

12TH TOIN International Symposium
on Biomedical Engineering

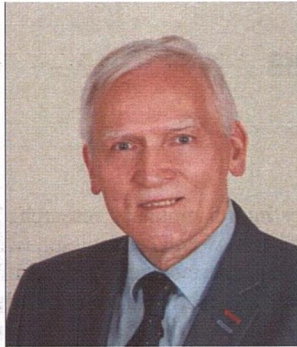
TOIN
BME SYMPOSIUM



ABSTRACT BOOK

Organized By
Toin University of Yokohama

Invited Speaker Profile



Dr. Piotr Kielczynski

Professor
Institute of Fundamental Technological Research
Polish Academy of Sciences
POLAND

Dr Piotr Kielczynski works as a professor at Institute of Fundamental Technological Research (IFTR) of Polish Academy of Sciences (PAS) in Warsaw, Poland. He is the head of the Laboratory of Acoustoelectronics leading a team of scientists and engineers working on development and optimization of new methods and devices for scientific and industrial applications. Dr Kielczynski graduated from Warsaw University of Technology (Politechnika Warszawska), Faculty of Electronics, with his Master of Science (MSc) thesis on microwave mixers.

He then completed his PhD dissertation at the IFTR (1979) developing the theory (Direct Sturm-Liouville Problem) of Love surface waves propagating on an elastic half-space with gradually changing properties (graded materials) as a function of depth [1]. Dr Kielczynski worked subsequently in research for Electronic industry, where he was involved in modeling of coupled electro-mechano-thermal phenomena occurring in semiconductor devices.

After joining the IFTR of the PAS (1986) he focused his attention on sensor development using surface and bulk ultrasonic waves. In 1989 he published in The Journal of the Acoustical Society of America a paper [2], where for the first time he presented a theory and experimental results for the viscosity sensors employing Love and Bleustein-Gulyaev surface waves. Next publications on this subject appeared in USA, some 3 years later. Dr Kielczynski defended his habilitation (higher doctorate) thesis at IFTR in Warsaw, Poland in 2000.

Dr Kielczynski specializes in theoretical and applied ultrasonics. The domains of his research activities include: piezoelectricity, surface acoustic waves, material characterization, high-pressure properties of liquids, sensor development, numerical simulations, computer programming, mathematical modeling, and computerized instrumentation.

Dr Kielczynski published about 100 research papers in many prestigious scientific journals, worked as an invited scientist in many Universities and research centers in Europe, USA, Canada and Japan. He holds 2 patents and served as a reviewer in many renowned scientific world-wide journals, such as Journal of Applied Physics, IEEE Trans on UFFC, Ultrasonics, International Journal of Solids and Structures, etc. Dr Kielczynski was an author of a number of book chapters, published in Europe and USA. He presented the results of his research in many international conferences and presented papers as an invited speaker.

Dr Kielczynski is a firm believer that the success in applied research is possibly only via a sound understanding of the underlying theoretical fundamentals, both physical and mathematical. He believes that practical engineering formulas should be derived from the first theoretical principles and if it is not possible the use of "black box" tools should be limited to a necessary minimum. Dr Kielczynski highly values interdisciplinary research, where mutual connections are drawn between many different scientific and engineering domains, such as electromagnetism, optics, quantum mechanics, microwaves, acoustics, mechanics, solid state physics, circuit theory, signal processing, geophysics, thermodynamics, etc. An example of his multidisciplinary research are his recent publications on the theory of hearing, in which he hypothesized that the extraordinary properties of the human ear can be explained by the process of parametric amplification and piezoelectric effect that occur in Cochlea.

Summarizing, Dr Kielczynski was a pioneer and an originator of two new important domains of current worldwide R&D activities, i.e., investigation of the functionally graded materials, using generalized SH surface waves of the Love type, and development of the liquid sensors employing Love and Bleustein-Gulyaev surface waves. Nowadays, Dr Kielczynski works on development of new methods and techniques for data extraction from the measurements performed with Love wave sensors. To this end, he applied inverse methods in conjunction with global optimization techniques [3].

1. P. Kielczynski, , Theory of surface acoustic Love waves in non-homogeneous media, Journal of Technical Physics, 22, 73-78, 1981
2. P. Kielczynski, R. Plowiec, Determination of the shear impedance of viscoelastic liquids using Love and Bleustein-Gulyaev surface waves, Journal of Acoustical Society of America, 86 (2), 818-827 August 1989
3. P. Kielczynski, M. Szalewski, A. Balcerzak, Inverse procedure for simultaneous evaluation of viscosity and density of Newtonian liquids from dispersion curves of Love waves, Journal of Applied Physics, 116 (2014)044902 (7 pages)

ポーランド科学アカデミー(PAS)基礎技術研究所(IFTR)教授
科学技術と産業への応用を目的として、新しい方法やデバイスの開発とその最適化に取り組んでいる科学者、技術者のチームを率いる音響電磁気学研究所の責任者

ワルシャワ工科大学(Politechnika Warszawska)の電子工学部を卒業

マイクロ波ミキサーに関する論文で理学修士論文を取得

1979年:IFTRにおいて博士号を取得

博士論文:深さの関数として徐々に変化する特性(勾配材料)を有する弾性半空間上に伝播するラブ表面波の理論(直接 Sturm-Liouville 問題)の開発 [1]

その後、エレクトロニクス産業の研究に従事し、半導体デバイスで発生する結合電気 - 機械熱現象のモデル化に携わる

1986年: PAS の IFTR に参加(表面波超音波とバルク超音波を用いたセンサーの開発)

1989年: Love 表面波と Bleustein-Gulyaev 表面波を用いた粘性センサーの理論と実験結果に関する論文[2]を発表(The Acoustic Society of America)

1992年: 上記に関する後続の論文を米国で発表

2000年: PAS の IFTR (ポーランド・ワルシャワ)において上級博士号(職業訓練)を取得

専門領域: 超音波の理論と応用

研究活動領域: 圧電性、表面弾性波、物質特性、液体の高圧特性、センサ開発、数値シミュレーション、コンピュータプログラミング、数学的モデリング、コンピュータ計測など

Kielczynski 博士は、ヨーロッパ、アメリカ、カナダ、日本の多くの大学や研究センターにおいて招待科学者として勤務し、多くの有名な科学雑誌に約 100 件の研究論文を発表した。2 件の特許を保有し、Journal of Applied Physics, IEEE Trans on UFFC, Ultrasonics, International Journal of Solids and Structures など多くの有名で世界的な科学的雑誌の査読者を務めた。ヨーロッパやアメリカで出版された書籍の章を執筆するとともに、多くの国際会議で研究の結果を発表し、招待講演者として論文を発表してきた。

Kielczynski 博士は、応用研究の成功は、物理的および数学的に根本的な理論的基礎を正しく理解することによってのみ可能であると確信している。博士は、実用的な工学の式は、まず理論的原理から導かれるべきであり、それが不可能な場合でも「ブラックボックス」のままツールを使用するのは必要最小限に制限すべきだと考えている。博士は、電磁気学、光学、量子力学、マイクロ波、音響、力学、固体物理学、回路理論、信号処理、地球物理学、熱力学など、多くの様々な科学および工学の領域の間での相互接続が可能な学際的研究を高く評価している。彼の学際的研究の一例として、聴覚理論に関する最近の博士の出版物がある。この著書のなかで、人間の耳の異常な特性は、蝸牛で起こるパラメトリック増幅と圧電効果のプロセスによって説明できるという仮説を立てた。

博士は、「Love タイプの一般化された SH 表面波を用いた機能的傾斜材料の研究、ならびに Love 表面波および Bleustein - Gulyaev 表面波を用いた液体センサーの開発」という現在の世界的な研究開発活動の中の 2 つの重要な研究領域の創始者である。現在は、Love 波センサーを用いて実施した測定結果からデータ抽出するための新しい方法と技術の開発に取り組んでいる。この目的のために、彼はグローバル最適化技術[3]と関連して逆方法を適用した。

Love Surface Wave Biosensors

Piotr Kielczynski

In this presentation I will address a fascinating example of a beneficiary interdisciplinary research. To be more specific, I will consider mutual interactions between the biosensor technology and seismology, two vital domains of research with huge practical importance in the life of modern Japanese society. I would like to convey a message that developments made in one scientific (engineering) domain can be very useful in another field of research, and vice-versa. Such mutual influence of different branches of science (engineering) can significantly accelerate progress in the considered domains of R&D activities. In this presentation I will focus on one type of acoustic (ultrasonic) sensors, i.e., those employing Love surface waves, first discovered in seismology in 1911 by the British mathematician A. E. H. Love [1]. Since the ultrasonic sensors employing Love surface waves emerged some 80 years later, in the paper [2] published by the author in 1989, it is not surprising that many theoretical and experimental techniques were first developed in seismology and then transferred to the sensor technology. The mathematical formalism describing seismic Love waves and those used in biosensor technology is in principle the same, i.e., it uses the theory of the Sturm-Liouville problem, deeply rooted in functional analysis, in particular the spectral theory of compact operators and Hilbert space. Seismic Love waves can travel thousands of kilometers around the surface of the Earth and have the frequency range ~0.01-10 Hz. On the other hand, those used in biosensor technology are of much higher frequencies (~50-500 MHz) but travel accordingly shorter distances (~5-50 mm) in man-made waveguides. It should be noticed that seismic Love surface waves are main contributors to devastating consequences in aftermath of earthquakes. On the other hand, Love wave biosensors offer a unique possibility for measurements of a large number of very important properties of biological materials. As an example one can mention the following: size and shape of DNA, real-time interaction of antigen-antibody in liquids (immunosensors), bacteria and virus detection, detection of hepatitis B, detection of toxic heavy metals, detection of cocaine, etc. This rather impressive list of biological properties measured by Love wave sensors shows that they have a huge potential in clinical diagnostics, biomedical research, biology and chemistry. In future research, more advanced mathematical tools, such as inverse methods, will be used in Love wave sensor developments to increase the accuracy and lower the detection limit of these sensors. This direction of research was pioneered by the author in his recent publication [3], where advanced mathematical tools such as inverse problems techniques and global optimization methods have been used.

1. A. E. H. Love, "Some problems of geodynamics", first published in 1911 by the Cambridge University Press, UK
2. P. Kielczynski, R. Plowiec, Determination of the shear impedance of viscoelastic liquids using Love and Bleustein-Gulyaev surface waves, *Journal of Acoustical Society of America*, 86 (2), 818-827, August 1989
3. P. Kielczynski, M. Szalewski, A. Balcerzak, Inverse procedure for simultaneous evaluation of viscosity and density of Newtonian liquids from dispersion curves of Love waves, *Journal of Applied Physics*, 116 (2014)044902 (7 pages)

Love Surface Wave Biosensors

Piotr Kielczynski

本講演では、学際的研究の魅力的な例を取り上げる。具体的には、現代日本社会の生活において実用上重要であると考えられる2つの研究領域としてバイオセンサ技術と地震学との相互作用について考察する。

「ある科学(工学)領域で行われた開発は、別の分野の研究においても非常に有用であり、その逆も可能である」というメッセージを伝えたい。科学(工学)の様々な分野においても、そのような相互の影響は、研究開発の分野における進歩を著しく促進する可能性がある。本講演では、Love 表面波を用いた音響(超音波)センサに焦点を当てる。Love 表面波は、地震学の分野において、1911年に英国の数学者 A.E.H Love [1]によって始めて発見された。その約80年後の1989年に、著者が Love 表面波を利用した超音波センサについて発表 [2]して以来、地震学において開発された多くの理論的手法や実験的手法が、センサ技術に移行されてきた。

地震学における Love 波とバイオセンサ技術における Love 波を記述する数学的形式は基本的に同じものである。すなわち、これらは、コンパクトオペレータおよびヒルベルト空間の

地震学における Love 波は、地球の表面を数千キロメートルも移動することができ、その周波数範囲は 0.01~10Hz である。他方、バイオセンサ技術で使用される Love 波は、はるかに高い周波数(約 50-500MHz)であり、人工の導波路上の非常に短い距離(~5-50mm)を移動する。

地震学における Love 表面波は、地震の後の壊滅的な結果に大きく寄与している。

他方、Love 波バイオセンサは、生物材料の非常に重要な特性の多くを測定のための唯一の可能性を提供する。例えば、DNA の大きさや形状、液体中の抗原抗体(免疫センサー)のリアルタイム相互作用、細菌やウイルスの検出、B 型肝炎の検出、毒性重金属の検出、コカインの検出などを挙げるができる。

Love 波センサを用いて測定されたこのかなり印象的な生物学的特性のリストは、Love 波センサが臨床診断、生物医学研究、生物学および化学において巨大な可能性を有することを示している。将来の研究においては、逆変換法(inverse methods)などのより進んだ数学的ツールを、ラブ波センサの開発に適用することで、これらのセンサの精度を高め、検出限界を下げるができるようになると思われる。逆問題技法(inverse problems techniques)や大域最適化法(global optimization methods)などの高度な数学的ツールを使用した著者らの最近の研究成果[3]は、このような研究の方向性の先駆けとなっている。

1. A. E. H. Love, "Some problems of geodynamics", first published in 1911 by the Cambridge University Press, UK
2. P. Kielczynski, R. Plowiec, Determination of the shear impedance of viscoelastic liquids using Love and Bleustein-Gulyaev surface waves, Journal of Acoustical Society of America, 86 (2), 818-827, August 1989
3. P. Kielczynski, M. Szalewski, A. Balcerzak, Inverse procedure for simultaneous evaluation of viscosity and density of Newtonian liquids from dispersion curves of Love waves, Journal of Applied Physics, 116 (2014)044902 (7 pages)