

SPICE Simulator Kullanarak Kazanç Anahtarlama Yöntemiyle Çok Kısa Süreli Darbe Üretimi

Nuran Dogru ve M. Sadettin Ozyazici
Gaziantep Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Gaziantep
dogru@gantep.edu.tr, sadi@gantep.edu.tr

Özet: Üç-seviye oran (three-level rate) denklemlerine dayanan kuantum kuyu (QW) lazerin kazanç anahtarlama (gain-switched) karakteristikleri ilk defa SPICE eşdeğer devre modeli kullanarak tanımlanmıştır. Bazı lazer diyot parametrelerinin, dc ve rf akımlarının kazanç anahtarlama darbelerinin full-width half maximum (FWHM) üzerine etkisi incelenmiştir. Darbelerin, FWHM u rf akımı arttırıldığında azalırken, dc akımın artmasıyla arttığı gösterilmiştir. FWHM ayrıca kazanç doyma parametresinin (gain saturatin parameter) küçük değerleri için azalmıştır. Bununla birlikte, kuyudaki taşıyıcı zamandaki (carrier lifetime) değişiklikler FWHM u önemli derecede etkilememiştir.

1. Giriş

Yarı iletken lazer diyotlar yüksek hızdan düşük hıza değişen bir çok uygulamalarda anahtar elemandır. Bu uygulamalar arasında, kritik sorun sistem desinatörüne yariletken lazer diyotun eşdeğer devre modeli gereksiniminin sağlanmasıdır. Bu nedenle, özel uygulamalar için bu lazer diyot ve onun sürücü devresi güç kontrolü (power control), yavaş başlangıç (slow start), modülasyonu (modulation) gibi uygun bir şekilde yaptırılabilir. Bir çok yazar çift heterojonksiyon (double heterojunction-DH) için çeşitli lazer eşdeğer devre modelleri önermiştir [1-2]. Bu modelleri kullanarak yarı iletken lazer diyotun geçici tepkisi (transient response), küçük sinyal tepkisi (small signal response), ve mikrodalga karakteristikleri (microwave characteristics) incelenmiştir. Bu çalışmada ise, kuantum kuyu (QW) lazerin kazanç anahtarlama karakteristikleri ilk defa SPICE eşdeğer devre [3] modeli kullanılarak ele alınmıştır. Kazanç anahtarlama aşırı kısa darbe üretimi için en basit metot olarak bilinir. Pasif ve aktif mode-kilitleme olduğu gibi dış boşluğa (external cavity) ve dikkatli hizaya gerek yoktur [4].

Bu çalışmada, bazı lazer diyot parametrelerinin ve dc ve rf akımlarının, SPICE simulator kullanarak kazanç anahtarlama yöntemiyle üretilen darbelerin full-width half maximum (FWHM) üzerine etkisi incelendi. Sonuçlar, sabit bir frekansda darbelerin FWHM nin rf akımının artmasıyla azaldığını ama dc akım artarken arttığını gösterdi. FWHM bir de kazanç doyma parametresinin küçük değerleri için azalırken kuyu içindeki taşıyıcı zamandaki (carrier lifetime) değişikliklerin FWHM u önemli derecede etkilemediği gözlenmiştir.

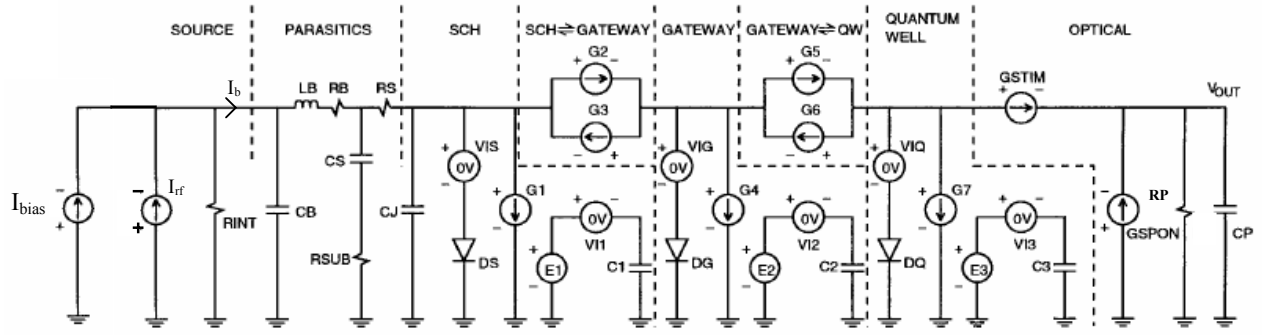
2. Modelleme

Üç-seviye oran (three-level rate) denklemlerinin eşdeğer devre gösterimi Şek. 1 de verilmiştir. G ile nitelendirilen elemanlar akım kaynakları ve E ile nitelendirilenler voltaj kaynaklarıdır. Zaman türevleri G1, G4 ve G7 ile gösterilmiştir. I(VIS), I(VIG), ve I(VIQ) akımları I_s , I_G , ve I_Q akımlarını göstermektedir. Şek. 1 de gösterildiği gibi altdevrelerde kapasitorlerle gösterilen spontane birleşim zamanları (spontaneous recombination times) sabit olarak alınmıştır. Bu taşıyıcı konsantrasyonun bağımlı proses olduğu demektir. Bununla birlikte, pratikte bölgesel taşıyıcı yoğunlukların özelliklede QW içinde eşik yukarısında önemli derecede değişmez. Bu nedenle, burada kullanılan τ' lar için sabit değerler uygun ortalama değerleri olarak görülür.

3. Numerik Sonuçlar

SPICE programı Tablo 1 de verilen parametreler için çalıştırıldı. Bu şartlar altında lazer diyodun eşik akımı 10.5 mA ve ilgili bias akımı I_{bias} 38 mA dir.

Şek. 2 üretilen darbelerin FWHM değişiminin aynı parametre değerleri için kazanç doyma parametresi (ϵ) ve kazanç doyma parametresiz, uygulanan dc biyas akımının bir fonksiyonu olarak göstermektedir. Uygulanan rf akımı minimum darbe genişliği elde etmek için her dc biyas akımı için ayarlanmıştır. Şek. 2 kazanç doyma parametresinin darbe genişliği üzerine etkisini açıkça göstermektedir. Sabit dc biyas akımında $I_b = I_{th}$, kazanç



Şekil. 1 Üç-seviye oran denklemlerinin SPICE eş devre gösterimi. $C1=\tau_{ns}$, $C2=\tau_{nG}$, $C3=\tau_{nQ}$, $G1=I(VI1)$, $G2=\frac{\tau_{nS}}{\tau_D} I(VIS)$, $G3=\frac{\tau_{nG}}{\tau_G} I(VIG)$, $G4=I(VI2)$, $G5=\frac{\tau_{nG}}{\tau_C} I(VIG)$, $G6=\frac{\tau_{nQ}}{\tau_{ESC}} I(VIQ)$, $G7=I(VI3)$, $GSPON=\beta I(VIQ)$, $E1=I(VIS)$, $E2=I(VIG)$, $E3=I(VIQ)$

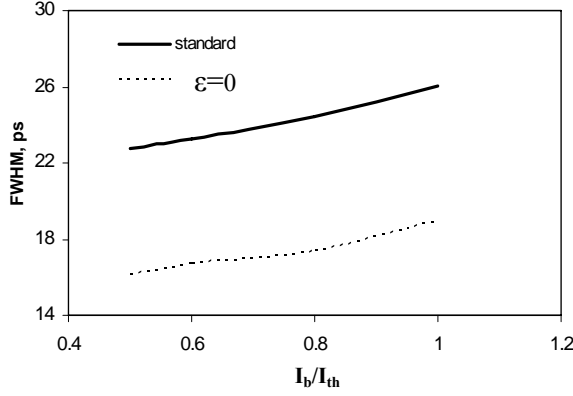
doyma parametresiyle lazer diyot, süresi 26 ps olan optikal darbe üretir. Eğer kazanç doyma parametresi dikkate alınmazsa aynı dc biyas akım 19 ps lık optikal darbe üretir. Sonuç olarak, darbe genişliği kazanç doyma parametresiyle genişler. Ayrıca, çift darbeler elde etmeden uygulanabilecek maksimum bir dc bias akım olduğunu da belirtmek gerekir. Kullanılan parametreler için lazer diyoda uygulanan maksimum dc akım I_{th} olarak bulunmuştur. Şek. 2 de görüldüğü gibi dc akımın azalmasıyla darbe genişliği azalmaktadır. Darbelerin dc akımla FWHM deki benzer değişimi Ref. 4 te kazanç doyma parametresi dikkate alınarak gösterilmiştir.

Tablo 1 Simulasyonda kullanılan model parametreleri

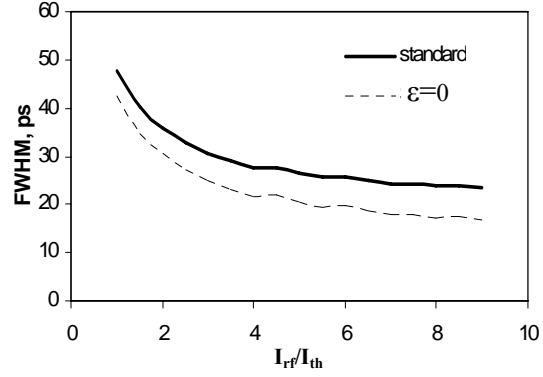
Parameter	Value	Unit
τ_{ns}	1	ns
τ_{nG}	1	ns
τ_{nQ}	0.35	ns
τ_D	48.3	ps
τ_G	1	ps
τ_C	0.18	ps
τ_{ESC}	200	ps
τ_P	3.02	ps
Γ	0.019	
v_g	7.5×10^7	ms^{-1}
ϵ_P	6.3×10^{-8}	
\bar{p}	3.03×10^{-8}	W
β	1×10^{-4}	
C_J	140	fF

Şek. 3 FWHM deki değişimi uygulanan rf akımının bir fonksiyonu olarak göstermektedir. Bu durumda, minimum darbe genişliği elde etmek için dc akım her rf akımı için ayarlanmıştır. Yine kazanç doyma parametresinin darbe genişliği üzerine etkisi Şek. 3 te açıkça görülmektedir. Ayrıca, çoklu-darbe üretilmeden lazer diyoda uygulanacak maksimum bir rf akımı vardır. Maksimum rf akımı kazanç doyma parametresi ve parametresiz $9I_{th}$ olarak bulunmuştur. Her iki durumda da Ref. 5 de olduğu gibi darbelerin FWHM i rf akımı artarken azalmıştır. Şek. 3 de görüldüğü gibi kazanç doyma parametresi darbe genişliği 47.64 ps ve kazanç

doyma parametresiz dabe genişliği 42.38 ps dır. Şekilde de gözlendiği gibi kazanç doyma parametresi yüzünden darbe genişliği artmaktadır.

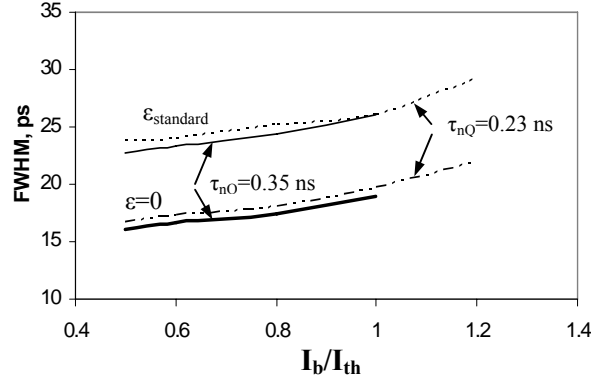


Şekil 2 Darbelerin FWHM'nin dc biyas akımla değişimi



Şekil 3 Darbelerin FWHM'nin rf akımla değişimi

Bu çalışmada, kuyu içindeki taşıyıcı zaman (τ_{nQ}) çok az değiştirilmiştir. 0.35 ns dan 0.23 ns a değişen bu parametrenin FWHM üzerine etkisi Şek. 4 te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi kazanç doyma parametrelili ve parametresiz bu parametre FWHM mu önemli derecede etkilememektedir. Bununla birlikte, eşik akımını etkilemektedir. $\tau_{nQ}=0.23$ ns için eşik akımı 12.16 mA olarak bulunmuştur.



Şekil 4 Taşıyıcı zamandaki (τ_{nQ}) değişimin FWHM üzerine etkisi

4. Sonuç

İlk defa SPICE simulator kullanarak kazanç anahtarlamayla pikosaniyeli darbelerin üretimi tanımlanmıştır. Kısa darbe üretimi için esas sınırlamanın beklenildiği gibi kazanç doyma parametresi olduğu gösterilmiştir. Darbe genişliği kazanç doyma parametresiyle genişler. Ayrıca, FWHM in rf akımı artarken azaldığı, buna rağmen dc akımın artmasıyla arttığı bulunmuştur.

Kaynaklar

- [1] R. S Tucker, "Large signal circuit model for simulation of injection laser modulation dynamics," IEE Proc.-I, 128, s. 180-184, 1981
- [2] R. S Tucker, "Circuit model of double heterojunction laser below threshold, IEE Proc.-I," 128, s. 101-106, 1981.
- [3] B. P. C. Tsou, D. L. Pulfrey, "A versatile SPICE model for quantum-well lasers," IEEE J. Quantum Electron., 33, s. 246-254, 1997.
- [4] M. S. Ozyazici ve M. S. Demokan, "Gain-switched pulse generation from a 1.55 μm InGaAsP laser," International Journal of Optoelectronics, 5, s. 7-30, 1990.
- [5] M. Sayın ve M. S. Ozyazici, "Effect of gain switching frequency on ultrashort pulse generation from laser diodes," Opt. Quant. Electron., s. 29, 627-638, 1997.