ELEKTRONİĞE GİRİŞ 2005 – 2006 BAHAR UYGULAMA 3

<u>Örnek 1</u>: $N_A = 2.10^{15} cm^{-3}$ Bor katkılı homojen bir p-tipi Si kristali veriliyor. Kristal $g_0 = 5.10^{18} cm^{-3} s^{-1}$ olacak şekilde 0.5ms boyunca aydınlatılıyor. Azınlık taşıyıcılarının rekombinasyon süresi 50μs olduğuna göre ışınım süresince ve ışınım sonunda taşıyıcı yoğunluklarının zamanla değişimini veriniz.

$$\boxed{\frac{dn(t)}{dt} = -\frac{n(t) - n_0}{\tau_n} + g(t) \quad t \geq 0}$$ azınlık taşıyıcılarının süreklilik denklemi

Katkı elementi Bor olduğuna göre oda sıcaklığında tüm katkılar iyonlaşmış kabul edilebilir:

$N_A = p = 2.10^{15}\ cm^{-3}$; $n_0 = 1.125.10^5\ cm^{-3}$;

$$\sigma = \sigma_p = q\mu_p p = 1,6.10^{-19}.480.2.10^{15} = 0.1536 \frac{1}{\Omega.cm}$$

<u>t = 0 anında gelen ışık darbesi için:</u>

$n(t) - n_0 = n_1(t) = \Delta n$ dönüşümüyle

$$\frac{dn_1(t)}{dt} = -\frac{n_1(t)}{\tau_n} + g_0 = -\frac{n_1(t) - g_0\tau_n}{\tau_n}$$

$$\int \frac{dn_1(t)}{n_1(t) - g_0\tau_n} = -\int \frac{dt}{\tau_n}$$

$$\ln \frac{n_1(t) - g_0\tau_n}{C} = -\frac{t}{\tau_n}$$

$$n_1(t) - g_0\tau_n = C.e^{-\frac{t}{\tau_n}} \ ; \ n_1(t) = C.e^{-\frac{t}{\tau_n}} + g_0\tau_n$$

t = 0 için $n_1(t) = 0$ başlangıç koşulundan $C = -g_0\tau_n$ bulunur.

$$n_1(t) = -g_0\tau_n.e^{-\frac{t}{\tau_n}} + g_0\tau_n = g_0\tau_n\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_n}}\right) = 2.5.10^{14}\left(1 - e^{-2.10^4 t}\right)$$

$$n(t) = n_1(t) + n_0 = g_0\tau_n\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_n}}\right) + n_0 = 2.5.10^{14}\left(1 - e^{-2.10^4 t}\right) + 1.125.10^5$$

$\Delta n = \Delta p$ olacağına, yani ışınımla ne kadar elektron ürerse aynı sayıda delik üreyeceğine göre delik artışı:

$$p(t) = p + \Delta p = g_0\tau_n\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_n}}\right) + p = 2.5.10^{14}\left(1 - e^{-2.10^4 t}\right) + 2.10^{15}$$

$t > 5\tau_n$ için $n_1(t) = g_0\tau_n = 2.5.10^{14} cm^{-3} \cong n(t)$;

$$p(t) = g_0\tau_n + p = 2.5.10^{14} + 2.10^{15} = 2.25.10^{15} cm^{-3}$$

İletkenlik ise:

$$\sigma(t) = q\mu_n n(t) + q\mu_p p(t)$$
$$\sigma(t) = 1,6.10^{-19}\left(1350.\left[2.5.10^{14}\left(1-e^{-2.10^4 t}\right)+1.125.10^5\right]+480\left[2.5.10^{14}\left(1-e^{-2.10^4 t}\right)+2.10^{15}\right]\right)$$
$$\sigma(t) = 0,0732\left(1-e^{-2.10^4 t}\right)+0.1536$$

<u>t = t_1 = 0.5ms de ışık darbesi kesilince:</u>

$$\frac{dn}{dt} = -\frac{n(t)-n_0}{\tau_n}$$

$$\frac{dn_1(t)}{dt} = -\frac{n_1(t)}{\tau_n} \quad \Rightarrow \quad \int\frac{dn_1(t)}{n_1(t)} = -\int\frac{dt}{\tau_n} \quad \Rightarrow \quad \ln\frac{n_1(t)}{C} = -\frac{t}{\tau_n}$$

$$n_1(t) = C.e^{-\frac{t}{\tau_n}}$$

Yukarıdaki ifade t > t_1 için geçerlidir. O halde üstel ifadeyi t_1 e ötelenmiş olarak yazalım:

$$n_1(t) = C.e^{-\frac{t-t_1}{\tau_n}}$$

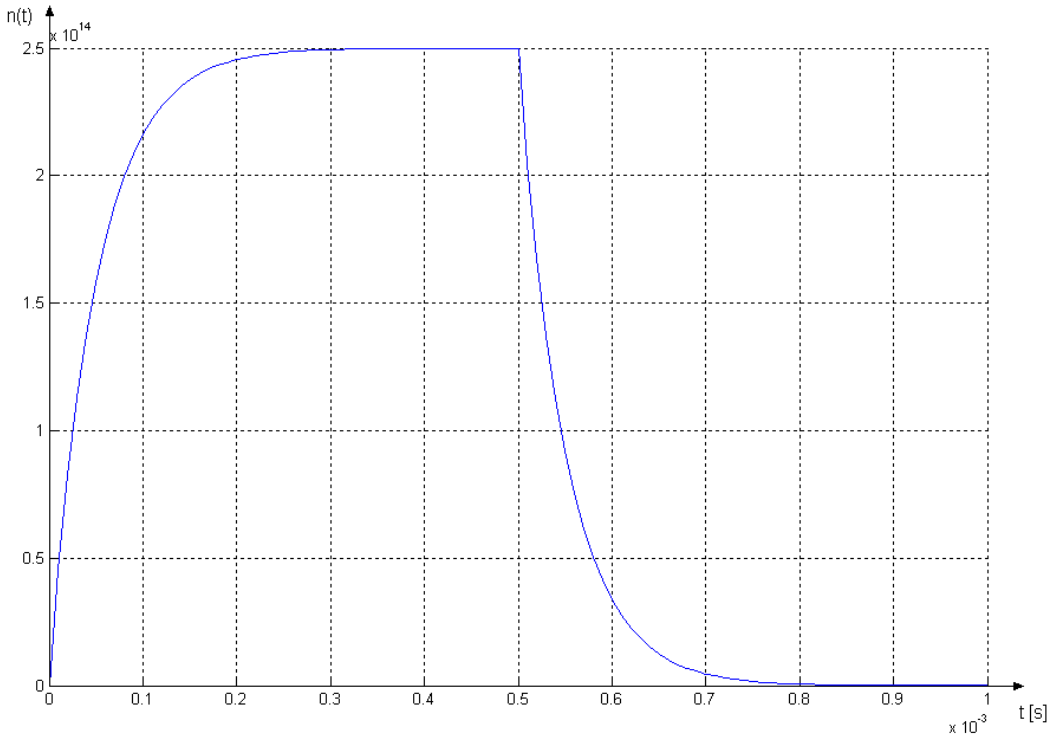
Darbe kesildiği andaki sınır koşulu (t = t_1 anında) $n_1(t_1) = g_0\tau_n = 2.5.10^{14} cm^{-3}$ dir. Bu koşul $n_1(t)$ ifadesinde yerine yazarak C bulunur.

$$C = g_0\tau_n = 2.5.10^{14} cm^{-3}$$
$$n_1(t) = C.e^{-\frac{t-t_1}{\tau_n}} = 2.5.10^{14} e^{-\frac{t-5.10^{-4}}{5.10^{-5}}} = 2.5.10^{14} e^{-\left(2.10^4 t-10\right)}$$
$$n(t) = n_1(t) + n_0 = 2.5.10^{14} e^{-\left(2.10^4 t-10\right)} + 1.125.10^5$$
$$p(t) = p + \Delta p = 2.5.10^{14} e^{-\left(2.10^4 t-10\right)} + 2.10^{15}$$

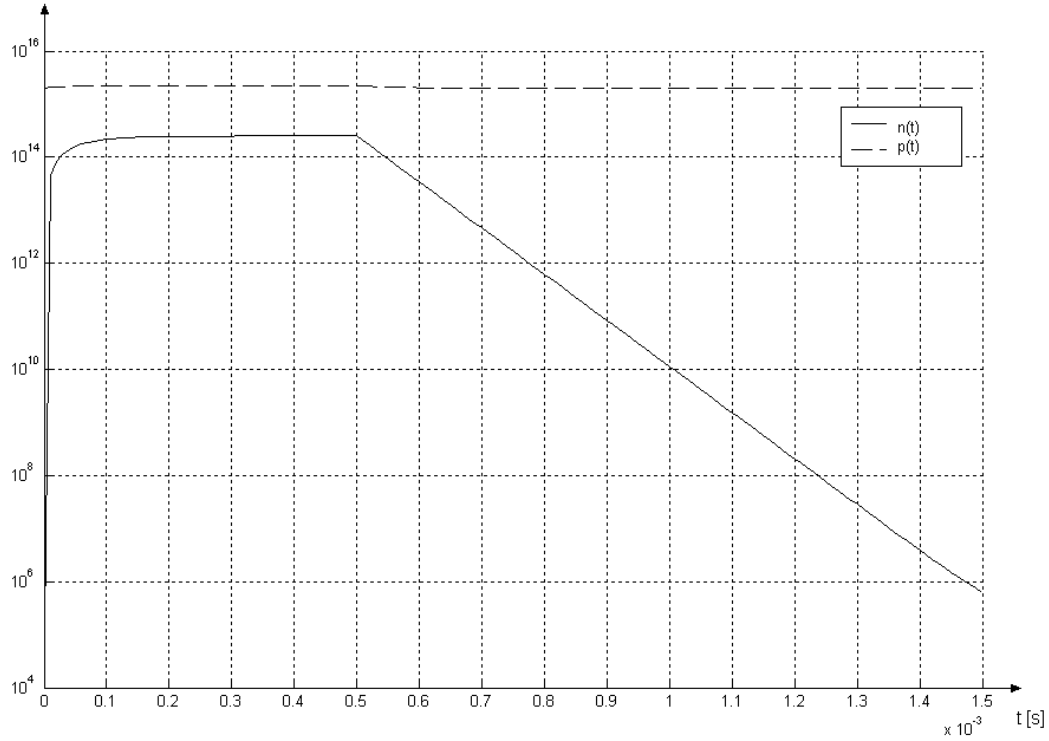
t $\to \infty$ için $n_1(t) = 0$; $n(t) = n_0 = 1.125.10^5 cm^{-3}$; $p(t) = 2.10^{15} cm^{-3}$ olur.

İletkenlik:

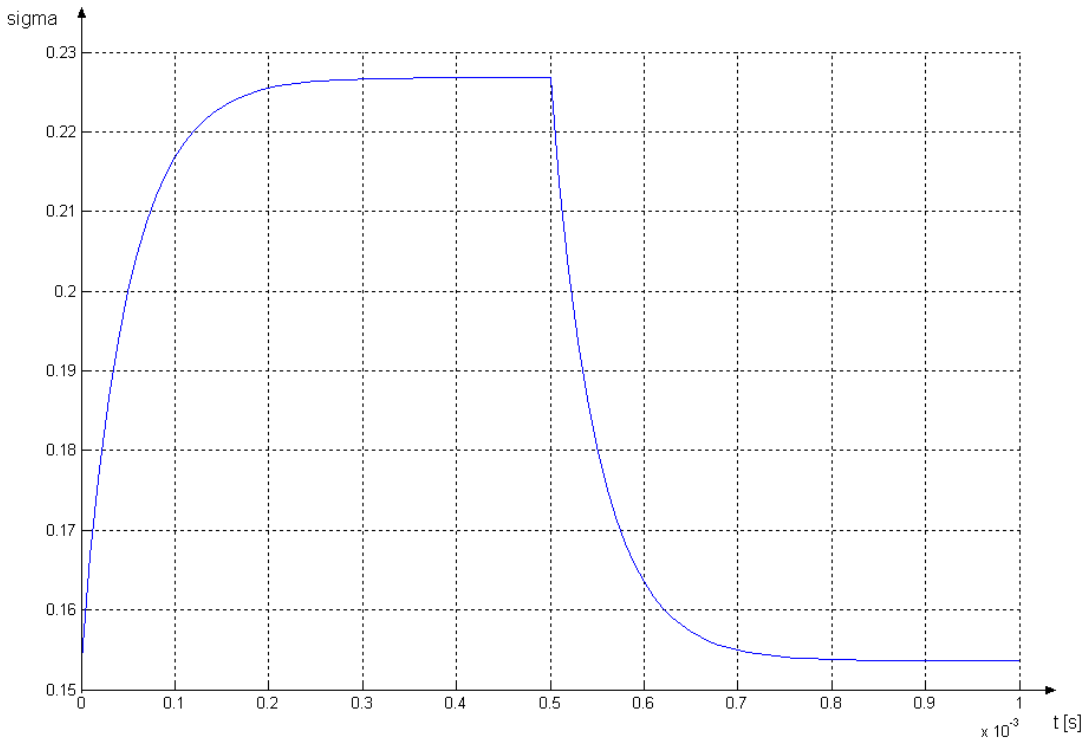
$$\sigma(t) = q\mu_n n(t) + q\mu_p p(t)$$
$$\sigma(t) = 1,6.10^{-19}\left(1350.\left[2.5.10^{14} e^{-\left(2.10^4 t-10\right)}+1.125.10^5\right]+480\left[2.5.10^{14} e^{-\left(2.10^4 t-10\right)}+2.10^{15}\right]\right)$$
$$\sigma(t) = 0,0732 e^{-\left(2.10^4 t-10\right)}+0.1536$$



Darbe süresince ve sonunda n(t) değişimi (lineer)



Darbe süresince ve sonunda n(t) ve p(t) değişimi (logaritmik)



Darbe süresince ve sonunda σ(t) değişimi (lineer)