

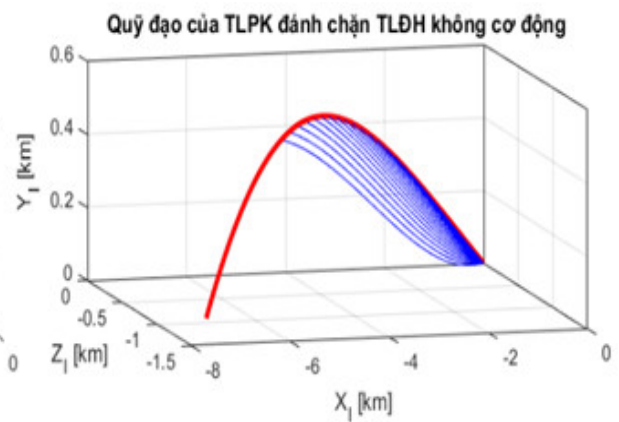
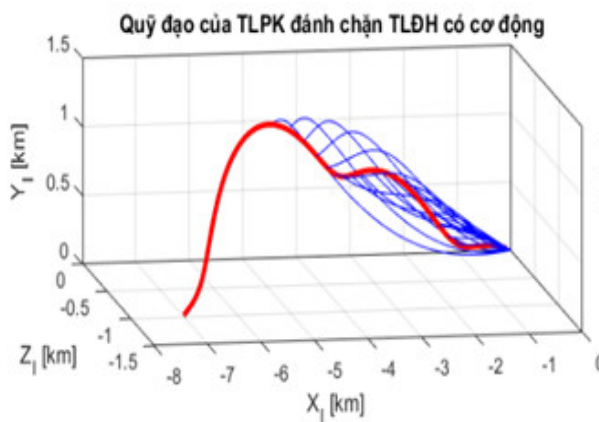


ISSN 1859 - 1043

Tạp chí

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUÂN SỰ

Nghiên cứu KH & CN quân sự, Số 67, 6-2020



*So sánh quỹ đạo của tên lửa phòng không (TLPK) đánh chặn tên lửa
đối hạm (TLĐH) có và không cơ động.*

SỐ 67

6 - 2020

VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUÂN SỰ

Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ quân sự

Xuất bản vào các tháng 2, 4, 6, 8, 10, 12; Số Tiếng Anh vào các tháng 5, 11.

Hội Đồng Biên Tập

Chủ tịch

Nguyễn Minh Tuấn

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Tổng Biên tập

Nguyễn Mạnh Thắng

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Các Ủy viên

Phạm Thị Ngọc Yến

Đại học Bách khoa Hà Nội;

Nguyễn Bình

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông;

Bạch Nhật Hồng

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Lê Vĩnh Hà

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Trần Xuân Nam

Học viện Kỹ thuật quân sự;

Lê Mỹ Tú

Học viện Kỹ thuật Mật mã;

Đỗ Ngọc Khuê

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Nguyễn Đức Hùng

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Nguyễn Việt Bắc

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Lê Quốc Hùng

Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam;

Chu Chiến Hữu

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Ninh Đức Hà

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Nguyễn Đức Cương

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Nguyễn Văn Chúc

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Trần Đức Thuận

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Nguyễn Trang Minh

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Phạm Vũ Uy

Học viện Kỹ thuật quân sự;

Hồ Quang Quý

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Nguyễn Mạnh Thắng

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Bùi Thu Lâm

Học viện Kỹ thuật quân sự;

Đoàn Văn Ban

Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam;

Thư ký

Đỗ Thành Việt

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

Toà soạn: 17 phố Hoàng Sâm, Nghĩa Đô, Cầu Giấy, Hà Nội.

Email: contact@jmst.info;

Điện thoại: 069.516104; 069.516.172; 098.339.6602

Tạp chí
NGHIÊN CỨU
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUÂN SỰ
MỤC LỤC
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

Tên lửa & Thiết bị bay

- 01 Đặng Văn Thành, Trần Đức Thuận, Phạm Văn Nguyên, Đặng Tiến Trung** 3 - 12
Xây dựng thuật toán xác định luật điều khiển cho UAV tri-rotors trên cơ sở ứng dụng lý thuyết điều khiển trượt.
- 02 Bùi Quốc Dũng, Đàm Hữu Nghị, Lê Kỳ Biên** 13 - 24
Nghiên cứu tổng hợp luật cơ động kiểu “ổng không gian” cho tên lửa đối hạm chống tên lửa phòng không tàu đối phương.
- 03 Lê Tuấn Anh, Phan Tương Lai, Hoàng Mạnh Tường, Nguyễn Văn Hùng** 25 - 32
Nâng cao độ chính xác bộ định phương thẳng đứng nhờ thiết bị hấp thu rung có tính chất ma sát nhớt.

Kỹ thuật điều khiển & Điện tử

- 04 Nguyen Huu Binh, Nguyen Quoc Cuong, Tran Thi Anh Xuan** 33 - 43
An evaluation of some factors affecting accuracy of the Vietnamese keyword spotting system.
- 05 Nguyễn Trung Thành, Lê Ngọc Uyên** 44 - 52
Mô hình toán học ước tính tổn hao do hệ thống xử lý sơ cấp trong phát hiện tín hiệu có ích.
- 06 Phùng Quang Thanh, Nguyễn Mạnh Toàn, Nguyễn Thế Quang, Ngô Xuân Mai** 53 - 63
Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị khuếch đại quang Raman sử dụng cho các tuyến truyền dẫn quang cự ly dài.
- 07 Trần Duy Trinh, Bùi Trung Tuyển, Võ Tiến Trung, Ngô Thị Lê, Nguyễn Thanh Long, Nguyễn Văn Tiến, Thái Hữu Nguyên** 64 - 75
Giải pháp ổn định nhanh điện áp bằng bộ bù nổi tiếp đảm bảo hoạt động cho các thiết bị y tế trước sự cố tăng giảm điện áp lưới dài hạn.
- 08 Nguyễn Việt Phương, Sái Mạnh Thắng, Lê Thanh Long, Lê Văn Hoàng** 76 - 84
Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy in 3D theo công nghệ FDM.
- 09 Lê Đức Tùng, Nguyễn Quốc Minh** 85 - 96
Phân tích, đánh giá và giảm thiểu sóng hài trong lưới điện khi có kết nối hệ thống pin năng lượng mặt trời.

Hóa học & Kỹ thuật môi trường

- 10 Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Hữu Vân, Hà Quốc Bằng, Trần Văn Hiền, Trần Văn Chung** 97 - 105
Nghiên cứu khả năng che chắn sóng điện từ trong dải tần băng X (8÷12 Ghz) của lớp màng phủ trên cơ sở vật liệu rGO (reduced graphene oxide).
- 11 Nguyễn Đức Long, Trần Hữu Thành, Nguyễn Văn Hùng, Đoàn Văn Điệp, Phạm Văn Thuần** 106 - 113
Исследование и разработка огнезащитного покрытия для газогенератора снаряда с повышенной дальностью к артиллерийской системе 130-мм М46.
- 12 Hồ Ngọc Minh, Chu Chiến Hữu, Đỗ Đình Trung** 114 - 121
Tổng hợp và tính chất của cao su butadien dạng lỏng có hai nhóm hydroxyl đầu-cuối mạch.

- 13 **Nguyễn Văn Minh, Yudin Andrey, Nguyễn Tiên Hiệp, Nguyễn Huynh, Lê Hải Ninh, Nguyễn Xuân Phương** 122 - 129
Tổng hợp bột NiO dạng cầu rỗng cấu trúc nano bằng phương pháp nhiệt phân aerosol.
- 14 **Nguyễn Tất Thành, Trần Ái Quốc, Phạm Quốc Nghiệp, Lê Nữ Liên Ái, Nguyễn Thị Trà My** 130 - 139
Nghiên cứu chế tạo Carbon Nanodots ứng dụng để phát hiện kim loại trong nước.
- 15 **Nguyễn Tuấn Hiếu, Nguyễn Đình Thái, Trần Đức Long** 140 - 148
Nghiên cứu ảnh hưởng các thông số công nghệ ép nóng đến độ truyền qua của gốm quang học Magie Florua trong phổ hồng ngoại.
- Vật lý*
- 16 **Mai Hong Hanh** 149 - 153
ZnO nanorods grown on plastic PVC substrate for environmental application.
- 17 **Nguyen Tien Anh, Duong Cong Anh, Dang Manh Chinh, Tran Anh Quang, Nguyen Van Quynh, Pham Van Nhat** 154 - 160
Finite simulations of micro-particle supporting for single cell trapping in microfluidic system.
- 18 **Chu Van Bien, Tran Dinh Duc, Nguyen Manh An, Ho Dinh Quang, Nguyen Manh Thang, Le Van Hieu** 161 - 168
Influence of structure parameters on the supercontinuum generation of photonic crystal fiber.
- Công nghệ thông tin & Cơ sở toán học cho tin học*
- 19 **Nguyễn Thành Trung, Nguyễn Chí Thành, Đặng Hoàng Minh, Nguyễn Thái Hà, Nguyễn Đức Thuận** 169 - 176
Về một bộ dữ liệu xạ hình tưới máu cơ tim phục vụ việc xây dựng, đánh giá các mô hình học máy dò tìm tổn thương cơ tim.
- 20 **Nguyễn Thanh Sơn, Lều Đức Tân** 177 - 187
Tân công Lim-Lee vào các giao thức DH-KE trên GF(p).
- Cơ kỹ thuật & Kỹ thuật cơ khí động lực*
- 21 **Nguyễn Mạnh Tiến, Nguyễn Trường An, Trần Đức Hoàn, Ong Thế Đức** 188 - 196
Xác định hệ số nhay cảm với tốc độ biến dạng trong quá trình tạo hình siêu dẻo hợp kim nhôm AA7075.
- 22 **Nguyen Van Hung, Dao Van Doan, Nguyen Van Dung** 197 - 204
The analysis of the motion of bolt carrier for the amphibious rifles when shooting underwater in the initial period.
- THÔNG TIN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ**
- 23 **Nguyễn Hải Dương, Dương Quang Mạnh, Nguyễn Khoa Sang** 205 - 213
Nghiên cứu chế tạo máy cạo mù cao su tự động.
- 24 **Phạm Văn Tú, Nguyễn Lê Hoàng, Bùi Đình Phong, Trần Đình Tuân** 214 - 218
Nghiên cứu chế tạo bộ lửa điện ĐP4-1 của cụm môi B-287.
- 25 **Trần Tuấn Việt, Nguyễn Văn Sơn, Nguyễn Phú Bảo, Đào Thanh Tùng** 219- 224
Chất thải rắn phát sinh từ hoạt động huấn luyện, diễn tập tại trường bắn quốc gia khu vực 3: hiện trạng và cách tiếp cận quản lý tổng hợp.

INFLUENCE OF STRUCTURE PARAMETERS ON THE SUPERCONTINUUM GENERATION OF PHOTONIC CRYSTAL FIBER

Chu Van Bien¹, Tran Dinh Duc¹, Nguyen Manh An¹,
Ho Dinh Quang², Nguyen Manh Thang³, Le Van Hieu^{1,*}

Abstract: *In this paper, we report a numerical calculation of the influence of structural parameters on the supercontinuum generation of photonic crystal fibers. A photonic crystal fiber based on the fused silica glass, eight rings of air holes ordered in a hexagonal lattice, is proposed. Guiding properties in terms of dispersion and confinement loss of the fundamental mode are also studied numerically. As a result, the broadband width of the supercontinuum spectrum will increase when the lattice pitch decreases or the diameter of air hole in the cladding increases. However, the coherence of SC will become worse.*

Keywords: Nonlinear optics; Photonic crystal fiber; Dispersion; Supercontinuum generation.

1. INTRODUCTION

In recent years, photonic crystal fibers (PCFs) have received more attention of many scientists all over the world, because it contains special properties such as single-mode operation [1], high birefringence [2], high nonlinearity [3], easily controllable dispersion characteristics to achieve the flat or ultra-flattened dispersion [4]. So that, PCFs have been applied in many areas for supercontinuum generation, biomedical engineering, and sensing applications [5, 6]. Especially, PCFs enable change dispersion characteristics as well as nonlinear properties by variations in structural parameters such as hole size, arrangement, spacing, shape, lattice constant (A) and linear filling factors (f) [7].

Among numerous applications of PCFs, one most popular is the generation of supercontinuum (SC). Due to its interesting characteristics, the SC generation has widely used in optical communication systems, optical coherence tomography, frequency metrology, spectroscopy [8-10]. For efficient broadband SC generation, a PCF with flat dispersion characteristic and highly nonlinear glass is required, together with an ultra-short laser pulse is launched into the normal or anomalous dispersion regions [11, 12]. The high nonlinearity is one of the most important properties, which is generated by using silica or highly nonlinear soft glasses [12, 13]. However, using these types of PCFs usually requires a complex pump system as well as high power. Recently, a new method to achieve the higher nonlinear values of PCFs is using liquid-core [14]. For this, the nonlinear effects generated with shaped dispersion occur rapidly at the first centimeters, while for medium nonlinear fibers it needs a longer length fiber requires, i.e. tens of centimeters. However, high nonlinearity liquids are usually highly toxic which leads to limit their practical applications, as well as more difficult to fabricate the fibers because of toxic, explosive liquids, and expensive soft glasses.

Control of dispersion characteristics is another important way because the flattened dispersion and slope of the dispersion curve always strongly influence on the nonlinear coefficient as well as the shape and wide of the spectrum in the SC generation [15, 16]. Up to now, the dispersion and the nonlinearity of many kinds of PCFs have been studied which is based on the arrangement of air-holes in the cladding or by changing the lattice pitch and linear filling factor in the hexagonal lattice structure [17]. Besides, air-holes are designed in the following square lattice, octagonal lattice, equiangular spiral lattice, and other novel structures that also have similar efficiency [2, 18, 19]. A. Ferrando et al. has reported that the lattice pitch can be changed the position of the zero-dispersion

wavelength (ZDW) as well as the flat dispersion curve achieving over a wide band of wavelength, and the anomalous dispersion region is reduced. Moreover, for a given lattice pitch value, the ZDW is also moved to the right side by increasing the linear filling factors [20]. The ultra-flattened dispersion characteristic of square-lattice PCFs has also been controlled by changing the air-hole diameters and central core diameters. It is indicated that the dispersion slope increases when the lattice pitch rises and vice versa [21]. A mid-infrared broadband SC generation with spanning of 1-14 μm is presented by P. Chauhan et al. by using a 9 mm long fiber of highly nonlinear chalcogenide glass, pumped with 90 fs laser pulse at a peak power of 8.19 kW, and promise for nonlinear applications of photonic devices. The results also showed that an increasing the diameter of air-holes, the ZDW shifted towards the shorter wavelength side. Otherwise, the lattice pitch is increased, the ZDW shifted towards the longer wavelength side [22]. However, the above studies have only focused on generating the SC generation in the optimized structure with fixed parameters. Meanwhile, the influence of internal structure parameters on the SC generation is still of little interest, resulting in a lack of comparable data relating to the SC spectrum. In addition, the realization of a PCF fabrication technology with a complicated structure, i.e. octagonal lattice, square, equiangular spiral fiber, is still so difficult and costly, then tailoring parameters of the internal structure of PCF is considered efficiency way.

In this paper, we present a numerical simulation of the influence of geometrical parameters on the SC generation of PCFs. We analyzed a PCF made of fused silica glass consisting of eight rings of air holes ordered in a hexagonal lattice. The work is organized into two main steps. The first one is to consider the effects of structure parameters on the properties of PCF like characteristics dispersion or confinement loss via changing lattice pitch and filling factor in the cladding. Next, by using the generalized nonlinear Schrödinger equation (GNLSE), the influence of structure parameters on the SC generation was considered.

2. NUMERICAL MODELING OF THE PCFs

Figures 1(a) and 1(b) show a sketch of a PCF and its cross-section. We assume that the fiber is made of fused silica glass, consists of eight rings of air holes arranged in regular hexagonal lattice defined by the lattice pitch Λ and air holes diameter d . The filling factor of the cladding is defined as $f = d/\Lambda$ and is used as a constant filling factor for all rings to simplify future fiber development.

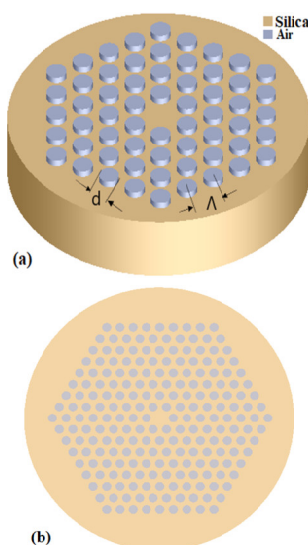


Figure 1. Sketch of a PCF with solid core (a) and its cross section (b).

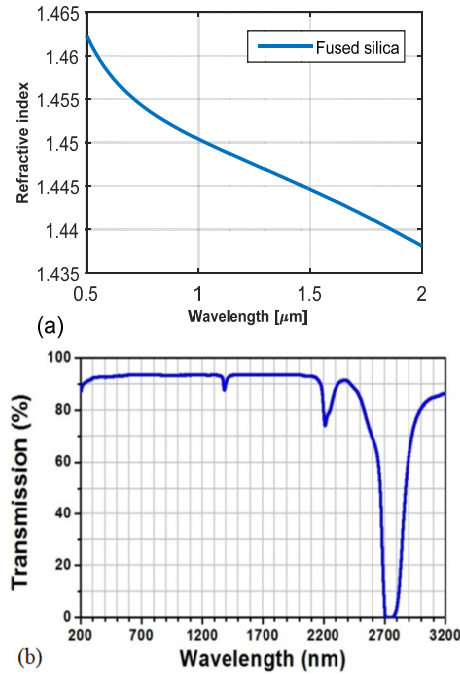


Figure 2. Real part of refractive index of fused silica (a), transmission of fused silica (b) [23].

The refractive index of fused silica glass is followed by the Sellmeier equation and it is given by the formula [23]:

$$n(\lambda) = \sqrt{1 + \frac{B_1 \lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2 \lambda^2}{\lambda^2 - C_2} + \frac{B_3 \lambda^2}{\lambda^2 - C_3}} \quad (1)$$

where $B_1 = 0.69675$, $B_2 = 0.40821$, $B_3 = 0.890815$, $C_1 = 4.770112 \times 10^{-3} \mu m^2$, $C_2 = 1.3377689 \times 10^{-2} \mu m^2$, $C_3 = 98.02106851 \mu m^2$ are Sellmeier coefficients, λ is the wavelength (μm). The real part of the refractive index of fused silica is shown in Figure 2a.

In the simulation, we have took into account measured transmission of fused silica, as presented in Figure 2b. Numerical analysis was carried out by the Lumerical Mode Solution software [24]. This method is commonly used for calculations of the PCFs properties.

3. SIMULATION RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Influence of structure parameters on the dispersion characteristics

To investigate the influence of structure parameters on the dispersion properties, we consider the structures with the lattice pitch Λ changing from 2.0 to 3.5 with changing internal of 0.5 and filling factor changing from 0.2 to 0.5 with changing internal of 0.05. In each case, we have calculated the dispersion characteristics of the fundamental mode as a function of the wavelength in the range of 0.5-2 μm .

Figure 3 shows the characteristics of dispersion for the fundamental mode. For a given Λ value, the increase of the filling factor causes not only an increase in the flattened dispersion but also increases the bandwidth of dispersion range. On the other hand, reducing the filling factor makes dispersion flatter and ultimately becomes monotonic (see Figure 3a-d). The ZDWs have shifted forward smaller wavelengths when filling factor increases. Meanwhile, for a given f value, the dispersion properties are shifted from the normal regime to the anomalous regime and flattened with increasing Λ . For this case, the ZDW forward longer wavelengths with reducing the filling factor (see Figure 3f).

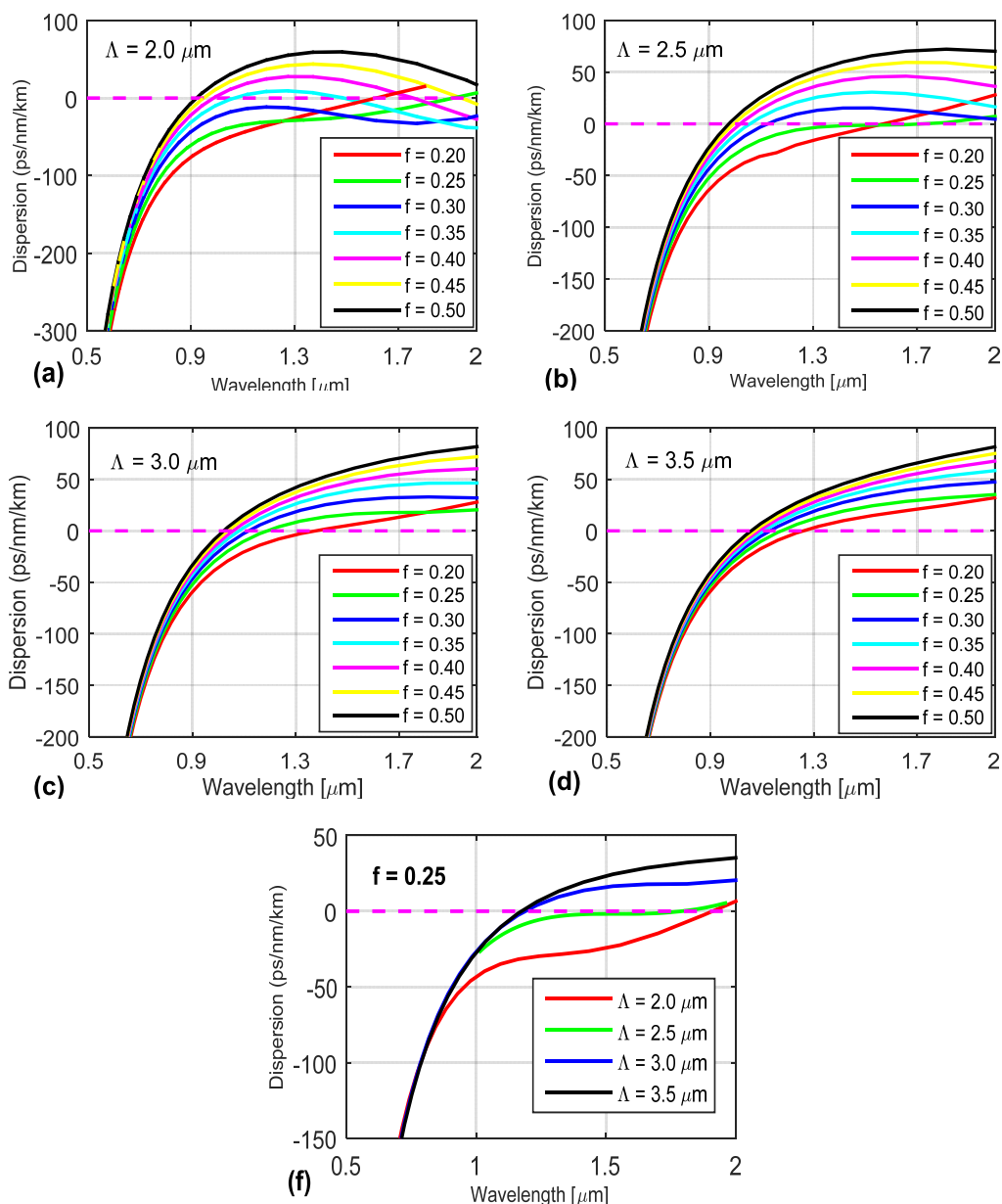


Figure 3. Dispersion characteristics of the fundamental mode for different lattice pitch Λ and filling factors f .

3.2. Influence of structure parameters on the loss

We have calculated the confinement loss of the fundamental mode as a function of wavelength for various structure parameters and are plotted in Figure 4. The results show that the losses maintain an overall tendency to increase with increasing wavelength. Besides that, the losses also depend on the structure parameters of PCFs. For a give d value, when we increase lattice pitch Λ the loss also increases. For example, at wavelength of $1.55 \mu\text{m}$, confinement loss equal to 4.272, 14.41, 41.76, and 42.1 dB/cm, respectively, for $\Lambda = 2 \mu\text{m}$, $\Lambda = 2.5 \mu\text{m}$, $\Lambda = 3.0 \mu\text{m}$, and $\Lambda = 3.5 \mu\text{m}$ (detail in Figure 4a). Meanwhile, for a give Λ , the loss will decrease when we increase filling factor. In other words, the losses decrease with increasing diameter of air hole (detail in Figure 4b).

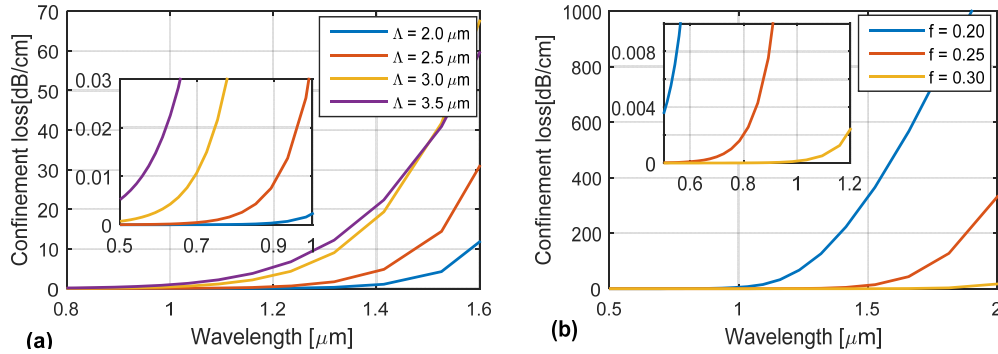


Figure 4. Confinement loss of the PCFs as a function of the wavelength for various lattice pitches Λ with $d = 0.625 \mu\text{m}$ (a) and various filling factors with $\Lambda = 2.5 \mu\text{m}$ (b).

3.3. Influence of structure parameters on the supercontinuum generation of PCFs

To consider the influence of structure parameters on the SC generation of the PCF, the generalized nonlinear Schrödinger equation (GNLSE) were solved by using the split-step Fourier method [6].

$$\frac{\partial A}{\partial z} = -\frac{\alpha}{2}A + \sum_{n \geq 2} \beta_n \frac{i^{n+1}}{n!} \frac{\partial^n}{\partial T^n} A + i\gamma \frac{1}{\omega_0} \left(1 + \frac{\partial}{\partial T}\right) \left[(1 - f_R)|A|^2 A + f_R A \int_0^\infty h_R(t) |A(z, T-t)|^2 dt \right] \quad (2)$$

where $A = A(z, t)$ is the complex amplitude of the optical field, α represent the total loss in the PCF, β_n are the various coefficients in the Taylor series expansion of the propagation constant around the carrier frequency, γ is the nonlinear coefficient, λ_c is the pump wavelength, and f_R is the fractional contribution of the Raman response, respectively. Meanwhile, $h_R(t)$ represents the Raman response function, and was approximated: $h_R(t) = (\tau_1^2 + \tau_2^2)\tau_1^{-1}\tau_2^{-2} \exp(-t/\tau_2) \sin(t/\tau_1)$.

In simulations, the following parameters were used: the fiber length 40 cm, the pulse of duration 80 fs, the Raman fraction f_R of fused silica glass equal to 0.18, $\tau_1 = 12.2$ fs, $\tau_2 = 32$ fs, the nonlinear refractive index of fused silica $n_2 = 3.0 \times 10^{-20} \text{ m}^2 \text{ W}^{-1}$ [4] and the coupled energy 5 nJ at the pump wavelength of $1.06 \mu\text{m}$.

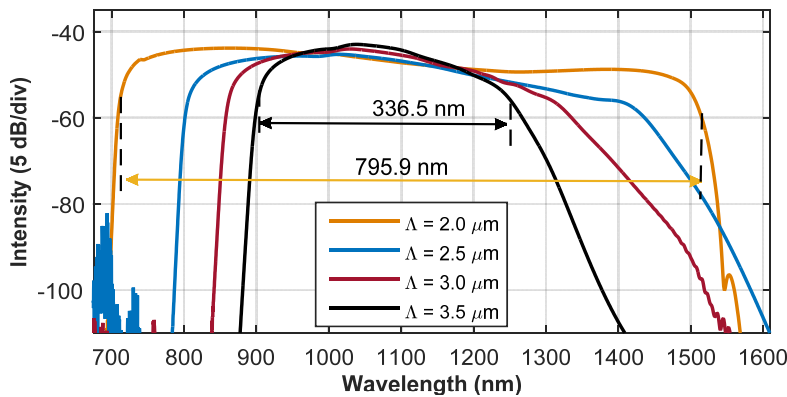


Figure 5. Numerical simulation of the SC spectrum in the PCF for different lattice pitches with $d = 0.625 \mu\text{m}$.

Figure 5 presents the influence of lattice pitch on the SC generation of the PCF when diameter of air hole is constant. The obtained results show that the spectral broadening will decrease when increases a lattice pitch. For example, the broadband width of spectrum

are 336.5 nm, 446.1 nm, 610 nm and 795.9 nm, respectively, for $\Lambda = 2.0 \mu\text{m}$, $\Lambda = 2.5 \mu\text{m}$, $\Lambda = 3.0 \mu\text{m}$, and $\Lambda = 3.5 \mu\text{m}$. This is due to the increase in the lattice pitch makes an increase of loss when light propagates in the fiber. In addition, the increase of the lattice pitch also leads to an increase in the dispersion and effective mode area and then results in a decrease of spectral broadening.

Meanwhile, the influence of the air-hole diameter on the SC generation is illustrated in Figure 6. The results indicated that spectral broadening can be achieved with an increase in the air-hole diameter. The spectral bandwidths are 367.2 nm, 488.1 nm and 638.5 nm for the filling factor of 0.2, 0.25, and 0.3, respectively. This can explain that the increase in the filling factor leads to reduce the confinement loss of the PCF. Simultaneously, the dispersion also shifted from the normal dispersion regime to the anomalous dispersion regime. Therefore, it is expected that a wider SC can be obtained by increasing the filling factor (the air hole diameter), but the coherence of SC will become worse.

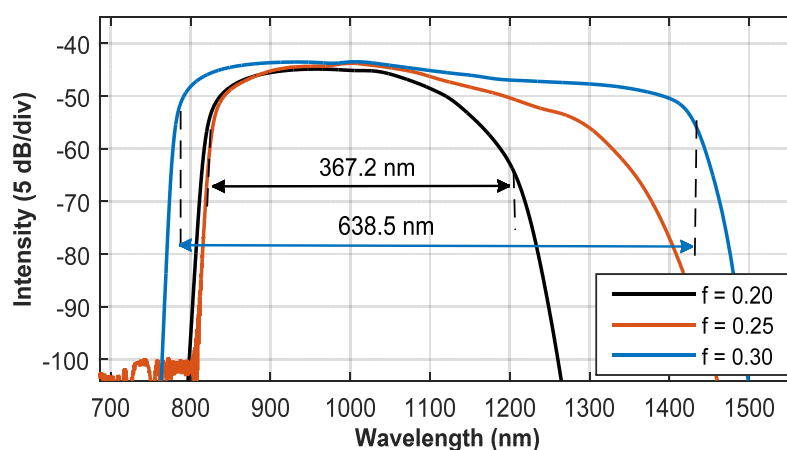


Figure 6. Numerical simulation of the SC spectrum in the PCF for different filling factors with $\Lambda = 2.5 \mu\text{m}$.

4. CONCLUSION

In this work, we present a numerical simulation of the influence of geometrical parameters on the SC generation. We analyzed a PCF made of silica glass consisting of eight rings of air holes ordered in a hexagonal lattice. Our numerical simulations demonstrate that the properties of a PCF (including dispersion characteristics, confinement loss) are greatly influenced by its structural parameters. In addition, we are able to control the shape and spectral bandwidth of the SC spectrum in the PCFs by changing the lattice pitch or air hole diameter. The broadband width of the supercontinuum spectrum will increase with the decrease in the lattice pitch or increase the air-hole diameter in the cladding. The increase in the filling factor or decreasing lattice constant leads to reduce the confinement loss of the PCF. The dispersion also shifted from the normal dispersion regime to the anomalous dispersion regime. Therefore, it is expected that a wider SC can be obtained by increasing the air-hole diameter or reducing the lattice constant, but the coherence of SC will become worse.

Acknowledgement: This work was supported by Hong Duc University under grant number DT-2019-01.

REFERENCES

- [1]. T.A. Birks, J.C. Knight, and P.S.J. Russell, "Endlessly single-mode photonic crystal fiber," *Optics Letters*, **Vol. 2(13)**, pp. 961-963, (1997).

- [2]. X. Li, P. Liu, Z. Xu, and Z. Zhang, “*Design of a pentagonal photonic crystal fiber with high birefringence and large flattened negative dispersion*,” *Appl. Opt.*, **Vol. 54**, pp. 7350-7357, (2015).
- [3]. Y.E. Monfared, A. Mojtahedinia, A.R. Maleki Javan, and A.R. Monajati Kashani, “*Highly nonlinear enhanced core photonic crystal fiber with low dispersion for wavelength conversion based on four-wave mixing*”, *Frontiers of Optoelectronics*, Vol. 6(3), pp. 297-302, (2013).
- [4]. K. Saitoh, N. Florous, and M. Koshiba, “*Ultra-flattened chromatic dispersion controllability using a defected-core photonic crystal fiber with low confinement losses*,” *Opt. Express*, **Vol. 13**, pp. 8365-8371, (2005).
- [5]. J.M. Dudley, G. Genty, and S. Coen, “*Supercontinuum generation in photonic crystal fiber*,” *Review of Modern Physics*, **Vol. 78**, pp. 1135-1184, (2006).
- [6]. A.M.R. Pinto and M. Lopez-Amo, “*Photonic Crystal Fibers for Sensing Applications*,” *Fiber Optic Sensors*, **Vol. 2012**, pp. 1-21, (2012).
- [7]. X. Li, Z. Xu, W.Ling, and P. Liu, “*Design of highly nonlinear photonic crystal fibers with flattened chromatic dispersion*,” *Appl. Opt.* **Vol. 53**, pp. 6682-6687, (2014).
- [8]. K. Saitoh and M. Koshiba, “*Highly nonlinear dispersion-flattened photonic crystal fibers for supercontinuum generation in a telecommunication window*,” *Opt. Express*, **Vol. 12**, pp. 2027-2032, (2004).
- [9]. H. Wang, C.P. Fleming, and A.M. Rollins (2007), “*Ultrahigh-resolution optical coherence tomography at 1.15 μm using photonic crystal fiber with no zero-dispersion wavelengths*”, *Opt. Express* **15**, 3085-3092.
- [10]. W. J. Ling, K. Li, and Y. Y. Zuo, “*Supercontinuum generation in nonperiodic photonic crystal fibers and its application in frequency metrology*,” *Applied Mechanics and Materials*, **Vol. 302**, pp. 194-199, (2013).
- [11]. P.S. Maji and P. R. Chaudhuri, “*Design of all-normal dispersion based on multi-material photonic crystal fiber in IR region for broadband supercontinuum generation*,” *Appl. Opt.*, **Vol. 54**, pp. 4042-4048, (2015).
- [12]. P. Jamatia, T.S.Saini, A. Kumar, and R.K. Sinha, “*Design and analysis of a highly nonlinear composite photonic crystal fiber for supercontinuum generation: visible to mid-infrared*,” *Appl. Opt.* **Vol. 55**, pp. 6775-6781, (2016).
- [13]. S. Dai, Y. Wang, X. Peng, P. Zhang, X. Wang, and Y. Xu, “*A review of mid-infrared supercontinuum generation in chalcogenide glass fibers*,” *Applied Sciences*, **Vol. 8(5)**, pp.707-1-28, (2018).
- [14]. V.T. Hoang, R. Kasztelanic, A. Filipkowski, G. Stępniewski, D. Pysz, M. Klimczak, S. Ertman, V.C. Long, T.R. Woliński, M. Trippenbach, K. D. Xuan, M. Śmietana, and R. Buczyński, “*Supercontinuum generation in an all-normal dispersion large core photonic crystal fiber infiltrated with carbon tetrachloride*,” *Opt. Mater. Express*, **Vol. 9**, pp. 2264-2278, (2019).
- [15]. G. Stępniewski, M. Klimczak, H. Bookey, B. Siwicki, D. Pysz, R. Stepien, A.K.Kar, A.J. Waddie, M.R.Taghizadeh, and R. Buczynski, “*Broadband supercontinuum generation in normal dispersion all-solid photonic crystal fiber pumped near 1300 nm*,” *Laser Physics Letters*, **Vol. 11(5)**, pp. 055103, (2014).
- [16]. Y. Wang, X. Zhang, X. Ren, L. Zheng, X. Liu, and Y. Huang, “*Design and analysis of a dispersion flattened and highly nonlinear photonic crystal fiber with ultralow confinement loss*,” *Appl. Opt.*, **Vol. 49**, pp. 292-297, (2010).
- [17]. H. Xu, J.Wu, K. Xu, Y. Dai, and J.Lin, “*Highly nonlinear all-solid photonic crystal fibers with low dispersion slope*,” *Appl. Opt.*, **Vol. 51**, pp. 1021-1027, (2012).
- [18]. S. Roy and P. R. Chaudhuri, “*Supercontinuum generation in visible to mid-infrared*

- region in square-lattice photonic crystal fiber made from highly nonlinear glasses,”* Optics Communications, **Vol. 282 (17)**, pp. 3448-3455, (2009).
- [19].A. Agrawal, M.Tiwari, Y.O. Azabi, V.Janyani, B.M.A. Rahman and K.T.V. Grattan, “*Ultrabroad supercontinuum generation in tellurite equiangular spiral photonic crystal fiber,*” Journal of Modern Optics, **Vol.60 (12)**, pp. 956-962, (2013).
- [20].A. Ferrando, E. Silvestre, P. Andrés, JJ. Miret, and M.V. Andrés, “*Designing the properties of dispersion-flattened photonic crystal fibers,*” Opt. Express, **Vol. 9**, pp. 687-697, (2011).
- [21].M. Zhang, F. Zhang, Z. Zhang and X. Chen, “*Dispersion-ultra-flattened square-lattice photonic crystal fiber with small effective mode area and low confinement loss,*” Optik-International Journal for Light and Electron Optics, **Vol. 125(5)**, pp. 1610-1614, (2014).
- [22].P. Chauhan, A. Kumar, and Y. Kalra, “*Mid-infrared broadband supercontinuum generation in a highly nonlinear rectangular core chalcogenide photonic crystal fiber,*” Optical Fiber Technology, **Vol. 46**, pp. 174-178, (2018).
- [23].C. Z. Tan, “*Determination of refractive index of silica glass for infrared wavelengths by IR spectroscopy*”, Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. **223**, Issues 1–2, 0022-3093, (1998).
- [24].Lumerical Solutions, Inc. <http://www.lumerical.com/tcad-products/mode/>.

TÓM TẮT

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THAM SỐ CẤU TRÚC TRONG SỰ PHÁT SIÊU LIÊN TỤC CỦA SỢI TINH THỂ QUANG TỬ

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả tính toán số ảnh hưởng của các tham số cấu trúc lên sự phát siêu liên tục trong sợi tinh thể quang tử. Một sợi tinh thể quang tử được chế tạo từ thủy tinh nguyên chất nóng chảy, bao gồm 8 vòng lỗ khí được xếp đều trong mạng lục giác đã được đề xuất cho nghiên cứu. Các đặc tính dẫn sóng của tán sắc và mất mát của phương thức truyền cơ bản cũng được khảo sát bằng phương pháp số. Kết quả cho thấy, độ rộng băng thông của phổ sẽ tăng khi giảm hàng số mạng hoặc tăng đường kính của lỗ khí trong lớp vỏ, tuy nhiên, tính kết hợp của phổ giảm.

Từ khóa: Quang phi tuyến; Sợi tinh thể quang tử; Tán sắc; Sự phát siêu liên tục.

Received 24th March 2020

Revised 26th May, 2020

Published 12th June, 2020

Author affiliations:

¹Faculty of Natural Sciences, Hong Duc University;

²School of Chemistry, Biology and Environment, Vinh University;

³Academy of Military Science and Technology.

*Corresponding author : levanhieu @hdu.edu.vn.

THẺ LỆ VIẾT VÀ GỬI BÀI

1. **Tác giả** phải cam kết nội dung của bài gửi đăng là kết quả riêng, chưa công bố và chưa gửi đăng ở bất kỳ tạp chí nào khác.

2. **Bài gửi** đăng phải được viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh, Nga, viết cẩn thận, đúng văn phạm, được đánh máy rõ ràng trên máy vi tính, chừa lề trên 4 cm, dưới 2,86 cm, phải 3.86cm, trái 3 cm và được in trên một mặt của giấy khổ A4 và được sao thành hai bản (gửi kèm theo bản điện tử về địa chỉ contact@jmst.info). Bài giới thiệu tổng quan không quá 10 trang; công trình nghiên cứu và triển khai ứng dụng không quá 6 trang; những thông báo, thông tin, giới thiệu không quá 2 trang.

3. **Nội dung** trình bày như sau (tìm **File mẫu** trong trang Web: WWW/jmst.info):

- Tên bài báo: **NGHIÊN CỨU... (TIMES NEW ROMAN_B_13)**, căn giữa dòng;
- Tên tác giả: **Nguyễn Văn A, Trần Ngọc B, .. (Times New Roman-10)**, căn giữa dòng;
- **Tóm tắt:** *Trong bài báo, một số nghiên cứu ... (Abstract- Times New Roman-11)*;
- **Từ khóa:** Chuyên ngành, lĩnh vực KHCN, vấn đề quan tâm, ... (Times New Roman_9)
- Mục chính: **1. MỞ ĐẦU, ..., 5. KẾT LUẬN, TÀI LIỆU THAM KHẢO (TIMES NEW ROMAN_B_12)**, căn giữa dòng;
- Mục nhỏ : **1.2. Cơ sở lý thuyết (Times New Roman_12_B)**, căn lề trái;
- Tiểu mục : *1.2.1. Những nguyên lý cơ bản (Times New Roman_12_Italic)*, căn trái;
- Nội dung : Xuất phát từ nguyên lý hoạt động... (Times New Roman_12), căn hai lề; Xuống dòng lùi vào 0.5 cm ;
- **Tài liệu tham khảo**, trích dẫn phải có đủ các thông tin sau:
 - Sách: Họ tên tác giả (hoặc chủ biên), "*Tên sách*", Nhà xuất bản, năm xuất bản, trang.
 - Tạp chí: Họ tên tác giả, "*Tên bài báo*," Tên tạp chí, tập, số, năm, trang.
 - Báo cáo tại hội nghị: Họ tên tác giả, "*Tên báo cáo*", Tên tuyển tập, nơi và thời gian tổ chức hội nghị, trang.
 - Luận văn (đề tài): Họ tên tác giả, "*Tên luận văn (đề tài)*", Nơi bảo vệ, năm, trang.
- **Địa chỉ** : Viện KH-CN quân sự (Times New Roman_10), căn lề trái, đặt cuối bài.

4. **Ngoài tóm tắt bằng tiếng Việt**, bài viết phải có phần **Title (TIMES NEW ROMAN_B_12)** và **Abstract (Times New Roman_I_12)** bằng tiếng Anh. Bài viết bằng tiếng Anh, Nga ... phải có đầu đề và tóm tắt bằng tiếng Việt. Phần tóm tắt cần cung cấp lượng thông tin cần thiết để qua đó người đọc có thể hiểu được nội dung chính của bài viết (từ 100 đến 200 từ). Sau phần tóm tắt có nhóm từ khóa (**Keywords**) liên quan đến lĩnh vực khoa học công nghệ mà bài báo quan tâm.

5. **Các hình vẽ** phải rõ nét và chuẩn xác. Nếu bài có ảnh thì không quá 3 ảnh. Hình và ảnh phải được chú thích đầy đủ, sử dụng thủ tục **Group** để liên kết hình và lời chú giải cho hình.

6. **Trình bày công thức và ký hiệu toán học** bằng thủ tục **MathType**. Số công thức căn lề phải.

7. **Nội dung liên quan tới việc bảo mật thông tin** phải được thủ trưởng đơn vị chủ quản phê duyệt cho đăng bằng văn bản gửi kèm theo bài báo.

8. **Tạp chí không đăng** những bài không theo đúng những thể thức được nói trên và những bài không được sự nhất trí của phản biện. **Toà soạn không trả lại bài không được đăng và không có trách nhiệm giải thích lý do cho người gửi.**

9. **Thư, bài gửi cho Tạp chí** và mọi giao dịch với Tòa soạn theo địa chỉ:

Toà soạn **Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ quân sự**
17 Hoàng Sâm, Nghĩa Đô, Cầu Giấy, Hà Nội.
Điện thoại: **069.516.104; 069.516.172; 098.339.6602.**
E-mail: contact@jmst.info

In 900 cuốn, khổ 19 x 27 tại Công ty Cổ phần in Sao Việt.
Giấy phép hoạt động báo chí số 220/GP-BTTTT (25/02/2011)
và số 470/GP-BTTTT (17/10/2016) của Bộ Thông tin và Truyền thông.
ISSN 1859 - 1043.
In xong và nộp lưu chiểu Quý II năm 2020.