Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра иностранных языков технических факультетов

Паспорт зачета

по дисциплине «Иностранный язык»,

3 семестр

1. Структура зачета

Письменная часть

1.Написание аннотации

2.Письменный перевод с иностранного на русский язык со словарем

Устная часть (билет)

1.Устное описание графика/таблицы/диаграммы

2.Устное реферирование на иностранном языке

2. Методика оценки

Зачет проводится в письменной и устной форме по билетам.

Письменная часть включает:

- написание аннотации к научной статье по теме исследования магистранта (п. 6);
- выполнение письменного перевода с иностранного на русский язык со словарем профессионально-ориентированного текста объемом 1500 печатных знаков (п. 7).

Устная часть включает ответы на вопросы билета.

Билет состоит из 2 вопросов:

- первый вопрос включает устное описание графика/таблицы/диаграммы, отражающей результаты исследования (п. 8);
- второй вопрос включает устное реферирование на иностранном языке профессионально-ориентированного текста объемом 2000 печатных знаков (п. 9).

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

Преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы по теме аннотируемой и/или реферируемой статьи, в рамках содержания статьи.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ
Билет № _____
к зачету по дисциплине «Иностранный язык»

Вопрос 1. Опишите устно график/таблицу/диаграмму.
Вопрос 2. Прочитайте текст и подготовьте устный реферат на иностранном языке.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ доцент, Бочкарев А. И.
(подпись)
_____ (дата)

3. **Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций**

Вид задания	**Уровень (в баллах)**			
	Неудовлетвори-тельный	**Пороговый**	**Базовый**	**Продвинутый**
Письменная часть				
«Написание аннотации»	< 3	4	5	6
«Письменный перевод со словарем»	< 2	2	3	4
Устная часть (билет)				
Вопрос 1 «Описание графика»	< 3	4	5	6
Вопрос 2 «Устное реферирование»	< 2	2	3	4
Итого по всем заданиям	**< 10**	**12**	**16**	**20**

Ответ на зачете засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент:
- выполняет написание аннотации и предоставляет текст, который удовлетворяет следующим требованиям: текст аннотации соответствует структуре жанра аннотации к научной статье; клишированные конструкции соответствуют научному стилю и письменной разновидности жанра, языковые средства соответствуют стилю письменной научной речи; диапазон используемых лексических и грамматических единиц широк;
- выполняет письменный перевод, который адекватен смысловому содержанию первоисточника;
- при устном ответе на первый вопрос билета к зачету демонстрирует умение в описании графика/таблицы/диаграммы, описание адекватно отражает содержание представленной

графически информации, студент использует речь, характеризующуюся широким диапазоном грамматических и лексических структур, их использует корректно; использует клишированные конструкции, соответствующие научному стилю и устной разновидности речи;
- при устном ответе на второй вопрос билета к зачету демонстрирует умение в реферировании, представляя устный реферат, содержание и структура которого полностью соответствуют жанру информативного реферата, использует языковые средства соответствующие стилю научной речи и устной разновидности жанра, употребляет грамматические, лексические и синтаксические трансформации, общенаучную лексику и адекватную терминологию, использует широкий диапазон средств связи, употребляет лексико-грамматических единицы корректно;
- сумма баллов по всем заданиям (письменная и устная часть) составляет *от 17 до 20 баллов* включительно.

Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 17 до 20 баллов*.

Ответ на зачете засчитывается на **базовом** уровне, если студент:
- выполняет написание аннотации и предоставляет текст, который в основном соответствует структуре жанра аннотации к научной статье; некоторые структурные компоненты аннотации раскрыты не полностью или наблюдается незначительное нарушение логичности расположения структурных компонентов; редко встречаются клишированные конструкции, не соответствующие стилю письменной научной речи или данному жанру; диапазон используемых лексических и грамматических единиц достаточно широк; присутствует небольшое количество лексических, грамматических и орфографических ошибок, не влияющих на понимание содержания;
- выполняет письменный перевод, который полный, адекватный смысловому содержанию первоисточника и содержит 2–3 смысловые неточности;
- при устном ответе на первый вопрос билета к зачету билета демонстрирует умение в описании графика/таблицы/диаграммы, которое в основном отражает содержание представленной графически информации, использует речь, характеризующуюся широким диапазоном грамматических и лексических структур, допускает небольшое количество лексических и грамматических ошибок, не влияющих на понимание содержания; использует клишированные конструкции, соответствующие научному стилю и устной разновидности речи.
- при устном ответе на второй вопрос билета к зачету демонстрирует умение в реферировании, представляя устный реферат содержание и структура которого в основном соответствуют жанру информативного реферата, и адекватно отражающего основную идею первоисточника, студент использует клишированные конструкции, не соответствующие стилю устной научной речи или данному жанру, использует приемы обобщения и перефразирования, допускает небольшое количество лексических, грамматических ошибок, не влияющих на понимание содержания;
- сумма баллов по всем заданиям (письменная и устная часть) составляет *от 13 до 16 баллов* включительно.

Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 13 до 16 баллов*.

Ответ на зачете засчитывается на **пороговом** уровне, если студент:
- выполняет написание аннотации и предоставляет текст, который только частично

соответствует структуре жанра аннотации к научной статье; содержание структурных компонентов раскрыто частично, большое количество клишированных конструкций не соответствует стилю письменной научной речи и данному жанру; наблюдается частичное несоответствие некоторых лексических и грамматических единиц стилю письменной научной речи, диапазон используемых лексических и грамматических единиц ограничен; наблюдается небольшое количество лексических и грамматических ошибок, мешающих пониманию содержания текста аннотации.
- выполняет неполный (2/3 – 1/2 всего текста) письменный перевод, допустил 2–3 ошибки в передаче смыслового содержания;
- при устном ответе на первый вопрос билета к зачету демонстрирует описание графика/таблицы/диаграммы, которое лишь частично отражает содержание представленной графически информации, использует ограниченный диапазон грамматических и лексических структур, допускает небольшое количество лексических, грамматических ошибок, влияющих на понимание содержания; использует клишированные конструкции, соответствующие научному стилю и устной разновидности речи.
- при устном ответе на второй вопрос билета к зачету демонстрирует умение в реферировании, представляя устный реферат, содержание и структура которого частично соответствуют жанру информативного реферата, и частично отражающего основную идею первоисточника, наблюдается не значительное нарушение логики первоисточника, в речи студента использует в речи лексических и грамматических единицы, не соответствующие стилю устной научной речи, использует ограниченный диапазон лексических и грамматических единиц, студент употребляет заученные фрагменты текста первоисточника, не использует приемы обобщения и перефразирования, допускает небольшое количество лексических и грамматических ошибок, влияющих на понимание содержания;
- сумма баллов по всем заданиям (письменная и устная часть) составляет *от 10 до 12 баллов* включительно.

Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 10 до 12 баллов.*

Ответ на зачете считается **неудовлетворительным (**ниже порогового уровня), если студент:
- выполняет написание аннотации и предоставляет текст, который не соответствует структуре жанра аннотации к научной статье, в котором диапазон используемых лексических и грамматических единиц ограничен, допущено большое количество лексических и грамматических ошибок, влияющих на понимание;
- выполняет неполный (менее 1/2 всего текста) письменный перевод, частично адекватный смысловому содержанию первоисточника, допустил более 3 ошибок при передаче смыслового содержания;
- при устном ответе на первый вопрос билета к зачету демонстрирует описание графика/таблицы/диаграммы, которое не отражает содержание представленной графически информации, в котором диапазон используемых грамматических и лексических структур ограничен, присутствует большое количество лексических, грамматических ошибок, влияющих на понимание содержания.
- при устном ответе на второй вопрос билета к зачету не демонстрирует умение в реферировании, поскольку содержание и структура представленного устного реферата лишь частично соответствуют жанру информативного реферата, не отражена основная идея первоисточника, наблюдается нарушение логики первоисточника; студент в речи использует лексические и грамматические единицы, не характерные для стиля устной научной речи, использует ограниченный диапазон лексических и грамматических единиц,

не использует приемы обобщения и перефразирования, употребляет заученные фрагменты текста первоисточника, допускает большое количество лексических и грамматических ошибок, негативно влияющих на понимание;

- сумма баллов по всем заданиям (письменная и устная часть) составляет *менее 10 баллов*.

Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 10 баллов*.

4. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям (письменная и устная части) составляет от 10 до 20 баллов включительно. Сумма менее 10 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

5. **Вопросы к** зачету **по дисциплине «**Иностранный язык**»**

Тематика профессионально-ориентированных текстов (реферируемых и/или аннатируемых научных статей) соответствует направлению подготовки магистранта.

6. Примерный текст научной статьи для написания аннотации

Прочитайте статью и напишите аннотацию к ней.

HIGH-PERFORMANCE PERFLUORINATED POLYMER ELECTRET FILM FOR MICRO POWER GENERATION

Yoshihiko Sakane[1*], Yuji Suzuki[2], and Nobuhide Kasagi[2]
[1]Chemicals Company, Research & Development Div., Asahi Glass Co., Ltd.
Hazawa-cho 1150, Kanagawa-ku,Yokohama, Kanagawa, 221-8757, JAPAN
[2]Department of Mechanical Engineering, The University of Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, JAPAN

Abstract: The development of a new high-performance polymer electret material with high surface charge density, stability, and high thermal resistibility of electric charge was studied. Previously, we found that MEMS-friendly perfluorinated polymer CYTOP™ CTL-M (Asahi Glass Co., Ltd.) shows excellent electret properties. In the present study, it is reported that the electret property and the thermal stability of CYTOP™ electret are markedly improved by doping silane coupling reagent into polymer. The charge density of 1.5 mC/cm^2, which is 1.6 times larger than that of the undoped CYTOP™, has been obtained on 16 μm-thick film. In addition, the power generation of 0.585 mW, which is about twice of our previous data, has been achieved at a low seismic frequency of 20Hz.

Key words: Electret, Energy harvesting, Micro power generation, Perfluorinated polymer, CYTOP

1. INTRODUCTION

Recently, the micro power generation systems as the alternatives of conventional secondary batteries attracted much attentions. It is known that the devices applying to RFIDs and mobile sensor networks consume a low electrical power. The vibration-driven energy harvesting devices are proposed for these applications [1-3]. Since the frequency range of vibration existing in the environment is below a few tens of Hz, electret power generators should have higher performance than electromagnetic ones [4-8].

We recently reported that CYTOP™ CTL-M (Asahi Glass Co., Ltd.), MEMS-friendly amorphous perfluorinated polymer, can possess high surface charge density, which is stable enough for electret material [7,8]. We also found that up to 0.28 mW can be obtained with the CYTOP™ electret at an oscillation frequency as low as 20Hz. However, higher surface charge density is required for better performance, and charge stored in CTL-M becomes unstable at relatively low temperature. In the present study, a novel electret material based on CYTOP™ is proposed for higher surface charge density and thermal stability, and its electret properties are systematically investigated.

2. ELECTRET POWER GENERATOR

Figure 1 shows a schematic of the micro electret generator designed in our previous study [7]. When the in-plane vibration is generated, the seismic mass with the electret brings about a relative motion to the counter electrode on the bottom substrate. Thus, the amount of induced charge on the counter electrode is changed corresponding to the overlapping area. Consequently, electric current is generated in the external circuit. The seismic mass is supported by high-aspect-ratio soft springs made of Parylene [9], which enables large amplitude of vibration and low resonance frequency.

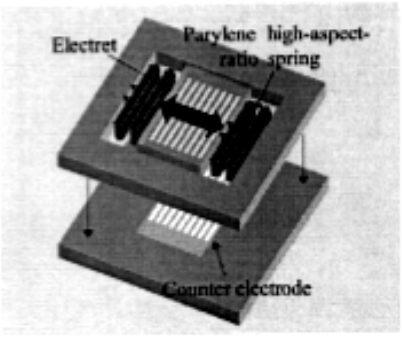


Fig. 1: Schematic of micro seismic electret power generator.

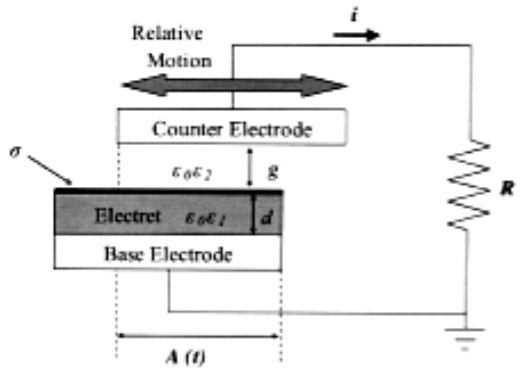


Fig. 2: Model of electret power generator.

Figure 2 shows a schematic of the simplified generator structure, where σ, d, g, and A are respectively the surface charge density, the thickness of electret, the gap between the electret and the counter electrode, and the overlapping area. Boland et al. [5] show that the maximum output power P_{MAX} is proportional to the squared surface charge density (σ^2), and is increased with the thickness of electret (d). On the other hand, the optimal external load R_{MAX} is independent of σ, but linearly dependent on d and g. P_{MAX} is also proportional to the time derivative of the overlapping area $dA(t)/dt$. Thus, the vibration frequency, the amplitude of vibration, and the number of poles should also have large impact on the generator performance.

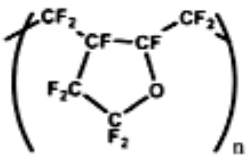
3. POLYMER ELECTRET MATERIAL

Various kinds of materials have been examined for electrets [10]. Among them, polymer dielectric materials, especially fluorinated polymers such as PTFE, are generally employed. Hsich et al. [11] use Teflon® AF (Du Pont) as the electret material for their MEMS microphone.

In our previous work [12], we found that CYTOP™ CTL-809M (Asahi Glass Co., Ltd.), which is amorphous perfluorinated polymer, can be also used for electrets. The candidates of dielectric for electret need to meet the following three requirements;

(a) Compatible with MEMS fabrication technique
(b) Easy to be formed into thick film
(c) Having high dielectric strength

CYTOP™ is compatible with MEMS fabrication process; it is soluble in perfluorinated solvents, and thus thick films can be obtained by multiple spin-coating. In addition, coated films can be patterned easily with photolithography process and O_2 plasma etching.



CTL-A : -COOH
CTX-S : $-CF_3$
CTL-M : $-CONH-C_3H_6-Si(OC_2H_5)_3$

Fig. 3: The molecular structure and the end groups of CYTOP™.

Tsutsumino et al. [7] found that the surface charge density of CYTOP™ is three times larger than that of Teflon® AF. Since power output of electret generator is proportional to the square of the surface charge density, electret generators with CYTOP™ can produce electricity nine times larger than generators with Teflon® AF.

The molecular structure of CYTOP™ is shown in Fig. 3. CYTOP™ is the perfluorinated polymer, so there are no hydrogen atom in the main chain, and that leads to unique properties as follows; (i) high chemical stability in any acids, alkalis, and organic solvents except for perfluorinated solvents, (ii) low surface energy (17 dyne/cm), (iii) high thermal stability (thermal decomposition temp is over 350 °C), (iv) low dielectric constant (2.1), (v) high volume resistivity (>10^{17}Ωcm). There are three different types of CYTOP™, which end groups are different respectively; the carboxylic acid type (CTL-A), trifluoromethyl type (CTL-S), and aminosilane type (CTL-M) [13].

To evaluate the performance of the electret material, we have measured temporal change of the surface charge density σ by using a surface voltmeter (Model279, Monroe Electronics). 16 -μm-thick CYTOP™ was spin-coated on 0.3-mm-thick copper substrate with area of 30x30 cm^2. The sample was charged by corona charging with -8 kV needle voltage for 3 minutes at 120 °C.

Figure 4 shows the surface charge density data obtained for CTL-S, CTL-A, CTL-M, and CTL-NMD, which is a new material developed in the present study. Samples were stored at 23 °C and 60 % humidity. This figure shows that 'pure' CYTOP™ CTL-S is the least stable, and the surface charge density is reduced to about 30% of its initial value in 1500 hours. On the other hand, small amount of functional end groups like

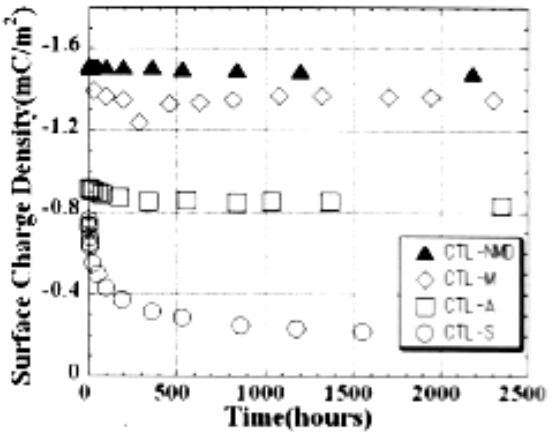


Fig. 4: Time trace of the surface charge density of Perfluorinated polymer electret films,CYTOP™ CTL-S, CTL-A, CTL-M and CTL-NMD.

carboxylic acid or aminosilane significantly enhance the electret performance; the surface charge density becomes higher, and the charge decay is suppressed. Especially, aminosilane end group (CTL-M) has the best performance to promote the surface charge density. To introduce more aminosilane into the CYTOP™ electret, we doped silane coupling reagent to CTL-A, accomplished the highest surface charge density of 1.5 mC/cm^2 (CTL-NMD)

To examine the thermal stability of charged electret, the open circuit thermally-discharge (TSD) measurement [14] has also been performed. Different TSD spectra peaks correspond to different charge trap mechanisms in dielectric materials [10, 14]; the peak corresponding to the dipole appears at the lowest temperature near the glass transition temperature (T_g=*108* °C). Peaks at the higher temperatures correspond to the surface and bulk traps. Therefore, TSD spectra are very useful for optimizing charging conditions and materials for more stable electrets.

The electret sample (e.g. copper substrate) and a facing probe were connected as shown in Fig.5, and heated up at the rate of 1 °C/min. Since the temperature increased, thermal energy was applied to electret and the trapped charges were released. The discharged current was measured with an electrometer (Model 6517A, Keithley Instruments) set into the circuit. As shown in Fig. 6, TSD spectra of CTL-S has a peak at 135 °C,

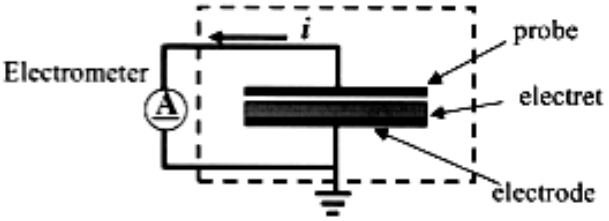


Fig. 5: Experimental setup of Thermally-stimulated-discharge (TSD) measurement.

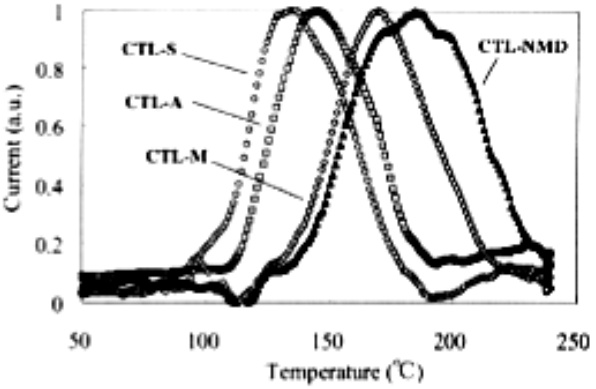


Fig. 6. Thermally-stimulated-discharge (TSD) spectra of CYTOP™ electret films.

which is the lowest among four samples examined. The peak shifted to higher temperature, when the functional end group is introduced into the chemical structure of CYTOP™. Especially, aminosilane promotes the thermal stability of trapped charge effectively, and the peak temperature of CTL-NMD TSD spectra has been improved to 185 °C, which is even higher than that of CTL-M and CTL-A. Therefore, not only the surface charge density, but also the thermal stability of charges can be improved with the doping of silane coupling reagent.

4. POWER GENERATION EXPERIMENT

Figure 7 shows the experimental setup for power generation, which consists of a patterned electret, a counter electrode, an alignment XYZ stage, and an electromagnetic shaker [7,8]. The electret and the counter electrode were microfabricated with standard lithography process. By using multiple spin coating technique, 16 μm-thick electret film was obtained after curing, followed by O_2 plasma etching for patterning.

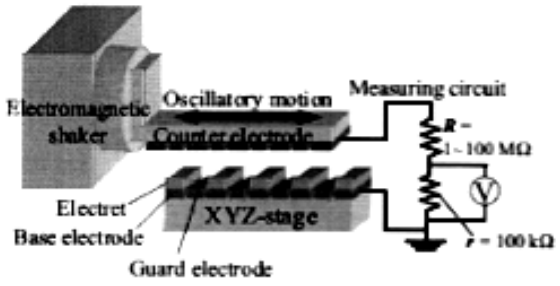


Fig. 7: Schematic of power generation experiment setup.

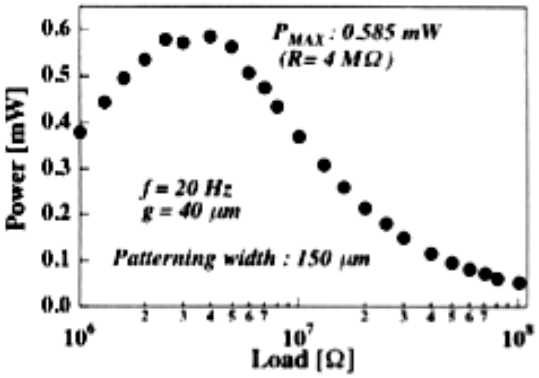


Fig. 8: Power output versus external load.

Finally, corona charging technique was applied to acquire surface potential of more than -550V. Total area of the electret was 20 x 20 mm^2 with an interdigital electrode configuration, where the line/space is 150 μm.

Figure 8 shows the output power with the CTL-M electret thus fabricated versus the external load for the oscillation amplitude of 1.2 mm_{p-p} at 20Hz. Peak power output of 0.595 mW, which is about twice of our previous data [8], has been obtained at the external load of 4 MΩ. Power generation experiment using the new electret material is now undertaken.

5. CONCLUSION

We examined MEMS-friendly perfluorinated polymer CYTOP™ with different functional end groups for electret generator applications through measurements of surface charge density and thermally-stimulated discharge. We have found that the aminosilane end group provides better surface charge density and thermal stability, and developed a novel electret material with the doping of silane coupling reagent. We also have obtained 0.59 mW at a low seismic frequency of 20Hz in our prototype power generator, which is about twice of our previous data.

ACKNOWLEDGMENT

We thank Dr. C. Kamezawa, and Messrs T. Tsutsumino and M. Edamoto for their extensive corporation for this research. This work is partially supported through Strategic Informetion and Communications R&D Promotion Programme (SCOPE) of JAPAN.

REFERENCE

[1] C. B. Williams, and R. B. Yates, *Sensors Actuators*, A, vol.52, pp. 8-11, 1996

[2] S. Roundy, P. K. Wright, and J. Rabaey, *Comp. Comm.*, vol. 26, pp. 1131-1144, 2003

[3] J. A. Paradiso, and T. Starner, IEEE Pervasive Comp., vol. 4, pp. 18-27, 2005

[4] Y. Tada, *IEEE Trans. Electrical Insulation*, vol. 21, pp. 457-464, 1986

[5] J. Boland, C.-H. Chao, Y. Suzuki, and Y.-C. Tai, *Proc. 16th IEEE Int. Conf. MEMS*, Kyoto, pp. 538-541, 2003

[6] J. S. Boland, J. D. M. Messenger, H. W. Lo, and Y.-C. Tai, *Proc. 18th IEEE MEMS 2005*, Miami, pp. 618-621, 2005

[7] T. Tsutsumino, Y. Suzuki, N. Kasagi, and Y. Sakane, *Proc. 19th IEEE MEMS 2006*, Istanbul, pp. 98-101, 2006

[8] T. Tsutsumino, Y. Suzuki, N. Kasagi, K. Kashiwagi, and Y. Morizawa, *Proc. PowerMEMS 2006*, Berkeley, pp. 279-282, 2006.

[9] Y. Suzuki, and Y.-C. Tai, *J. MEMS*, vol. 15, pp. 1364-1370, 2006

[10] G. M. Sessler, *"Electrets 3rd Edition,"* Laplacian Press, 1998

[11] W. H. Heisch, T. J. Yao, and Y.-C. Tai, *Int. Conf. Solidstate Sensors Actuators (Transducers '99)*, Sendai, pp. 1064-1067, 1999

[12] Y. Arakawa, Y. Suzuki, and N. Kasagi, *Proc. PowerMEMS 2004*, Kyoto, pp. 187-190, 2004

[13] *CYTOP™ Technical Bulletin*, ASAHI GLASS Co., LTD.

[14] H. Seggern, *J. Appl. Phys.*, vol. 50, pp. 2817-2821, 1979

7. **Примерный текст для письменного перевода**

Переведите текст на русский язык письменно со словарем

POST-KEPLERIAN DEVELOPMENTS

Having divorced the analysis of light from the analysis of sight, Kepler set the stage for a radical transformation of optics based on the mechanization of light. The key figure in this transformation was René Descartes, whose ideas about light and color took published form in the Dioptrique of 1637. According to Descartes, all light sources consist of infinitesimal particles clumped together so tightly as to form a virtual continuum. These clumps rotate swiftly, imparting a strong centrifugal tendency to the particles on their surface. But every light source is embedded in an ethereal medium composed of tiny spherical particles that are perfectly inelastic and contiguous. Instead, therefore, of flying off, the surface particles of the light source can only push against the unyielding ethereal envelope. The result is an outward impulse propagated instantaneously in all directions through it. This impulse is light—or, rather, what we perceive as light—and each individual line of impulse constitutes a "ray." What we perceive as transparency is nothing more than the capacity of ether particles to transmit light impulses. Color, for its part, is a function of spin imparted to the ethereal spheres by those impulses. The faster the spin, the more vivid the color as it verges from blue toward red—or, rather, what we perceive as blue and red. The epistemological implications of this account are clear. Since physical light and its perceptual effect are absolutely different in kind, there is no meaningful way of linking them through virtual representation. "Red" and "bright" are therefore not objectively real. They are epiphenomenal, mere figments of our imagination.

Light many not actually be a projectile for Descartes, but it acts just like one. Accordingly, as a case of virtual motion along a virtual trajectory, light radiation must follow the laws of actual motion. This notion underlies Descartes's "proof" for the sine law of refraction, which is based on two fundamental principles: that, in rebounding from a reflective surface or penetrating a refractive medium, light loses none of its virtual motion, or "speed," along the horizontal, and that in penetrating a denser refractive medium, light gains virtual motion, or "speed," in proportion to the density. From this it follows that when light passes from one refractive medium to another, the ratio of the sines of the angle of incidence and the angle of refraction will be constant.

8. Примерное задание для описания графика

Устно опишите представленный график.

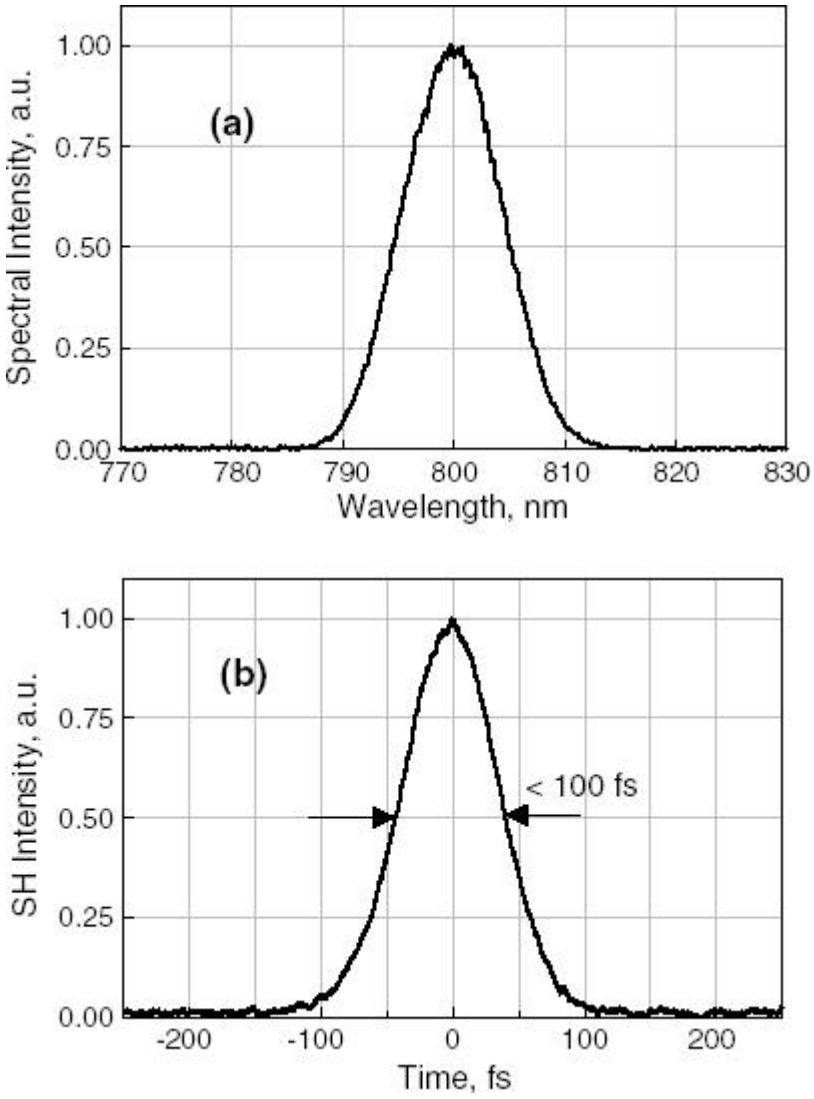


Figure 15. (a) Normalized optical spectrum and (b) an autocorrelation trace of a frequency-doubled soliton fibre laser. The conversion efficiency is about 50%.

9. **Примерный текст для устного реферирования**

Прочитайте текст и составьте устный реферат к тексту.

Reflection and Refraction

Other phenomena associated with light include reflection and refraction. Light is reflected when the light waves bounce off an object to travel in a new direction. A surface that causes light to bounce back is called a reflective surface. A mirror is an example of a reflective surface. The angle an out-going light ray (i.e., stream of photons or wave path) makes with a reflective surface will be equal to the angle of the incoming light ray. To an observer, a reflected light ray will appear to come from behind the reflecting surface. For example, when a person stands in front of a mirror, they will see an image of themselves that appears to be behind the mirror. Because the image appears to originate from an imaginary point, the image is called a virtual image. A virtual image created by a mirror is the same size as the original object.

Refraction can occur when light travels through one medium into another. The velocity of light is different for various materials. For instance, the velocity of light in air is slower than its velocity in vacuum and slower still in glass or plastic, for example. Under the correct circumstances, the light ray will be refracted back into the original material. In a sense, the light ray reflects off the boundary. For example, if a waterproof flashlight is held in a bathtub of water at different angles, a particular angle can be found where the beam does not escape the water to shine light through the air above the water surface. The light is refracted at the surface of the water back into the water instead of being passed through the water and into the air. This angle is called the critical angle. Any angle beyond the critical angle will cause total internal reflection.

Optical fibers, also called light pipes, utilize this phenomenon. Light travels through the transparent fibers by a series of total internal reflections, much like a rubber ball would bounce through a pipe. Fiber optics have many different important uses today. Mechanics use optical fibers to shine light deep into engines. Surgeons use them to see inside a patient's body. Optical fibers are also used in communications because they are less bulky and more inexpensive than copper cables. Information in these fibers is carried by light instead of electrical current.

Another form of light that has become indispensable in society is the laser. The light in lasers results from photons emitted by highly excited atoms returning to their ground state. The photons are harnessed between two mirrors where they continue to collide until they collectively exit in one direction at a specific wavelength. Laser light is a very precise, specific wavelength that can be altered to match the absorption of almost any substance. The laser light will only damage materials whose absorption band matches the lasers wavelength. This controlled intensity makes the laser a handy tool for several applications ranging from surgery to reading compact disks (CDs) and digital versatile discs (DVDs).