестраиваемый лазерный источник; РП – регулятор поляризации; ММЦ – модулятор Маха–Цендера; ВУ – волоконный усилитель, легированный эрбием; ОМВ – одномодовое волокно; ТУ – тестируемое устройство; ФД – фотодетектор; ПФ – полосовой фильтр; ФАД – фазово-амплитудный детектор; РЧ – радиочастота; СГ – сигнал гетеродина. Адаптирован из [4] источника

Ключевым компонентом в предлагаемой схеме является двухпортовый модулятор Маха-Цендера (ДП-ММЦ), который генерирует две меняющихся по частоте боковые полосы в одном суб-ММЦ и две фиксированные по

длине волны боковые полосы в другом суб-ММЦ. Затем вводится ВРБ, чтобы подавить одну боковую полосу с фиксированной длиной волны и усилить другую боковую полосу с фиксированной длиной волны так, что оставшаяся часть может служить несущей со сдвигом частоты. Фазовые характеристики могут быть точно измерены, поскольку смещенная по частоте несущая и меняющиеся боковые полосы физически не разделены [4].

Проведем моделирование анализатора в программной среде OptiSystem. Так как реализация явления ВРБ невозможна в программном пакете OptiSystem, подавление правой боковой полосы с фиксированной длиной волны осуществлялось с помощью волоконной Брэгговской решетки с π сдвигом (рис. 2) [9].

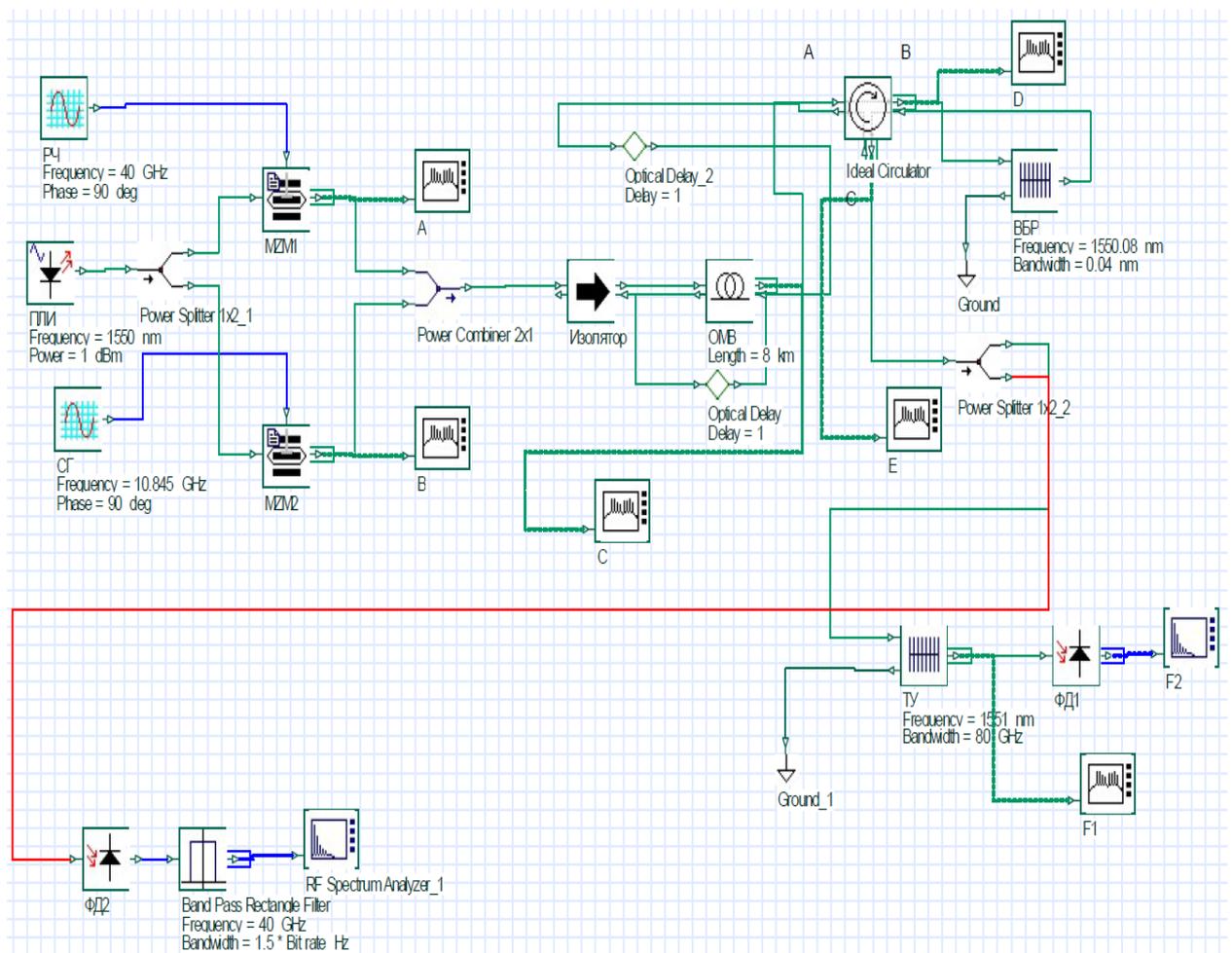


Рис. 2 – Схема ОВА на базе асимметричной ОДМ и π -ВБР построенная в программной среде Optisystem

При моделировании схемы в контрольных точках были получены спектры (рис. 3):

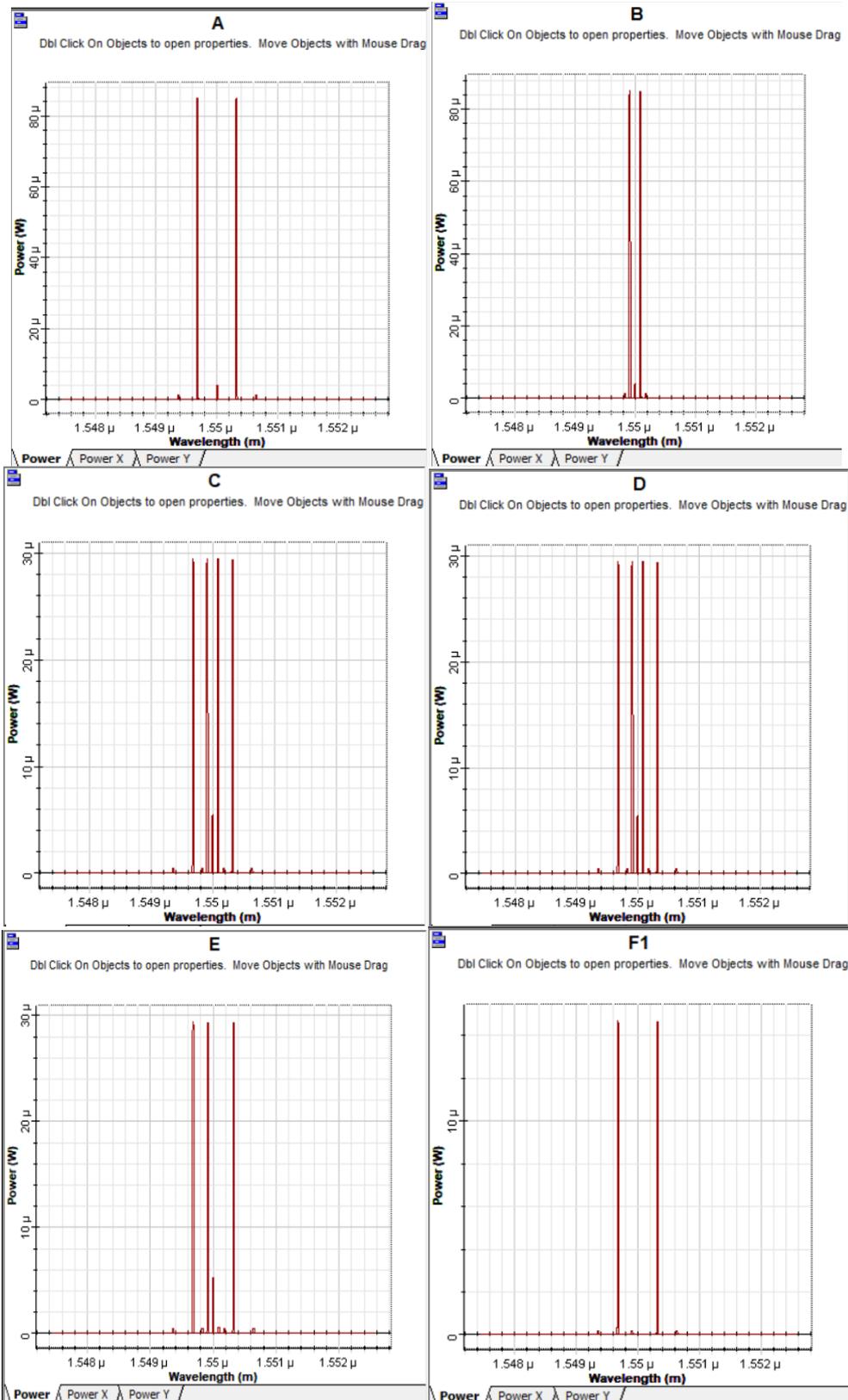


Рис. 3 – Спектры сигналов в разных точках в программной среде Optisystem

Также были получены амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики тестируемой ВБР (рис. 4).

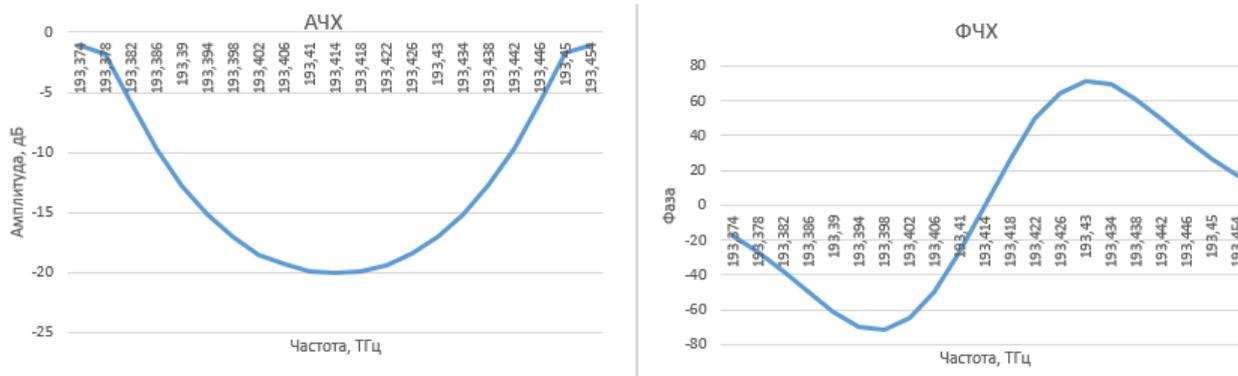


Рис. 4 – Амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики тестируемой ВБР

Заклучение

Был рассмотрен оптический векторный анализатор на основе оптической двухполосной модуляции и вынужденном рассеянии Бриллюэна. Из-за невозможности реализации явления ВРБ в программном пакете OptiSystem при моделировании подавление правой боковой полосы с фиксированной длиной волны осуществлялось с помощью ВБР с π сдвигом. Был устранен недостаток ОВА на основе ОДМ в виде его невозможности использования для измерения фазовых характеристик.

Литература

1. Морозов О.Г., Папазян С.Г., Сахабутдинов А.Ж. Электрооптические векторные анализаторы спектра: возможности, элементная база и перспективы развития // Фотон-экспресс – 2019. – № 6 (158). – С. 79-80.
2. Niemi T., Uusimaa M., Ludvigsen H. Limitations of phase-shift method in measuring dense group delay ripple of fiber Bragg gratings // IEEE Photonics Technology Letters. — 2001. — Vol. 13, № 12. — pp. 1334-1336.

3. VanWiggeren G. D., Motamedi A. R., Baney D. M. Single-scan interferometric component analyzer // IEEE Photonics Technology Letters. — 2003. — Vol. 15, № 2. — pp. 263-265.
4. Qing T., Li S., Xue M., Pan S. Optical vector analysis based on double-sideband modulation and stimulated Brillouin scattering // Optics Letters — 2016. — Vol. 41, №15. — pp. 3671-3674.
5. Xue M., Pan S. L., Gu X. W., Zhao Y. J. Performance analysis of optical vector analyzer based on optical single-sideband modulation // Journal of the Optical Society of America B 30 — 2013. — Vol. 30, № 4. — pp. 928-933.
6. Kawanishi T., Sakamoto T., Izutsu M. Optical filter characterization by using optical frequency sweep technique with a single sideband modulator // IEICE Electronics Express — 2006. — Vol. 3, № 3. — pp. 34-38.
7. Sagues M., Loayssa A. Swept optical single sideband modulation for spectral measurement applications using stimulated Brillouin scattering // Optics Express — 2010. — Vol. 18, № 16. — pp. 17555-17568.
8. Tang Z. Z. Pan S. L., Yao J. P. A high-resolution optical vector network analyzer based on a wideband and wavelength-tunable optical single-sideband modulator // Optics Express — 2012. — Vol. 20, № 6. — pp. 6555-6560.
9. Morozov O. G., Nureev I. I., Sakhabutdinov A. J. Ultrahigh- resolution optical vector analyzers // Photonics — 2020. — Vol. 7, № 14. — pp. 1-17.
10. Qing T., Xue M., Huang M. H., Pan S. L. Measurement of optical magnitude response based on double-sideband modulation // Optics Letters — 2014. — Vol. 39, № 21. — pp. 6174-6176.

References

1. Morozov O.G., Papazjan S.G., Sahabutdinov A.Zh. Foton-Express 2019. № 6 (158). Pp. 79-80.
 2. Niemi T., Uusimaa M., Ludvigsen H. IEEE Photonics Technology Letters. 2001. Vol. 13, № 12. pp. 1334-1336.
-



3. VanWiggeren G. D., Motamedi A. R., Baney D. M. IEEE Photonics Technology Letters. 2003. Vol. 15, № 2. pp. 263-265.
4. Qing T., Li S., Xue M., Pan S. Optics Letters 2016. Vol. 41, №15. pp. 3671-3674.
5. Xue M., Pan S. L., Gu X. W., Zhao Y. J. Journal of the Optical Society of America B 30 2013. Vol. 30, № 4. pp. 928-933.
6. Kawanishi T., Sakamoto T., Izutsu M. IEICE Electronics Express 2006. Vol. 3, № 3. pp. 34-38.
7. Sagues M., Loayssa A. Optics Express 2010. Vol. 18, № 16. pp. 17555-17568.
8. Tang Z. Z., Pan S. L., Yao J. P. Optics Express 2012. Vol. 20, № 6. pp. 6555-6560.
9. Morozov O. G., Nureev I. I., Sakhabutdinov A. J. Photonics 2020. Vol. 7, № 14. pp. 1-17.
10. Qing T., Xue M., Huang M. H., Pan S. L. Optics Letters 2014. Vol. 39, № 21. Pp. 6174-6176.