

ANALISE DA EMISSÃO PULSADA DE UMA CANETA LASER ALIMENTADA COM VOLTAGENS ALTERNADAS COM DIFERENTES FORMAS DE ONDA

Angela Consuelo Martins Arruda¹, Daniel Acosta Avalos²

¹ Licenciatura em Matemáticas, Universidade do Vale do Paraíba / IP&D. Avenida Sishima Hifumi, 2911, Urbanova, 12244-000 – São José dos Campos – SP, e-mail: angela_consuelo@hotmail.com

² Universidade do Vale do Paraíba / IP&D. Avenida Sishima Hifumi, 2911, Urbanova, 12244-000 – São José dos Campos – SP, e-mail: dacosta@univap.br

Palavras-chave: Fotoacústica, luz pulsada, formas de onda

Área do Conhecimento: III - Engenharias

Resumo- Neste trabalho foi analisado o efeito na emissão de luz por uma caneta laser alimentada com diferentes tensões moduladas. As formas de onda estudadas foram a senoidal, quadrada, triangular e de dente de serra. As frequências de modulação usadas foram 18 Hz, 25 Hz, 32 Hz, 39 Hz, 46 Hz, 53 Hz, 67 Hz, 74 Hz, 81 Hz, 88 Hz e 95 Hz. Para observar a modulação da luz emitida foi utilizado um osciloscópio digital, o qual lê os sinais a partir da entrada do microfone na placa de som do computador. Como detector de luz foi utilizado um LDR num circuito divisor de tensão. O objetivo do trabalho foi analisar qual é a melhor forma de tensão pulsada alimentando uma caneta laser, que produza uma emissão de luz modulada senoidalmente, pois este é um dos requerimentos básicos usados nas técnicas fotoacústicas. Os resultados obtidos sugerem que a melhor forma de modulação de tensão é a onda triangular.

Introdução

O efeito fotoacústico consiste na geração de som após a absorção de luz pulsada por algum objeto absorvendo esta luz dentro de uma câmara fechada. O modelo matemático que permite explicar este efeito é conhecido como o modelo Rosencwaig-Gersho [1]. Neste modelo é suposto que a luz pulsada usada para gerar o efeito fotoacústico está modulada senoidalmente. Este modelo prediz vários comportamentos do sinal fotoacústico em função da frequência dos pulsos da luz, comportamentos que tem sido demonstrados através de diversos experimentos em todo o mundo. Porém, para o sucesso da análise experimental dos dados colhidos num experimento de fotoacústica, é necessário que a fonte de luz pulsada satisfaça o requerimento da modulação senoidal. Então, o objetivo do presente trabalho foi analisar a emissão pulsada de uma caneta laser após a alimentação da mesma com uma fonte de tensão alternada com diferentes formas de onda.

Materiais e Métodos

Como fonte de luz foi utilizado uma caneta laser comercial, de baixa potência (< 5

mW). Um gerador de sinais (Hewlett Packard 33120A) foi usado como alimentação de tensão para a caneta. Neste gerador de sinais foram usadas tensões com forma de onda senoidal, quadrada, triangular e dente de serra. Para detectar a luz oscilante foi utilizada uma resistência sensível à luz (LDR) num circuito divisor de tensão. A tensão em uma das resistências foi captada num computador através da placa AD da placa de som. O osciloscópio digital AudioTester™ foi utilizado para observar os dados e guardá-los num arquivo. Posteriormente estes arquivos foram analisados com o software Microcal Origin. Nele foi feita a Transformada de Fourier Rápida (FFT) dos dados capturados. Para cada forma de onda foram usadas as frequências de 18 Hz, 25 Hz, 32 Hz, 39 Hz, 46 Hz, 53 Hz, 67 Hz, 74 Hz, 81 Hz, 88 Hz e 95 Hz.

Resultados e Discussão

Na figura 1 podemos observar a modulação do feixe laser quando a tensão de alimentação foi modulada senoidalmente.

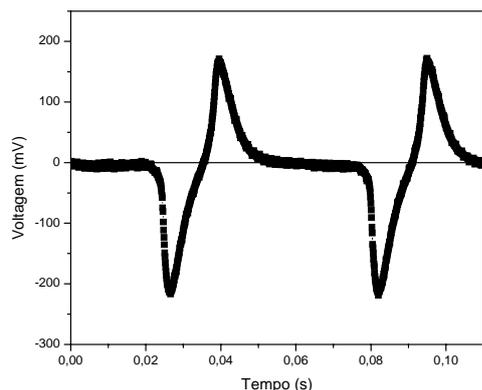


Figura 1: Sinal no LDR em função do tempo. Voltagem senoidal de 18 Hz na caneta laser.

Na tabela I podemos observar a frequência da voltagem e a frequência com maior amplitude para a modulação senoidal.

Tabela I: Frequência de maior amplitude na modulação senoidal na caneta laser.

$f_{\text{mod Tensão}}$ (Hz)	$f_{\text{maior Luz}}$ (Hz)
18	31,3
25	21,1
32	34,4
39	75,5
46	44,9
53	54
67	65,7
74	75,3
81	161,2
88	86,5
95	96

Na figura 2 podemos observar a resposta do LDR ao feixe pulsado quando a voltagem foi modulada com uma onda quadrada.

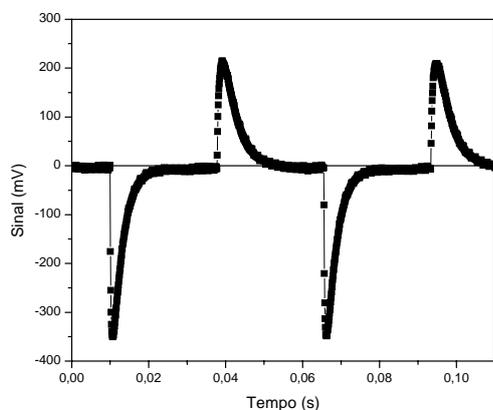


Figura 2: Sinal no LDR em função do tempo. Voltagem quadrada de 18 Hz na caneta laser.

A tabela II mostra a frequência de modulação da tensão na caneta laser e a frequência com maior amplitude na FFT, no caso da modulação quadrada.

Tabela II: Frequência de maior amplitude na emissão da caneta laser com tensão modulada quadrada.

$f_{\text{mod Tensão}}$ (Hz)	$f_{\text{maior Luz}}$ (Hz)
18	21,9
25	24,6
32	31,7
39	43,1
46	43,6
53	54,6
67	65,3
74	75,6
81	81,5
88	86,2
95	96,6

Na figura 3 podemos observar o sinal no LDR quando a caneta laser foi alimentada com uma tensão modulada com forma de onda triangular.

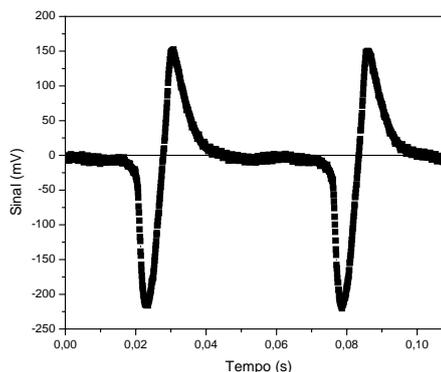


Figura 3: Sinal no LDR em função do tempo. Voltagem triangular de 18 Hz na caneta laser.

A tabela III mostra a frequência de modulação da tensão na caneta laser e a frequência com maior amplitude na FFT, correspondente com a Fig. 3.

Tabela III: Frequência de maior amplitude na modulação triangular na caneta laser.

$f_{\text{mod Tensão}}$ (Hz)	$f_{\text{maior Luz}}$ (Hz)
18	54
25	53,8
32	64,4
39	74,6
46	43,4
53	53,4
67	64,4
74	75,6
81	161,2
88	86,2
95	96

Na figura 4 podemos observar o sinal no LDR quando a caneta laser foi alimentada com uma tensão modulada com forma de dente de serra.

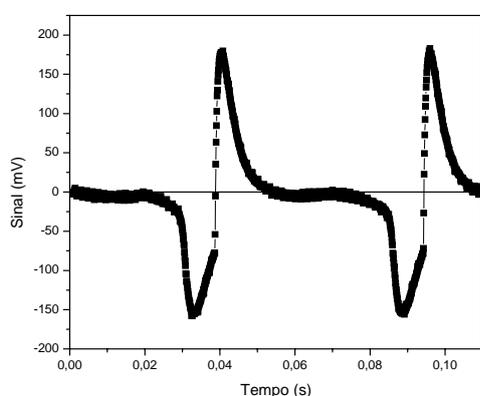


Figura 4: Sinal no LDR em função do tempo. Voltagem com forma de dente de serra modulada a 18 Hz na caneta laser.

A tabela IV mostra a frequência de modulação da tensão na caneta laser e a frequência com maior amplitude na FFT, correspondente com a Fig. 4.

Tabela IV: Frequência de maior amplitude na modulação com forma de dente de serra na caneta laser.

$f_{\text{mod Tensão}}$ (Hz)	$f_{\text{maior Luz}}$ (Hz)
18	32,8
25	54,5
32	65,2
39	75,2
46	43,1
53	53
67	65,7
74	75,3
81	161,2
88	86,4
95	97,5

As Figs. 1, 2, 3 e 4 mostram que a modulação do feixe de luz da caneta laser não tem muita relação com a forma de onda da tensão de

alimentação. Então, a transformada de Fourier destes sinais poderá servir para saber mais sobre a relação entre a modulação da tensão e a modulação da emissão de luz. Nas tabelas I, II, III e IV foram marcadas em negrito aquelas frequências com maior amplitude que diferem da frequência de modulação da voltagem de alimentação da caneta. Pode ser observado que em todos os casos a modulação de 18 Hz na voltagem não fez com que a caneta emitisse com pulsos na mesma frequência de modulação, e no caso da onda triangular, a frequência de maior contribuição corresponde com o terceiro harmônico da frequência de modulação da voltagem. Foi observado que em alguns casos da tensão com forma senoidal, a onda de resposta do feixe de luz não continha o 4º harmônico. Na tabela V são mostrados as frequências do sinal para a modulação de 32 Hz nas quatro diferentes formas de modulação.

Tabela V: Frequências do sinal gerado a 32 Hz, calculadas após FFT, para as diferentes formas de modulação e ordenadas em ordem de amplitude.

Ordem	Senô	Quad	Triang	Dente
1	34,4	31,6	64,4	65,2
2	63,9	96,4	32,4	32,7
3	97,9	161,2	96,6	97,5
4	193,3	65,2	128,6	129,8
5	161,3	226	160,7	162,3

No cálculo das séries de Fourier para cada uma das formas de onda [2], sabe-se que na modulação senoidal todos os múltiplos da frequência fundamental devem contribuir ao sinal. Já no caso das formas de onda quadrada e triangular, somente os múltiplos ímpares que devem contribuir ao sinal. No caso da modulação com dente de serra todos os múltiplos inteiros da frequência de modulação fundamental devem contribuir ao sinal. O que podemos observar na Tabela V e no restante das medições é que as frequências observadas para as modulações senoidal, quadrada e dente de serra seguem a tendência esperada nas contribuições de frequência. Porém, a modulação triangular não apresenta unicamente as componentes ímpares, mas todos os múltiplos da frequência fundamental. Isso implica que a resposta da caneta laser na emissão de luz modulada é semelhante nas modulações de tensão senoidal, triangular e dente de serra. Podemos ver na tabela V que a contribuição do 4º harmônico aparece nas modulações triangular e de dente de serra, o que não acontece na modulação senoidal. Também pode ser observado em quase todas as frequências de modulação analisadas, que na modulação com forma de onda quadrada,

existe uma tendência a aparecer a contribuição do 2º harmônico, embora com uma amplitude menor que o do 3º ou 5º harmônicos.

Os resultados obtidos até aqui mostram que a caneta laser não responde adequadamente a modulações alternadas de tensão, ou seja, a modulação obtida na luz emitida pela caneta laser não corresponde fielmente com a forma de onda da tensão de alimentação. As contribuições em frequência para cada tipo de modulação seguem aproximadamente o esperado para as contribuições nas formas de onda senoidal e quadrada, mas nos casos triangular e de rampa elas são mais parecidas com as contribuições de uma onda senoidal. Das quatro formas de modulação analisadas, aquela que gerou uma modulação de luz mais parecida com uma modulação senoidal foi a onda triangular. Isto pode ser devido à forma como o semicondutor na caneta laser responde à forma da tensão de alimentação, isto também associado com o tempo de resposta deste mesmo semicondutor.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, podemos sugerir que a melhor forma de pulsar a tensão de alimentação numa caneta laser para usos em fotoacústica é a onda triangular, pois ela reproduz mais fielmente os efeitos de uma modulação senoidal de luz, que é uma das suposições básicas do modelo Rosencwaig-Gersho.

Referências

1. Rosencwaig, A. Photoacoustics and Photoacoustic Spectroscopy. Florida, Robert Krieger Publishing Company, 1990
2. Boyce, W.E., DiPrima, R.C. Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valores de Contorno. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 1990