BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

**ĐƠN VỊ: ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**

**-------------------------------------------**

**THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**

**1. Thông tin chung:**

**- Tên đề tài:**Thiết kế và chế tạo siêu vật liệu metamaterials có dải tần số làm việc rộng ở vùng sóng Rada;

- **Mã số:** B2015-TN05-01

- **Chủ nhiệm đề tài**: TS. Nguyễn Thị Hiền

- **Cơ quan chủ trì đề tài:** Đại Học Thái Nguyên

- **Thời gian thực hiện**: Từ tháng 01/2015 đến 12/2017.

**2. Mục tiêu:**

Thiết kế và chế tạo được siêu vật liệu metamaterials có dải tần số làm việc rộng ở vùng sóng Rada

**3. Tính mới và sáng tạo:**

- Lần đầu tiên tại Việt Nam đã xây dựng được một chương trình tính toán các tham số hiệu dụng (độ từ thẩm µ, độ điện thẩm ε, chiết suất n, trở kháng z) dựa trên thuật toán đề xuất bởi Chen.

- Tìm kiếm được cấu trúc siêu vật liệu metamaterials (Meta) đơn giản và có vùng tần số hoạt động rộng ở vùng GHz góp phần sớm đưa vật liệu Meta vào ứng dụng thực tế. Các mẫu này đã được chế tạo và kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy vùng hoạt động rộng hơn một số kết quả nghiên cứu gần đây của các nhóm khác trên thế giới cộng với cấu trúc đơn giản hơn.

**4. Kết quả nghiên cứu:**

Đã hoàn thành 03 nội dung nghiên cứu đã đưa ra trong thuyết minh đề tài

***Nội dung 1:* ĐãXây dựng chương trình tính toán các tham số hiệu dụng**

* Đã tìm hiểu thuật toán đề xuất bởi Chen và cộng sự.
* Dựa trên thuật toán của Chen đã xây dựng chương trình tính toán các tham số hiệu dụng (độ từ thẩm µ, độ điện thẩm ε, chiết suất n, trở kháng z) (xây dựng được 01 bộ code trên chương trình matlab để tính toán các tham số hiệu dụng)
* Đã kiểm tra độ chính xác của chương trình sau khi xây dựng được.

***Nội dụng 2:* Đã nghiên cứu ảnh hưởng của cấu trúc và các tham số cấu trúc lên tính chất điện từ của vật liệu**

* Đã nghiên cứu ảnh hưởng của các dạng cấu trúc khác nhau lên tính chất điện từ của vật liệu.
* Đã tìm kiếm vật liệu MMs có cấu trúc đơn giản, đối xứng cao.
* Đã nghiên cứu ảnh hưởng của tham số cấu trúc lên tính chất của vật liệu.

***Nội dung 3***: **Đã tối ưu hóa cấu trúc nhằm mở rộng dải tần số hoạt động của siêu vật liệu**

* Đã tìm kiếm cấu trúc có vùng tần số làm việc rộng (broadband).
* Đã nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số cấu trúc đến việc mở rộng vùng tần số hoạt động của MMs.
* Đã tối ưu hóa các tham số cấu trúc để thu được dải tần hoạt động là rộng nhất.

**5. Sản phẩm:**

* 1. ***. Sản phẩm khoa học:***

**Có 02 bài ISI:**

1. **Hien N. T.**, Tung B. S., Sen Y., Guy A. E.V., Peter L., Lam V. D., and Ewald J. (2016), “Broadband negative refractive index obtained by plasmonic hybridization in metamaterials”, *Applied Physics Letters,* 109, pp. 2219021-2219025.

2. **Hien N. T.**, Le L. N., Trang P. T., Tung B. S., Viet N. D, Duyen P. T., Thang N. M., Viet D. T., Lee Y. P., Lam V. D, Tung N. T. (2015), “Characterizations of a thermo-tunable broadband fishnet metamaterial at THz frequencies”, *Computational Materials Science,* 103, pp. 189-193.

**Có 05 bài đăng trên tạp chí trong nước:**

1. **Nguyễn Thị Hiền**, Vũ Đình Quí, Trịnh Thị Giang, Nguyễn Thanh Tùng và Vũ Đình Lãm (2016), “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo siêu vật liệu không phụ thuộc vào phân cực sóng điện từ”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ,* 54 (02)*,* tr. 258-265.
2. **Nguyễn Thị Hiền**, Nguyễn Thị Hương Liên, Nguyễn Thị Hải và Vũ Đình Lãm (2016), “Nghiên cứu mở rộng dải hấp thụ hoàn hảo sóng điện từ dựa trên siêu vật liệu”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Đại học Thái Nguyên (số đặc biệt chào mừng 86 năm thành lập hội liên hiệp phụ nữ Việt Nam),* tr. 173-176.
3. **Nguyễn Thị Hiền**, Nguyễn Xuân Ca, Phạm Minh Tân, Nguyễn Trung Kiên, Nguyễn Thị Mây, Vũ Đình Lãm (2017), “Mở rộng dải tần từ thẩm âm dựa trên mô hình lai hóa bậc hai cho cấu trúc đối xứng bằng phương pháp mô phỏng”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Đại học Thái Nguyên 172 (số đặc biệt chào mừng 87 năm thành lập hội liên hiệp phụ nữ Việt Nam),* tr. 3-8.
4. Duyen P. T., **Hien N. T.**, Viet N. D, Tung N. T., and Lam V. D. (2015), “Decisive role of the dielectric spacer on metamaterial hybridization”, *Tạp chí nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân sự,* 35 (02), tr. 106-111.
5. **Nguyễn Thị Hiền**, Nguyễn Xuân Ca, Nguyễn Thị Mây, Phạm Minh Tân, Nguyễn Thanh Tùng và Vũ Đình Lãm (2017), “Vai trò của tổn hao lớp điện môi lên sự mở rộng vùng có chiết suất âm sử dụng mô hình lai hóa bậc hai”, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư Phạm Hà Nội 2, số 51, tr. 40-50.

**Có 01 bài đăng trên kỷ yếu hội nghị:**

1. Vũ Đình Lãm, Nguyễn Thanh Tùng, **Nguyễn Thị Hiền**, Đỗ Thành Việt, Phạm Thị Trang và Lê Văn Hồng (2015), “Một số kết quả nghiên cứu về siêu vật liệu Metamaterial tại Viện Khoa học Vật liệu”, *Tuyển tập báo cáo – 40 năm thành lập Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, tr. 195-214.
	1. ***Sản phẩm đào tạo:***

**Có 01 luận văn thạc sĩ, 01 đề tài sinh viên nghiên cứu khoa học, 02 khóa luận tốt nghiệp đã bảo vệ:**

1. **Phan Thị Duyên (2016),** *Study of the broadband metamaterial absorber based on ring – structure*,Luận văn thạc sĩ Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội (thành viên của đề tài).
2. **Nguyễn Thị Hải (2015-2016),** *Nghiên cứu tính chất của siêu vật liệu có chiết suất âm*, Đề tài sinh viên nghiên cứu Khoa học trường Đại học Khoa học Thái Nguyên.
3. **Nguyễn Thị Hương Liên (2015-2016),** *Tối ưu hóa cấu trúc vật liệu Meta*, Khóa luận tốt nghiệp trường Đại học Khoa học Thái Nguyên.
4. **Nguyễn Thị Hải (2016-2017),** *Nghiên cứu mở rộng dải tần số hoạt động của siêu vật liệu có độ từ thẩm âm*, Khóa luận tốt nghiệp trường Đại học Khoa học Thái Nguyên.
	1. ***Sản phẩm khác***

1. 01 Phần mềm (code) tính toán đúng các tham số hiệu dụng(độ từ thẩm µ, độ điện thẩm ε, chiết suất n, trở kháng z).

2. Qui trình công nghệ chế tạo siêu vật liệu metamaterials ở vùng sóng Rada.

3. 10 mẫu siêu vật liệu metamaterials có kích thước 15cmx15cm.

**6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích của kết quả nghiên cứu:**

- Đề tài là một phần kết quả quan trọng trong luận án NCS của chủ nhiệm đề tài

- Kết quả nghiên cứu của đề tài tạo điều kiện để sinh viên và các cán bộ giảng dạy trong khoa VL&CN trường Đại học Khoa học Thái Nguyên được cập nhật với các vấn đề khoa học thời sự hiện nay trên thế giới.

- Việc nghiên cứu và chế tạo siêu vật liệu Metamaterials mở ra một hướng nghiên cứu một loại vật liệu mới có những ứng dụng có ý nghĩa rất quan trọng trong đời sống và đặc biệt trong quân sự như: tàng hình, ảnh nhiệt, siêu thấu kính, antennas, sensơ…

*Ngày tháng năm 2017*

 **Tổ chức chủ trì Chủ nhiệm đề tài**

*(ký, họ và tên, đóng dấu) (ký, họ và tên)*

**INFORMATION ON RESEARCH RESULTS**

**1. General information:**

Project title: Design and fabricate of broadband metamaterials operating in Rada frequency

Code number: B2015-TN05-01

Coordinator: Dr. **Nguyen Thi Hien**

Implementing institution: Thai Nguyen University

Duration: from 01/2015 to 12/2017

**2. Objective(s):**

- Design and fabricate of broadband metamaterials operating in Rada frequency

**3. Creativeness and innovativeness:**

- This is the first time in Vietnam, We has built a program calculates the effective parameters (permeability μ, ε evaluation of power, refractive index n, impedance z) based on the algorithm proposed by Chen.

- We have found simple structure base on metamaterials and they can activity in the region GHz frequency. Our contributions brings metamaterials closer practical application.

**4. Research results:**

Completed 03 research contents:

*Content 1:* Developed a program for calculating effective parameters

* Research the algorithms proposed by Chen et al.
* Based on the algorithm of Chen, We has built a program to calculate the effective parameters (permeability μ, permittivity ε, refractive index n, impedance z)
* Checked the accuracy of the program after the construction

*Content 2*: The effect of structure and structural parameters on the electromagnetic properties of materials was investigated

* The effect of different types of structures on the electromagnetic properties of materials has been studied.
* Simple, highly symmetrical metamaterials were found.
* The influence of structural parameters on the properties of materials has been studied.

*Content 3*: Optimized structure to broadband metamaterials

* The structural broadband metamaterials were found.
* The influence of structural parameters on the expansion of the operating frequency range of Metamaterials has been investigated.
* Optimized structural parameters to achieve the widest operating band.

**5. Products:**

***5.1. Scientific publications:***

**There are 02 articles published in international journal (ISI):**

1. **Hien N. T.**, Tung B. S., Sen Y., Guy A. E.V., Peter L., Lam V. D., and Ewald J. (2016), “Broadband negative refractive index obtained by plasmonic hybridization in metamaterials”, *Applied Physics Letters,* 109, pp. 2219021-2219025.

2. **Hien N. T.**, Le L. N., Trang P. T., Tung B. S., Viet N. D, Duyen P. T., Thang N. M., Viet D. T., Lee Y. P., Lam V. D, Tung N. T. (2015), “Characterizations of a thermo-tunable broadband fishnet metamaterial at THz frequencies”, *Computational Materials Science,* 103, pp. 189-193.

**There are 05 articles published in national journal:**

1. **Hien N. T.**, Qui V. D, Giang T. T., Tung N. T. and Lam V. D., “Study, design and fabricate metamaterials independent on the polarization of electromagnetic waves, *Journal of Science and Technology,* 54 (02)*, pp*. 258-265.
2. **Hien N. T.**, Lien N. T. H., Hai N. T. and Lam V. D. (2016), “Study of broadband perfect absorber base on metamaterials”, *Journal of Science and Technology of Thai Nguyen University (Special number to celebrate the 86th anniversary of the founding of the Vietnam Women's Union),* pp. 173-176.
3. **Hien N. T.**, Ca N. X., Tan P. M., Kien N. T., May N. T. and Lam V. D. (2017), “Broadband Negative Permeability by Hybridized symmetric structure Metamaterials used to simulated method”, *Journal of Science and Technology of Thai Nguyen University 172 (Special number to celebrate the 87th anniversary of the founding of the Vietnam Women's Union),* tr. 3-8.
4. Duyen P. T., **Hien N. T.**, Viet N. D, Tung N. T., and Lam V. D. (2015), “Decisive role of the dielectric spacer on metamaterial hybridization”, *Journal Science Research and Military Technology,* 35 (02), pp. 106-111.
5. **Hien N. T.**, Ca N. X., May N. T., Tan P. M., Tung N. T. and Lam V. D (2017), “Role of the dielectric loss on broadband negative refraction metamaterial hybridization”, Journal of Science , HaNoi Pedagogical University 2 , 51, pp. 40-50.

**There are 01 articles published in proceeding** **conference**

1. Lam V. D., Tung N. T., **Hien N. T**, Viet D. T., Trang P. T. and Hong L. V. (2015), “Some results of research on metamaterials at the Institute of Materials Science”, *Proceedings Report - 40th Vietnam Academy of Science and Technology*, pp 195-214.

***5.2. Training results:***

There are 01 Master Thesis, 01 topic research and 02 Bachelor Thesis:

**1. Phan Thi Duyen (2016),** *Study of the broadband metamaterial absorber based on ring – structure*, Master Thesis, University of Science and Technology of Ha Noi.

**2. Nguyen Thi Hai (2015-2016), S***tudy negative refractive metamaterials,* Student topic research, Thainguyen University of Science.

**3. Nguyen Thi Huong Lien (2015-2016),** *Optimize structure of Metamaterial,* Bachelor Thesis, Thainguyen University of Science.

**4. Nguyen Thi Hai (2016-2017),** *Study broadband negative permeability of metamaterials,* Bachelor Thesis, Thainguyen University of Science.

* 1. ***Other results:***

1. 01 code for extract effective parameters (permeability μ, ε evaluation of power, refractive index n, impedance z).

2. Process technology for fabricate metamaterials in Rada frequency.

3. 10 sample of metamaterials with size 15cmx15cm.

**6. Transfer alternatives, application institutions, impacts and benefits of reserach results:**

- It is a important part of coordinator’s my doctoral thesis.

- The results of there search subject help students and teachers of the physics and technology faculty are up dated with the currents cientific issues in the world today.

- The study of materials and fabrication metamaterials are search study of new materials applications extremely exciting and magical as "invisibility cloak" superlens, filter frequency, sensobiology....There is a very important meaning in life and especially inmilitary.