مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (41) العدد (2) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (41) No. (2) 2019

دراسة أثر تغيير نسبة إشابة الجرمانيوم لمادة السيليكا النقية على منحني معامل التبدد المادي

الدكتور نظير ديوب *

(تاريخ الإيداع 10 / 2 / 2019. قُبِل للنشر في 22 / 4 /2019)

ملخّص

تشكل الألياف البصرية عصب نقل المعلومات في عصرنا الحالي ونعلم أن السيليكا النقية تعتبر من المكونات الرئيسية لصناعة الألياف البصرية، كما نعلم أن سرعة الموجة الضوئية ترتبط بشكل مباشر بقرينة انكسار مادة الليف البصري، وأن قرينة الانكسار تتغير بتغير طول الموجة وبالتالي سرعة الموجة تتغير مع تغير طولها.

إن مفهوم التبدد يعبر عن عملية تغير طول الموجة مع تغير السرعة ويتعلق بعدة عوامل منها خواص المادة المستخدمة والذي يدعى التبدد المادي.

لقد درسنا في بحث سابق أثر إشابة السيليكا النقية على منحني معامل التبدد المادي في ليف بصري، من أجل مواد إشابة مختلفة [9]،أما في هذا البحث سندرس أثر تغير نسبة الإشابة في العنصر GeO_2 لمادة السيليكا النقية على تغير قرينة الانكسار بتابعية الطول الموجي، وكذلك معامل التبدد المادي للسيليكا المشابة بنفس العنصر السابق وبنفس نسب الإشابة.

الكلمات المفتاحية: ليف بصري_ سيليكا نقية_ سيليكا مشابة_ التبدد المادي_ معادلة سيليمر.

*أستاذ مساعد ــ قسم الفيزياء ــ كلية العلوم ــ جامعة تشرين ــ اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (41) العدد (2) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (41) No. (2) 2019

Study of the effect of changing the percentage of germanium affinity for pure silica on the bending coefficient of physical dissipation.

Dr.Nazir Dayoub*

(Received 10 / 2 / 2019. Accepted 22 / 4 /2019)

□ ABSTRACT □

We know that pure optical velocity is directly related to the optical fiber refraction hypothesis, and that the refractive index changes with the wavelength change and thus the wave velocity changes with the change in length. The concept of dissipation reflects the process of changing the wavelength with the change of speed and relates to several factors including the properties of the material used, which is called physical dissipation.

In this paper we studied the effect of the change in the ratio of the GeO2 element to the pure silica on the change of the refractive index with the wavelength constant, As well as the coefficient of physical dissipation of silica similar to the previous element and the same proportions of infection

Keywords: fiber optic_ silica pure_ silica similarity = material dissipation_ equation sillmer.

* **Assistant Professor- Department of Physics- Faculty of Sciences- Tishreen University -Lattakia -Syria.**

مقدمة:

نعبر عن تغير قرينة الانكسار بتغير الطول الموجي وفق معادلة سيليمر التالية [5−1]:

$$n(\lambda) = \sqrt{1 + \sum_{i=1}^{M} A_i . \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2}} \qquad (1)$$

حيث $M = 3$ هذا يعني أنه لحساب قرينة انكسار الوسط يتطلب إيجاد 6 ثوابت $(A_1, A_2, A_3, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$. تستخدم حاليا صيغة سيليمر في العلوم البصرية لوصف التبدد في الزجاج والبلورات، لذلك نستطيع استخدام ثوابت معادلة سيليمر لأكثر أنواع الزجاج شيوعا لوصف منحني معامل التبدد المعرف بالعلاقة:

$$D_M = \frac{\lambda}{c} \frac{d^2 n(\lambda)}{d\lambda^2} \qquad (2)$$

زجاجيات الألياف الضوئية:

يتطلب الإرسال الفعّال ضمن الليف أن يكون كل من اللب والغلاف صغيري الخسارة قدر الإمكان. يرتبط ذلك بالمواد التي تصنع منها هذه الألياف. تكون قرينة الإنكسار أصغر للألياف المصنوعة كليا من الزجاج وأكبر بقليل للألياف المصنوعة من السيليكا والمغلفة بالبلاستيك(Plastic Coated Silica−PCS)، وتكون الأكبر من أجل الألياف المكونة كلياً من البلاستيك. لذلك يكون اتساع النبضة وفتحة النفوذ العددية صغيرين في الألياف المكونة كلياً من الزجاج وأكبر منهما في ألياف PCS وأكبر في الألياف المكونة كلياً من البلاستيك. تصنف السيليكا النقية بأنها ذات خسارة منخفضة، حاليًا معظم الألياف المصنوعة من السيليكا تنقل 96% من الطاقة لمسافة 1km عبر الليف −8 [6]. مما سبق نكون الاستنتاجات التالية:

- إن الألياف المصنوعة كلياً من الزجاج أقل خسارة وأقل اتساع نبضة لذلك تصلح للاستخدام لمسافات طويلة وبمعدلات إرسال عالية نوعا ما.
- إن ألياف PCS ذات خسارة واتساع نبضة أكبر من الألياف المكونة كلياً من الزجاج لذلك تستخدم للإرسال للمسافات القصيرة (100m).
- إن الألياف المصنوعة كلياً من البلاستيك ذات خسارة واتساع نبضة كبير جداُ لذلك تستخدم للمسافات القصيرة جداً (عدة أمتار).

مما سبق يمكن القول أنه من أجل ألياف بلب وغلاف نحتاج نوع خاص من الزجاج لتحقيق شرط حصر وتوجيه الإشارة الضوئية. لذلك لتصنيع ألياف من نوع خاص وجب إيجاد خصائص قرينة انكسار اللب والغلاف للوصول إلى خصائص التبدد. عموما، تعتمد السيليكا النقية على طول موجة الإرسال المستخدمة.

إضافة لذلك، يمكن تغيير قرينة الانكسار عن طريق الاشابة [9] باستخدام مواد مثل (B_2O_3, GeO_2, P_2O_5) ذلك يعني أن إشابة (SiO_2) بكمية صغيرة من مواد أخرى تؤدي إلى إزاحة منحنيات قرينة الانكسار[10]. وإن إشابة السيليكا بمواد (GeO_2) تؤدي إلى انزياح منحني معامل التبدد المادي نحو الأطوال الموجية الطويلة.

أهمية البحث وأهدافه:

أهمية البحث:

تكمن اهمية البحث في كونه يعمل على الحصول على مواد ذات تبدد مادي مزاح عن طريق الإشابة. حيث سندرس اثر تغير نسبة الإشابة بالعنصر GeO2 لمادة السيليكا النقية على تغير قرينة الانكسار بتابعية الطول الموجي وكذلك معامل التبدد المادي للسيليكا المشابة بنفس العنصر السابق وبنفس نسب الإشابة.

هدف البحث:

التأكيد على التأثير المباشر لتغيير نسبة الاشابة على منحني معامل التبدد المادي.

دراسة أثر تغيير نسبة إشابة زجاج السيليكا بـ GeO_2 على معامل التبدد المادي.

طرائق البحث و مواده:

1- دراسة نظرية لآلية التبدد المادي.

2- مادة الزجاج (السيليكا النقية): Pure Silica، GeO_2–doped silica .

3- ايجاد، من خلال دراسة مرجعية، ثوابت معادلة سيليمر للسيليكا المشابة بـ GeO_2 من أجل نسب إشابة مختلفة.

4- استخدام برنامج ماتلاب لإيجاد معامل التبدد المادي.

النتائج والمناقشة:

1- إيجاد ثوابت معادلة سيليمر:

بالاستعانة بالمراجع [10,3,1] قمنا بتنظيم ثوابت سيليمر لمادة السيليكا النقية والسيليكا المشابة بـ GeO_2 من أجل نسب إشابة مختلفة وفق الجدول التالي:

الجدول (1): معادلة سيليمر وثوابتها من أجل السيليكا النقية والمشابة بـ GeO_2 من أجل نسب إشابة مختلفة.

$n^2(\lambda)-1=\frac{A_1\lambda^2}{\lambda^2-\lambda_1^2}+\frac{A_2\lambda^2}{\lambda^2-\lambda_2^2}+\frac{A_3\lambda^2}{\lambda^2-\lambda_3^2}$						
الاشابة (mol%)	A_1	A_2	A_3	λ_1	λ_2	λ_3
Pure SiO2	0.6961663	0.4079426	0.897479	0.0684043	0.1162414	9.896161
GeO_2 (3.1%)	0,7028554	0,4146307	0,897454	0,0727723	0,11430853	9,8961609
GeO_2 (5.8%)	0.7088876	0.4206803	0.8956551	0.0609053	0.1254514	9.896162
GeO_2 (7.9%)	0.7136824	0.4254807	0.8964226	0.0617167	0.1270814	9.896161

تم كتابة برامج ماتلاب لمعادلة سيليمر من أجل السيليكا النقية والمشابة بـ GeO_2 من أجل نسب إشابة مختلفة ويبين النص التالي نص البرنامج المكتوب لحساب $n(\lambda)$:

```
clear
%calculate materials n_vector and material dispersion
%wave length vector
y_vector=1.2:0.02:2.4;
```

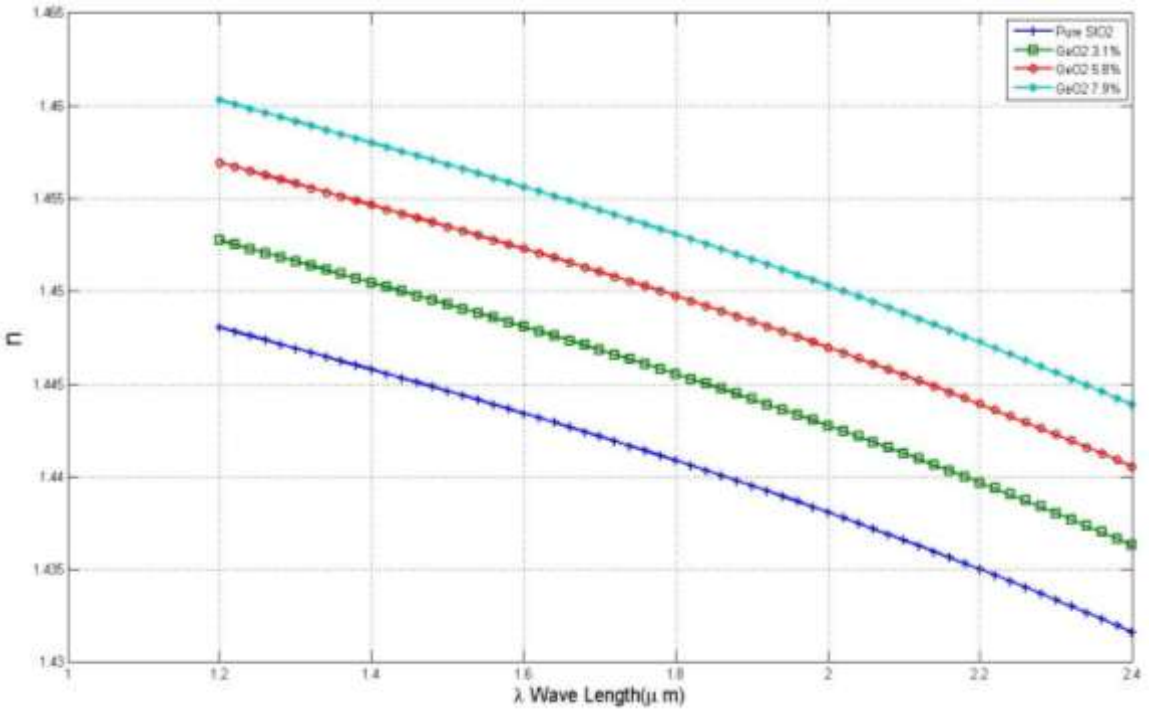
```
%Pure SIO2        A1        A2       A3         Y1      Y2       Y3
constants_array=[0.6961663,0.4079426,0.897479,0.0684043,0.1162414,9.896161;
%GeO2 3.1%        A1        A2       A3         Y1      Y2       Y3
          0.7028554,0.4146307,0.897454,0.0727723,0.11430853,9.8961609;
%GeO2 5.8%         A1        A2       A3         Y1      Y2       Y3
          0.7088876,0.4206803,0.8956551,0.0609053,0.1254514,9.896162;
%GeO2 7.9%        A1        A2       A3         Y1      Y2       Y3
          0.7136824,0.4254807,0.8964226,0.0617167,0.1270814,9.896161];

%matrix to plot all lines for n and dispersion
[n_matrix,md_matrix]=mncalculate(constants_array,y_vector);

%plotting
figure
h=plot(y_vector,n_matrix,'LineWidth',2);
set(h,{'Marker'},{'+';'s';'o';'*'})
title(' ');
xlabel('\lambda Wave Length(\mu m)','fontsize',15);
ylabel('n','fontsize',20);
%ylabel('D=$-\frac{\mathrm{\lambda}\,\mathrm{d^2n}}{c\,
\mathrm{d\lambda^2}}(\frac{ps}{km.nm}$)','Interpreter','LaTex','fontsize',15);
legend('Pure SIO2','GeO2 3.1%','GeO2 5.8%','GeO2 7.9%','fontsize',15);
grid on;
datacursormode on;

figure
m=plot(y_vector,md_matrix/power(10,-12),'LineWidth',2);
set(m,{'Marker'},{'+';'s';'o';'*'})
title(' ');
xlabel('\lambda Wave Length(\mu m)','fontsize',15);
ylabel('Dispersion ($\frac{ps}{km.nm}$)','Interpreter','LaTex','fontsize',20);
%ylabel('D=$-\frac{\mathrm{\lambda}\,\mathrm{d^2n}}{c\,
\mathrm{d\lambda^2}}(\frac{ps}{km.nm}$)','Interpreter','LaTex','fontsize',15);
legend('Pure SIO2','GeO2 3.1%','GeO2 5.8%','GeO2 7.9%','fontsize',15);
grid on;
datacursormode on;
```

ويبين الشكل (1) نتائج البرنامج:



الشكل(1): تغير قرينة الانكسار بتابعية الطول الموجي من أجل مجموعة مواد السيليكا المشابة بنسب مختلفة من العنصر GeO2 والمشار إليها في الزاوية العلوية اليمينية من الشكل حيث نلاحظ ازدياد قرينة الانكسار بتابعية زيادة نسبة الإشابة.

2- حساب معامل التبدد المادي:

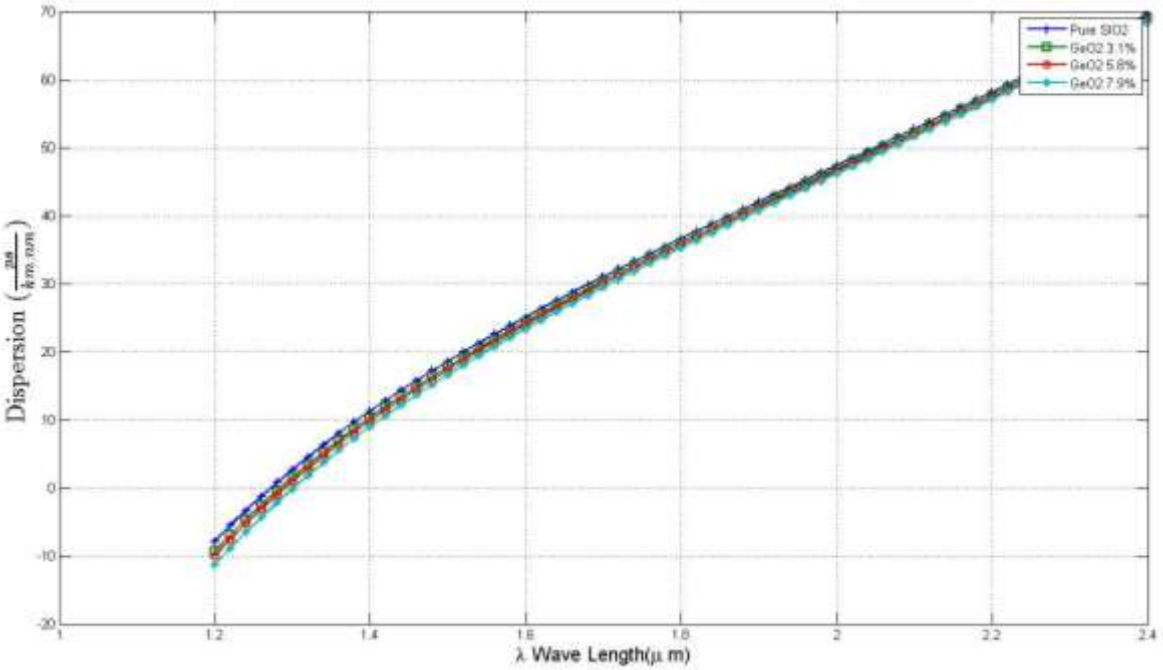
بعد الحصول على ثوابت معادلة سيليمر من أجل مواد الزجاج المستخدمة والتوصل إلى قرائن الانكسار الخاصة بكل مادة، قمنا بكتابة برنامج ماتلاب لحساب معامل التبدد المادي ويبين النص التالي نص البرنامج المكتوب:

```
function [n_vec,m_dispersion]=mncalculate(constants,y_vector)
[r c]=size(constants);
for i=1:r
   a1=constants(i,1);
   a2=constants(i,2);
   a3=constants(i,3);
   y1=constants(i,4);
   y2=constants(i,5);
   y3=constants(i,6);
[n,m]=mn_calculate(a1,a2,a3,y1,y2,y3,y_vector);
n_vec(:,i)=n';
m_dispersion(:,i)=m';
end

function [n_vec,m_dispersion]=mn_calculate(a1,a2,a3,y1,y2,y3,y_vector)
%-------------------------
%y_vector=y_vector*power(10,-6);
[r c]=size(y_vector);
syms lambda;
% n relation by Lambda
p1=(a1*lambda^2)/((lambda^2)-y1^2);
```

```
p2=(a2*lambda^2)/((lambda^2)-y2^2);
p3=(a3*lambda^2)/((lambda^2)-y3^2);
t=p1+p2+p3;
n=(t+1)^(1/2);
%-------------------------
%Evulate n relation with Lambda Values
n_vector=subs(n,lambda,y_vector);
%-------------------------
%Derivating N by lambda twice
n_der_function=diff(n,lambda,2);
%Calcualte derivation values
n_derivatives=vpa(subs(n_der_function,lambda,y_vector));
%-------------------------
%calcualte Material Dispersion Values
for i=1:c
material_dispersion(i)=vpa((y_vector(i)*(-1)*n_derivatives(i))/(3*power(10,8)));
end
m_dispersion=double(material_dispersion);
n_vec=double(n_vector);
%----------------------
```

ويبين الشكل (2) نتائج البرنامج:



الشكل (2): منحنيات معامل التبدد المادي من أجل السيليكا المشابة بنسب مختلفة من مادة GeO_2 حيث نلاحظ ان زيادة نسبة الاشابة تؤدي الى ازاحة منحني معامل التبدد الصفري نحو الاطوال الموجية الاطول.

ويبين الجدول(3) نتائج التبدد المادي من أجل السيليكا النقية والمشابة بـ GeO_2 من أجل نسب إشابة مختلفة التي تم الحصول عليها من برنامج ماتلاب:

الجدول (3): قيم معاملات منحني التبدد المادي الموافقة لكل طول موجي.

$\lambda(\mu m)$	Material Dispersion (ps/nm.km)			
	Pure SiO_2	GeO_2 (3.1%)	GeO_2 (5.8%)	GeO_2 (7.9%)
1.2	-7.90	-9.35	-10	-11.4
1.24	-3.39	-4.72	-5.35	-6.59
1.26	-1.29	-2.56	-3.17	-4.35
1.3	2.65	1.48	0.916	-1.6
1.36	7.99	6.95	6.44	5.50
1.38	9.65	8.64	8.15	7.25
1.4	11.2	10.3	9.80	8.93
1.46	15.8	14.9	14.4	13.7
1.5	18.6	17.8	17.3	16.6
1.56	22.5	21.8	21.4	20.7
1.6	25.1	24.3	24	23.4
1.66	28.7	28	27.6	27.1
1.7	31	30.4	30	29.5
1.76	34.4	33.8	33.4	33
1.8	36.6	36	35.7	35.2
1.86	39.9	39.3	39	38.5
1.88	40.9	40.4	40.1	39.6
1.9	42	41.5	41.1	40.7
1.96	45.2	44.7	44.4	44
2	47.3	46.9	46.5	46.1
2.1	52.7	52.3	51.9	51.6
2.2	58.2	57.7	57.3	57
2.3	63.8	63.3	62.9	62.6
2.4	69.6	69.1	68.7	68.4

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- درس البحث تأثير تغيير نسبة إشابة الجرمانيوم للسيليكا النقية على معامل التبدد المادي.
- لكل مادة طول موجي صفري يكون عنده معامل التبدد المادي مساوٍ للصفر.
- زيادة نسبة الاشابة تؤدي إلى إزاحة منحني معامل التبدد الصفري نحو الأطوال الموجية الأطول.
- تعتبر هذه النتيجة ذات أهمية كبرى في التطبيقات العملية للألياف البصرية لأننا نبحث عن زيادة الطول الموجي للضوء المستخدم.

التوصيات:

- يمكن تعميم الدراسة على مواد إشابة أخرى وإجراء مقارنة فيما بينها واختيار الأفضل منها.
- البحث عن مواد تمكننا من الحصول على معامل تبدد مادي أصغر باتجاه الأطوال الموجية الأطول.

المراجع:

1. Binh, L; Chin, k; and Sharma, D. *Design of Dispersion Flattened and Compensating Fibers for Dispersion-managed Optical Communication Systems* (Technical Paper). IEEE Journal of Lightwave Technology, 2003.
2. Kitamura, Rei; Pilon, Laurent; and Jonasz, Miroslaw. *Optical constants of silica glass from extreme ultraviolet to far infrared at near room temperature*, APPLIED OPTICS. 46 (33), 2007, 8118-8133.
3. Brückner, Volkmar.To the use of Sellmeier formula. Germany: Springer, 2011 http://www.springer.com/978-3-8348-1302-2.
4. Malitson, I. *Interspecimen Comparison of the Refractive Index of Fused Silica*. *OSA*.55 (10),1965, 1205-1209.
5. Senior, John. *Optical Fiber Communications: Principles and Practice.* 3rd ed. England: Pearson Education Limited, 2009, 1076.
6. Ghatak, Ajoy; and Thyagarajan, k. *Optical waveguides and Fibers. Fundamentals of Photonics***.** India: University of Connecticut, 2000.
7. Keiser, Gerd. *Optical Fiber Communications*. 3rd ed. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.2000.
8. Thyagarajan, k; and Ghatak, Ajoy. **Fiber Optic Essentials.** New Jersey: John Wiley & Sons,Inc.2007.
9. Nazir, Dayoub. *Study the Effect of Pure Silica alloy on the Curve of the Physical Dissipation Coefficient in Optical Fiber*.Tishreen University Journal. 40 (4), 2018.
10. Ghatak, Ajoy; and Thyagarajan, k. *Introduction to Fiber Optics*. New Delhi, 1997.